

**DETERMINACIÓN PRELIMINAR DE GÉNEROS Y DENSIDADES
POBLACIONALES DE NEMÁTODOS ASOCIADOS AL CULTIVO
DE ARROZ (*Oryza sativa*) EN LA REGIÓN HUETAR NORTE DE
COSTA RICA**

JUAN DIEGO LÓPEZ BLANCO

Proyecto presentado a la Escuela de Agronomía
como requisito parcial para optar al grado de Bachillerato
en Ingeniería en Agronomía

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

2006

**DETERMINACIÓN PRELIMINAR DE GENERÓS Y DENSIDADES
POBLACIONALES DE NEMÁTODOS ASOCIADOS AL CULTIVO
DE ARROZ (*Oryza sativa*) EN LA REGIÓN HUETAR NORTE DE
COSTA RICA**

JUAN DIEGO LÓPEZ BLANCO

Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador:

Ing. Agr. Rolando Araya Mejías. Lic

Asesor

Ing. Agr. Tomás Guzmán Hernández. PhD

Jurado

Ing. Biot. Wayner Montero Carmona. Bach

Jurado

Ing. Agr. Fernando Gómez Sánchez, MAE.

Coordinador
Trabajos Finales de Graduación

Ing. Agr. Olger Murillo Bravo, MSc.

Director
Escuela de Agronomía

2006

Dedicatoria

A nuestro Dios Todopoderoso, por todas las bendiciones que me ha brindado en el transcurso de mi vida.

Con especial cariño a mi amada madre, Olga Blanco Herrera, por sus consejos, apoyo y sacrificio incondicional brindados durante mi formación personal y profesional, como una muestra de mi agradecimiento por el apoyo y confianza que siempre me ha brindado, gracias por tu cariño y por el esfuerzo que haces día a día para hacer de mi y mis hermanos unas buenas personas.

A mis hermanos Mariela, y Luis Fernando, que de una u otra forma me ofrecieron el apoyo y su ayuda, para poder culminar con éxitos mis estudios. A ti Mariela, muchísimas gracias por todos tus sacrificios, te quiero mucho.

A mis abuelos adorados, Gilberto Blanco Vargas y Marta Herrera Rodríguez, que siempre han vivido en el campo, y de quienes he aprendido el verdadero valor de la tierra y que día con día me brindaron apoyo, motivación y además fueron la fuente de inspiración para conseguir esta meta.

A quienes confían tanto en mi, quienes son mi ejemplo de perseverancia y superación, mis grandes amigos, mis queridos hermanos, Víctor Julio Arias Fernández y José Miguel Cáceres Corea a ti Víctor y José, gracias por impulsarme a triunfar en la vida, saben bien que siempre contarán conmigo.

A Ian Andrés y su madre, mi amiga Ana Teresa Arias Fernández, por tus consejos, tu alegría, tu confianza y tu apoyo, gracias Anita.

A la Santa Madre de mi amigo Víctor, Maritza Fernández y a su esposo Don Víctor; Mary siempre te agradeceré todo tu cariño y amor que siempre me has brindado.

A mi novia Angie Méndez Sancho y su precioso hijo Daniel, quienes han iluminado mi vida de una forma muy especial.

Con afecto a todos los compañeros con los que pase buenos momentos y aventuras en el ITCR SSC, Sigifredo, Henry, Marito, Cristopher, Vindas, Ronny, Erick, Roger; por su puesto a Eddy Mosquera Vargas y en general a toda la mi gente de la Escuela de Agronomía, gracias a todos.

Agradecimientos

Al Instituto Tecnológico de Costa Rica, por darme la oportunidad de prepararme profesionalmente.

A la Escuela de Agronomía por permitirme estar entre los mejores, al ser el mejor lugar para estudiar Agronomía en el país.

A todos los profesores y funcionarios del ITCR que fueron base firme en mi formación profesional.

Con admiración y respeto quiero agradecer al Ing. Rolando Araya Mejías, por su gran apoyo y excelente asesoría del presente trabajo, pero principalmente por su preocupación por la buena formación de los futuros agrónomos y sus consejos para tener un mejor desempeño profesional.

Al Dr. Tomás de Jesús Guzmán Hernández, por su gran disponibilidad y constante apoyo en la realización de la presente investigación. Don Tomás gracias por impulsarme a trabajar independientemente.

Al Ing. Wayner Montero Carmona, por su minuciosa revisión y aportes para corregir y mejorar este documento, además por estar siempre pendiente del buen desarrollo de sus estudiantes.

Al Ing. Joaquín Durán Mora, por su dedicación, responsabilidad, apoyo y enseñanzas durante todo el desarrollo del proyecto.

Al Ing. Eliécer Arce Ramírez, por su colaboración brindada durante la investigación.

Al Ing. Oscar Eduardo Arce Soro, funcionario de CONARROZ, por toda la ayuda y facilidades brindadas en el desarrollo de esta investigación.

A mis queridos compañeros y amigos, Sigifredo Araya Carvajal y Mario Francisco Ulate Sánchez, por su apoyo incondicional en el transcurso de la carrera.

También a mis amigos Sergio Arturo Méndez y Henry Humberto Vargas Céspedes por su incondicional ayuda durante mi estancia en el ITCR SSC.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	II
INDICE DE CUADROS.....	VI
INDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	IX
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general.....	3
2.2. Objetivos específicos	3
3. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1. Generalidades del cultivo de arroz.....	4
3.1.1. Origen	4
3.1.2. Taxonomía	4
3.1.3. Morfología	4
3.1.4. Órganos vegetativos	5
3.1.4.1. Raíz.....	5
3.1.4.2. Tallo	5
3.1.4.3. Hojas.....	5
3.1.5. Órganos florales	6
3.1.5.1. Panícula	6
3.1.5.2. Espiguillas.....	6
3.1.6. Fases de desarrollo.....	6
3.1.6.1. Fase vegetativa.....	6
3.1.6.1.1. Etapa 0:.....	6
3.1.6.1.2. Etapa 1. Plántula.....	7
3.1.6.2. Etapa 2. Macollamiento.....	7
3.1.6.2.1. Etapa 3. Elongación del tallo.....	7
3.1.6.3. Fase reproductiva	7
3.1.6.3.1. Etapa 4. Iniciación de la panícula	7
3.1.6.3.2. Etapa 5. Desarrollo de panícula.....	7
3.1.6.3.3. Etapa 6. Floración.....	7
3.1.6.3.4. Etapa 7. Estado lechoso	7
3.1.6.3.5. Etapa 8. Estado pastoso.....	7
3.1.6.3.6. Etapa 9. Maduración.....	8

3.1.7. Ecología del cultivo	8
3.1.7.1. Características climáticas.....	8
3.1.7.1.1. Temperatura	8
3.1.7.1.2. Radiación solar	9
3.1.7.1.3. Precipitación	10
3.1.7.1.4. Viento.....	10
3.1.7.1.5. Humedad relativa.....	10
3.2. Características agronómicas.....	11
3.2.1. Altura de planta	11
3.2.2. Habilidad de macollamiento	11
3.2.3. Vigor vegetativo.....	11
3.2.4. Volcamiento o acame.....	11
3.2.5. Ejerción de la panícula	11
3.2.6. Floración y maduración	12
3.3. Nemátodos asociados al cultivo del arroz (<i>Oryza sativa</i>)	12
3.3.1. <i>Helicotylenchus spp.</i>	13
3.3.2. <i>Pratylenchus spp.</i>	13
3.3.3. <i>Meloigogyne spp.</i>	14
3.4. Otros nemátodos relacionados al cultivo de arroz (<i>Oryza sativa</i>).....	15
3.4.1. <i>Hirschmaniella orizae</i> :	15
3.4.2. <i>Ditylenchus angustus</i> :	15
3.4.3. <i>Aphelenchoides besseyi</i> :.....	15
3.4.4. <i>Meloidogyne graminicola</i> , <i>M. incognita</i> , <i>M. javanica</i> y <i>M. arenaria</i> :..	15
3.4.5. <i>Pratylenchus indicus</i> y <i>Pratylenchus zaeae</i> :	16
3.5. Lista de todos los nemátodos asociados al cultivo de arroz (<i>Oryza sativa</i>) en Costa Rica	16
3.6. Ciclo de vida de los nemátodos.....	16
3.7. Factores que afectan el desarrollo y reproducción de los nematodos.....	17
3.7.1. Las condiciones de Suelo.	17
3.7.1.2. Temperatura.....	18
3.7.1.3. Tipo de Suelo	18
3.7.2. Las condiciones de clima	19
3.8. Condición Fisiológico del Cultivo.....	19
3.9. Distribución de los nemátodos en el suelo.....	20
3.10. Organismos biorreguladores de nemátodos	20
3.11. Descripción agrícola de la Región Huetar Norte de Costa Rica.....	20

4. MATERIALES Y MÉTODOS	23
4.1. Ubicación de la investigación	23
4.3. Toma de muestras para el arroz.....	24
4.4. Análisis de muestra en laboratorio.....	24
4.4.1. Raíces.....	23
4.4.2. Suelo.....	23
4.5. Variables evaluadas.....	26
4.6. Análisis de datos.....	26
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
5.1. Géneros de nemátodos fitoparásitos asociados al cultivo de arroz (<i>Oryza sativa</i>) en la Región Huetar Norte de Costa Rica.	27
5.2. Frecuencia de presencia de nemátodos fitoparásitos en raíz y suelo asociados al cultivo de arroz (<i>Oryza sativa</i>) en la Región Huetar Norte de Costa Rica.	29
5.3. Densidad promedio de nematodos fitoparásitos presentes en raíz y en suelo en el cultivo de arroz (<i>Oryza sativa</i>) en la Región Huetar Norte de Costa Rica.....	30
5.3.1. Densidades promedio de nemátodos fitoparásitos presentes en 100 g. de raíz en el cultivo de arroz (<i>Oryza sativa</i>) en la Región Huetar Norte de Costa Rica..	32
5.3.2. Densidad promedio de nemátodos fitoparásitos presentes en 100 g. de suelo en el cultivo de arroz (<i>Oryza sativa</i>) en la Región Huetar Norte de Costa Rica.....	34
5.4. Comparación de dos sistemas de producción de arroz (<i>Oryza sativa</i>): MAP (Manejo de Alta Productividad) y Convencional (Tradicional) en la Región Huetar Norte de Costa Rica.....	34
6. CONCLUSIONES	37
7. RECOMENDACIONES	38
8. BIBLIOGRAFÍA	39
9. ANEXOS	46

INDICE DE CUADROS

Número	Título	Página
1.	Temperaturas críticas en el cultivo del arroz.....	9
2.	Datos de la población estudiada en la Región Huetar Norte de Costa Rica, 2006.....	24
3.	Géneros y densidades de nemátodos encontrados en 100 gramos de raíz para las fincas muestreadas en la Región Huetar Norte de Costa Rica, 2006.....	46
4.	Géneros y densidades de nemátodos encontrados en 100 gramos de suelo para los fincas muestreadas en la Región Huetar Norte de Costa Rica, 2006.....	47
5.	Frecuencias de géneros de nemátodos presentes en raíz y suelo en el cultivo de arroz, Región Huetar Norte, 2006...	48
6.	Descripción básica del manejo Convencional vrs. MAP (Manejo de Alta Productividad) para la región Huetar Norte de Costa Rica, 2006.....	48
7.	Géneros y densidades de nemátodos encontrados en 100 gramos de raíz para las fincas muestreadas en el cantón de Upala, Costa Rica, 2006.....	49
8.	Géneros y densidades de nemátodos encontrados en 100 gramos de suelo para las fincas muestreadas en el cantón de Upala, Costa Rica, 2006.....	50

Número	Título	Página
9.	Géneros y densidades de nemátodos encontrados en 100 gramos de raíz para las fincas muestreadas en el cantón de Los Chiles, Costa Rica, 2006.....	51
10.	Géneros y densidades de nemátodos encontrados en 100 gramos de suelo para las fincas muestreadas en el cantón de Los Chiles, Costa Rica, 2006.....	51
11.	Géneros y densidades de nemátodos encontrados en 100 gramos de raíz para la finca muestreada en el cantón de San Carlos, Costa Rica, 2006.....	52
12.	Géneros y densidades de nemátodos encontrados en 100 gramos de suelo para la finca muestreada en el cantón de San Carlos, Costa Rica, 2006.....	52

INDICE DE FIGURAS

Número	Título	Página
1.	Técnica del Embudo de Bearmann empleado para la extracción de nemátodos presentes en Suelo.....	26
2.	Géneros de Nemátodos fitoparásitos Asociados al Cultivo de Arroz (<i>Oryza sativa</i>) en la Región Huetar Norte de Costa Rica, 2006.....	28
3.	Frecuencia de presencia de nemátodos fitoparásitos en raíz y suelo asociados al cultivo de arroz (<i>Oryza sativa</i>) en la Región Huetar Norte de Costa Rica, 2006.....	30
4.	Densidad promedio de nemátodos fitoparásitos presentes en 100 g. de raíz en el cultivo de arroz (<i>Oryza sativa</i>) en la Región Huetar Norte de Costa Rica, 2006.....	32
5.	Densidad promedio de nemátodos fitoparásitos presentes en 100 g. de suelo en el cultivo de arroz (<i>Oryza sativa</i>) en la Región Huetar Norte de Costa Rica, 2006.....	34
6.	Densidad de nemátodos fitoparásitos presentes en 100 g. de raíz en el cultivo de arroz (<i>Oryza sativa</i>) en el tratamiento MAP y Convencional en la Región Huetar Norte de Costa Rica, 2006.....	35
7.	Densidad de nemátodos fitoparásitos presentes en 100 g. de suelo en el cultivo de arroz (<i>Oryza sativa</i>) en el tratamiento MAP y Convencional en la Región Huetar Norte de Costa Rica, 2006.....	36

RESUMEN

Este trabajo de investigación se efectuó en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*) en la Región Huetar Norte de Costa Rica. El estudio compendió los meses de agosto y octubre del 2006 con el objetivo de caracterizar las poblaciones de nemátodos fitoparásitos presentes en la región y asociados a este cultivo. Se evaluaron 7 fincas asociadas a la Corporación Arrocera Nacional (CONAROS) con un área cultivada de 663 Ha aproximadamente. En éstas fincas se colectaron 24 muestras de raíz y 24 muestras de suelo. Los principales géneros asociados al cultivo de Arroz en la Región Huetar Norte de Costa Rica son: *Pratylenchus*, *Meloidogyne*, *Helicotylenchus*, *Tylenchorhynchus*, *Tylenchus* y *Criconomella*, en orden de importancia respectivamente. *Pratylenchus spp* puede ser considerado el nemátodo de mayor importancia en la Región Huetar Norte de Costa Rica para el cultivo de arroz. *Pratylenchus spp* fue el nemátodo que presentó las mayores densidades poblacionales en raíz (40.748 nemátodos/100g. raíz), con una frecuencia del 100%. Asimismo *Pratylenchus spp* obtuvo la segunda población (55 nemátodos/100g. suelo) y frecuencia más alta (91,67%) en suelo. Por otra parte *Meloidogyne spp* presentó una densidad poblacional de 31.080 nemátodos/100g. raíz y una frecuencia en raíz del 95,83%. Además, el género *Helicotylenchus* se encontró en la más alta densidad (77 nemátodos/100g. suelo) y frecuencia (95,83%) en suelo, por lo que se podría considerar como un problema dentro del cultivo. *Tylenchorhynchus spp* y *Tylenchus spp* registran frecuencias similares (79,17% y 75% respectivamente); de la misma forma obtuvieron densidades poblacionales en 100 g. de suelo de (5 y 3 respectivamente). Posteriormente *Criconomella spp* presentó la mas baja densidad poblacional (0,5 nemátodos/100g. suelo) y frecuencia (29,17%) en suelo. Estos tres géneros no se consideraron como problemas dentro del cultivo de arroz.

Palabras claves: Nemátodos, géneros, densidades poblacionales, arroz, Región Huetar Norte.

1. INTRODUCCIÓN

El arroz es uno de los cereales más importantes en el mundo, ya que provee más de la mitad del alimento diario de cada tres personas de la población mundial. Es muy utilizado en las regiones menos desarrolladas y con poco poder adquisitivo como África, Asia y América Latina (Monge, 1987).

En Costa Rica, el arroz es un alimento básico en la dieta de la población. Se consumen actualmente 55 kg per cápita anual de arroz oro. Asimismo, constituye un cultivo de significativa importancia dentro del sector agrícola costarricense; siendo las principales zonas productoras la región Chorotega, Pacífico Central, Brunca, Huetar Norte y Atlántica y Central (Ramírez, 2001).

En el período 2004 el área de siembra de arroz en Costa Rica fue de 48.906 hectáreas, de las cuales 33 059 ha se sembraron en la primera siembra y 15. 847 ha en la segunda siembra; con un rendimiento promedio para la actividad de 4,26 ton. por hectárea, lo que equivale a 57,91 sacos húmedos y sucios (CONARROZ, 2004).

Los nemátodos son un grupo altamente diferenciado de los invertebrados que, por lo general, se clasifican como una clase del reino animal o según un número creciente de zoólogos, como un phylum separado (Christie, 1974). Constituyen un grupo de organismos diversos y relativamente poco estudiado en países subdesarrollados. De este escaso conocimiento derivan una serie de medidas de manejo poco efectivas y que en algunos casos potencian la problemática al favorecer el aumento de las poblaciones de éstos (Rivas, 2002).

Estos organismos se alimentan de las raíces, hojas tallos y semillas de tal forma que cuando atacan a los vegetales, los síntomas que manifiestan son el cese del crecimiento de la raíz, la producción de agallas radicales y en el área de cultivo, se observa que la planta carece de vigor, se reduce la capacidad

para soportar la sequía y da apariencia de deficiencias nutrimentales (Christie, 1974).

Según Christie (1974), la mayor parte de los nemátodos que habitan en el suelo puede incluirse en tres grupos: 1) Las especies saprófagas que obtienen su alimento directamente de la materia orgánica en descomposición, o que se alimentan de organismos asociados con la putrefacción; 2) las especies predatoras que se alimentan de pequeños animales, y 3) las especies fitoparásitas que se alimentan de los vegetales.

Generalmente los nemátodos fitoparásitos se clasifican en dos grandes grupos de acuerdo con el tipo de relación parasítica que exista con las plantas. Los nemátodos que se alimentan en los tejidos internos son endoparásitos y los que atacan la parte exterior de los tejidos se conocen como ectoparásitos (Román, 1978).

En general, las pérdidas de rendimiento causadas por estos fitoparásitos dependen del grado de asociación hospedante-nemátodo, de la raza y densidad poblacional del nemátodo, susceptibilidad del hospedante, fertilidad del suelo y condiciones ambientales. La combinación de estos factores determinará la severidad de la enfermedad y, consecuentemente, la disminución en la producción (CATIE, 2006).

Durante muchos años se ha empleado para su control, una amplia gama de nematicidas, muchos de los cuales son biocidas de fuerte impacto negativo sobre los organismos benéficos del suelo, las aguas subterráneas y la salud humana (Johnson, 1985).

El objetivo de esta investigación estaba dirigido a la identificación de los géneros y el grado de incidencia que presentan los nemátodos en el cultivo de arroz en la Región Huetar Norte de Costa Rica. Este estudio servirá como base en los futuros proyectos de investigación sobre los nemátodos relacionados con el cultivo en la Región Huetar Norte de Costa Rica, dichos estudios ayudaran en su momento a mejorar el control de estos parásitos y disminuir la aplicación de agroquímicos.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Caracterizar las poblaciones de nemátodos fitoparásitos en el cultivo de arroz en la Región Huetar Norte de Costa Rica.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Identificar los géneros de nemátodos que están asociados al cultivo de arroz en la Región Huetar Norte de Costa Rica.
- ❖ Cuantificar las poblaciones de nemátodos fitoparásitos en las plantas de arroz muestreadas.
- ❖ Comparar los géneros encontrados en el diagnóstico con géneros reportados en la literatura costarricense.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. GENERALIDADES DEL CULTIVO DE ARROZ

3.1.1. Origen

Su origen se ubica en el Sudeste Asiático, debido a que en esta zona se encontró en estado silvestre el *Oryza fatua*, considerado como el antepasado directo de *Oryza sativa* (Grist, 1982).

3.1.2. Taxonomía

Clase: Monocotiledónea

Orden: Glumiflora

Familia: Poaceae

Subfamilia: Panicoideae

Tribu: Orizae

Subtribu: Orizineas

Género: *Oryza*

Especies: *Glaberrima*, *sativa* que son las más cultivadas (Chávez, 1992).

3.1.3. Morfología

La planta de arroz (*Oryza sativa*), es una gramínea anual, de tallos redondos y huecos compuestos de nudos y entrenudos, con hojas de lámina plana unidas al tallo por una vaina y con inflorescencia tipo panícula. El tamaño de la planta varía de 0,4 m (enanas) hasta 7,0 m (flotantes) (CIAT, 1985).

Datta (1986) considera que las partes de la planta de arroz pueden dividirse de la siguiente forma:

1. Órganos Vegetativos: comprenden las raíces, los tallos y hojas.
2. Órganos Florales: Comprenden los vástagos modificados que constan de panícula y de espiguillas.

3.1.4. Órganos vegetativos

3.1.4.1. Raíz

En condiciones favorables para la germinación de la semilla primero surge la plúmula o primer tallito y posteriormente las raíces embrionarias, estas permanecen activas a lo largo de todo el ciclo vital de la planta. Una vez formadas las primeras hojas, se inicia la emisión del aparato radical adventicio que gradualmente va formando un complejo de raíces más gruesas y desarrolladas. En general el aparato radical del arroz es poco profundo y fibroso (Chávez, 1992).

3.1.4.2. Tallo

Es erecto, cilíndrico y hueco. Puede tener hasta 20 nudos. La distancia entre los nudos es pequeña en los nudos inferiores, y más grandes en los nudos superiores (DGETA, 1982).

La resistencia del tallo, es un factor importante en las variedades para evitar en lo posible el acame. La fragilidad del tallo y la de otros órganos vegetativos esta controlada por factores genéticos; químicamente se debe a un contenido bajo de alfa-celulosa (Tinarelli, 1989).

Los retoños (hijos o macollos) se desarrollan a partir del tallo principal en orden alterno; los primarios se desarrollan de los nudos más bajos y producen tallos secundarios que a su vez producen los tallos terciarios (Murillo, 1982).

3.1.4.3. Hojas

Las hojas están dispuestas en ángulo con el tallo, en dos hileras, una en cada nudo. Datta (1986), describe una hoja completa de la siguiente forma:

- Lámina o limbo: Parte expandida de la hoja, fijada al nudo de la vaina foliar.
- Vaina Foliar: Parte de la hoja, se origina en el nudo y encierra el entrenudo por arriba de ella.
- Cuello: El cuello es la unión de la vaina y la lamina y en el se encuentra la lígula y las aurículas.
- Lígula: Es una estructura triangular de textura apergaminada o membranosa, difiere de tamaño, color y forma según las variedades de arroz.

- Aurículas: Son apéndices situados a cada lado de la base de la lamina y tienen forma de hoz (CIAT, 1985).

La hoja más alta por debajo de la panícula es conocida como la hoja bandera (Chávez, 1992). La última hoja (hoja bandera) y la penúltima, sintetizan un 75% de los carbohidratos que son distribuidos hacia el grano (CIAT, 1985).

3.1.5. Órganos florales

3.1.5.1. Panícula

La inflorescencia es una panícula muy desarrollada portada de espiguillas uniflorales, la cual se inicia a partir del nudo superior (nudo ciliar). De los nudos de la panícula nacen las ramificaciones y su eje principal es conocido como raquis, el cual es hueco (CIAT, 1985).

3.1.5.2. Espiguillas

Es la unidad de la inflorescencia y está unida a las ramificaciones por el pedicelo. Una espiguilla consta de la raquilla y esta formada por dos “glumas externas” (lemas estériles), la lema y la palea (CIAT, 1985).

3.1.6. Fases de desarrollo

Chávez (1992), cita que el crecimiento de la planta de arroz es un proceso fisiológico continuo que comprende desde la germinación hasta la maduración del grano, el cual puede ser dividido en 3 fases y 10 etapas. El ciclo de cultivo para las variedades usadas en Costa Rica oscila entre 115 – 135 días y la longitud del ciclo depende de la sensibilidad de la variedad a la duración del día.

3.1.6.1. Fase vegetativa

Se da desde la germinación de la semilla hasta el inicio de la diferenciación de la panícula (CIAT, 1985) y a su vez comprende las siguientes etapas:

3.1.6.1.1. Etapa 0:

Comprende desde la germinación hasta la emergencia, con una duración de aproximadamente 5 – 10 días.

3.1.6.1.2. Etapa 1. Plántula

Esta etapa se extiende desde la emergencia hasta poco antes de aparecer el primer macollo (Universidad de Filipinas, 1975).

3.1.6.2. Etapa 2. Macollamiento

La etapa de macollamiento abarca desde la aparición del primer hijo hasta alcanzar la aparición máxima de hijos (máximo macollamiento). Esta etapa está comprendida entre los 45 – 50 días de edad (CIAT, 1985).

3.1.6.2.1. Etapa 3. Elongación del tallo

Comprende desde el momento en que se inicia la elongación del cuarto entrenudo del tallo principal hasta la iniciación de la panícula (Universidad de Filipinas, 1975).

3.1.6.3. Fase reproductiva

Comprende el periodo entre el inicio de la floración de la panícula y la floración (CIAT, 1985). La formación de la panícula se inicia 70 ó 75 días antes de la fecha de maduración (Chandler, 1984).

3.1.6.3.1. Etapa 4. Iniciación de la panícula

Esta etapa comienza a partir de la diferenciación del meristemo floral en el punto de crecimiento, marca el crecimiento, marca el fin de la fase vegetativa e inicio de la fase reproductiva (Ramírez, 2001).

3.1.6.3.2. Etapa 5. Desarrollo de panícula

Se extiende desde el momento que se visualiza el primordio hasta que la punta de este se ubica debajo del cuello de la hoja bandera (Chávez, 1992).

3.1.6.3.3. Etapa 6. Floración

Se inicia con la salida de la panícula, se lleva a cabo la antesis de las flores del tercio superior de la panícula (CIAT, 1985)

3.1.6.3.4. Etapa 7. Estado lechoso

Ocurre luego de la fecundación, inicia el llenado del grano con un líquido lechoso y blanco (Grist, 1982).

3.1.6.3.5. Etapa 8. Estado pastoso

La consistencia del grano pasa de líquida a pastosa suave hasta que endurece. El color externo se vuelve amarillo verdoso (CIAT, 1985).

3.1.6.3.6. Etapa 9. Maduración

En la etapa de maduración se alcanza la madurez completa del grano. Tiene una duración de 25 – 35 días (Murillo 1982). Los granos muestran una coloración amarilla pajiza.

3.1.7. Ecología del cultivo

En Costa Rica, el arroz puede cultivarse desde el nivel del mar hasta los 850 m.s.n.m., por lo que puede adaptarse a diversas zonas productivas (Monge, 1987). El cultivo requiere de altas temperaturas y abundante radiación solar, además de una alta disponibilidad de agua, la cual es considerada como el requisito más crítico en su producción (Chávez, 1992).

3.1.7.1. Características climáticas

3.1.7.1.1. Temperatura

Un agroecosistema arrocero presenta variaciones de los niveles térmicos y en condiciones del trópico húmedo, máximos y mínimos pueden caracterizar islas de cultivo con su microclima típico (Tinarelli, 1989). La temperatura influye sobre el crecimiento y desarrollo de la planta de arroz. Las distintas fases de desarrollo de la planta de arroz, como se observa en el Cuadro 1, tienen sus requerimientos de temperatura (CIAT, 1985). Sin embargo, un rango general de temperatura varía entre 18 y 35°C, siendo más adecuadas las temperaturas mayores. Las temperaturas bajas durante la fase de floración pueden causar debilitamiento de las plantas predisponiéndolas al ataque de plagas (Monge, 1987).

Cuadro 1: Temperaturas críticas en el cultivo del arroz

Etapas de desarrollo	Temperatura critica		
	Baja	Optima	Alta
Germinación	10	25 – 35	45
Emergencia y establecimiento de plántulas	12 – 13	25 – 30	35
Enraizamiento	16	25 – 30	35
Elongación de hojas	07 – 12	31	45
Macollamiento	09 – 16	25 – 35	33
Iniciación de panículas	15 – 20	-	-
Diferenciación de la panícula	15 – 20	-	38
Floración	22	30 – 33	35
Maduración	12 – 18	20 – 22	40

Fuente: CONNITTA, 1991.

3.1.7.1.2. Radiación solar

El comportamiento de la planta de arroz frente a la oscilación luz – oscuridad varía de una variedad a otra. Este comportamiento es complejo por la relación tan estrecha que existe entre el termoperíodo y el fotoperíodo (Tinarelli, 1989).

Las necesidades de radiación solar para el cultivo de arroz son distintas para los diferentes estados de desarrollo de la planta. Una baja radiación solar durante la fase vegetativa afecta muy ligeramente los rendimientos y sus componentes; mientras que en la fase reproductora existe una marcada disminución en el número de granos. Por otro lado, durante el llenado y maduración del grano, con baja luminosidad reduce drásticamente los rendimientos por disminución en el porcentaje de granos llenos y llenado deficiente de granos (Monge, 1987).

El rango de radiación solar que requiere la planta de arroz varía entre 250 a 350 cal/cm²/día (MAG, 1991). Datta (1986) indica que es necesario 300 cal/cm²/día en la fase reproductora para superar los rendimientos de 5,0 toneladas por hectárea.

3.1.7.1.3. Precipitación

El arroz no solamente se cultiva en condiciones de irrigación, sino también en condiciones de secano (sin riego), en donde la precipitación pluvial es el único medio en el cual, la planta de arroz toma el agua necesaria para su crecimiento, desarrollo y producción del grano. El éxito o fracaso depende no solamente de la cantidad de lluvia sino también de su distribución (Murillo ,1982).

La precipitación mas baja de la región debe coincidir con la preparación de suelos y con la recolección del grano, mientras que la época de mayor precipitación debe favorecer las etapas de crecimiento como la germinación, macollamiento y la fase reproductiva (Murillo ,1982).

Chávez (1992), indica que se está en un secano (sin riego) favorecido cuando las condiciones de alta precipitación y humedad del suelo favorecen el cultivo. Bajo estas condiciones, se requiere en promedio de 5 a 10 mm de lluvia por día.

3.1.7.1.4. Viento

La condición de viento que favorece el cultivo es el de velocidad lenta (brisa). Esta condición tiene efecto positivo en el aumento de la producción ya que produce una turbulencia dentro de la comunidad de las plantas. Esto contribuye a un mejor suministro de CO₂, materia prima de la fotosíntesis (CIAT, 1985). Sin embargo, vientos fuertes perjudican el cultivo especialmente durante la floración y maduración del grano, pues provocan aborto en las flores, volcamiento de las plantas y caídas de grano.

3.1.7.1.5. Humedad relativa

La humedad relativa, la temperatura y la precipitación, son muy importantes en lo que se refiere a la fitopatología del cultivo. La humedad relativa tiene gran influencia en la evaporación y transpiración de la planta (Murillo, 1982). Entre más alta es la humedad relativa más se favorecen algunos patógenos como *Pyricularia grisea* cuya incidencia aumenta cuando la humedad relativa es mayor al 90% (Chávez, 1992).

La humedad relativa optima para el cultivo, está ubicada entre 80 y 90% (CIAT, 1985).

3.2. Características agronómicas

3.2.1. Altura de planta

Según Ruíz (1983) entre más alta sea la planta menor es el rendimiento en grano, debido a la relación grano/paja. A su vez anota que las variedades de porte bajo responden positivamente en rendimiento de grano a la fertilización nitrogenada, mientras que las variedades altas tienen respuesta al nitrógeno.

3.2.2. Habilidad de macollamiento

Jennings (1985), manifiesta que en plantas mejoradas se prefiere un alto macollamiento al macollamiento medio o bajo; esto para lograr una productividad máxima con poblaciones moderadas y densas. Sin embargo, a densidades altas de semilla, las variedades que macollan profusamente forman pocos tallos por planta; pero darán una producción total más alta que variedades de bajo macollamiento inherente.

3.2.3. Vigor vegetativo

Se define el vigor vegetativo inicial como la capacidad del material en llenar rápidamente los espacios entre plantas y entre surcos. La heredabilidad del vigor inicial es baja; sin embargo es una característica deseable si no conduce al autosombreo. Disminuye la competencia de malezas y compensa las pérdidas de plantas (Jennings, 1985).

3.2.4. Volcamiento o acame

Jennings *et al.* (1981), indican que la resistencia al volcamiento esta relacionada principalmente con la poca altura. Tallos cortos y fuertes, más que ningún otro carácter, determinan la resistencia al acame.

3.2.5. Ejerción de la panícula

Es la capacidad de las panículas de emerger completamente de la vaina de la hoja bandera. La ejerción inhibida de las panículas es un carácter indeseable y provoca que las espiguillas encerradas en la vaina sean estériles o se llenen tan solo parcialmente, produciendo pérdidas moderadas del grano (Jennings *et al.*, 1985).

3.2.6. Floración y maduración

El ciclo de vida de la planta de arroz está generalmente en un rango de 100 a 210 días, con la moda entre 110 a 150 días; variedades con ciclos de 150 a 210 días son usualmente sensibles al foto-período. La mayor parte de las variedades modernas son de maduración intermedia (110 a 135 días) y rinden más que las que maduran precozmente (menor a 110 días) o más tarde (mayor a 135 días) (Jennings *et al.*, 1985).

3.3. Nemátodos asociados al cultivo del arroz (*Oryza sativa*)

Investigaciones realizadas en Costa Rica han encontrado varios géneros asociados al cultivo de arroz, entre los que se menciona: *Meloidogyne* sp, *Helicotylenchus* sp, *Pratylenchus* sp, *Aphelenchoides* sp, *Aphelenchus* sp, *Xiphinema* sp, *Longidorus* sp, *Trichodorussp* y otros. Para estos géneros los autores recomiendan realizar periódicamente diagnósticos de nemátodos (Naranjo y Campos, 2005).

Según González (1978) en Costa Rica se han encontrado 12 géneros de nemátodos fitoparásitos asociados al cultivo del arroz; pero sólo se ha demostrado la patogenicidad de una especie de nemátodo formador de nódulos radicales. Este nemátodo es el cecidógeno del arroz *Hypsoperine spp* (Figuroa, 1973).

Sancho y Salazar (1985) elaboraron un trabajo de reconocimiento de los nemátodos parásitos del arroz en el sureste de Costa Rica, con el cual encontraron que *Helicotylenchus* sp. fue el nemátodo más común en estos suelos; le siguieron en orden descendente *Criconemella anoensis*, *Tylenchorhynchus annulatus*, *Tylenchus* sp, *Pratylenchus zae* y *Meloidogyne salasi*. En lo referente a los análisis de raíces, estos investigadores determinaron que únicamente *Pratylenchus zae* y *Meloidogyne salasi* estaban presentes a nivel de raíces.

Tylenchorhynchus annulatus tuvo las densidades poblacionales más altas, mientras que *Helicotylenchus sp* fue la especie más frecuentemente presente en los campos arroceros del sureste costarricense (Sancho y Salazar, 1985). Estos autores también mencionan que *Meloidogyne salasi* fue encontrado en altas densidades poblacionales, pero sólo en unas pocas fincas, por lo que podría ser catalogada como una plaga establecida. De igual forma, mencionan que esta especie también ha sido encontrada en Panamá; del mismo modo resaltan que esta especie no fue detectada por González (1978).

En este mismo estudio Sancho y Salazar (1985) señalan mediante una observación adicional que el comportamiento de *Meloidogyne salasi* en áreas donde se encontraba agua encharcada, las densidades de esta especie fueron bajas o la misma no se encontraba presente, mientras que en otras partes de la finca no se exhibía este problema, las densidades eran altas. Estas observaciones de Sancho y Salazar (1985) sugieren que un exceso de agua en el suelo podría limitar o impedir el establecimiento de *Meloidogyne salasi*. Esta observación adicional de Sancho y Salazar (1985) concuerda con observaciones previas de Manser (1968), quien informó que los nemátodos formadores de agallas radicales son afectados por los suelos inundados.

3.3.1. *Helicotylenchus spp.*

Helicotylenchus spp es una especie ectoparásita, pero puede comportarse como endoparásito migratorio, el cual completa su ciclo en la raíz. Infecta cormos o tejido remanente del cultivo previo. Los síntomas son parecidos a los causados por otros nemátodos fitoparasíticos. Se alimentan de las capas más externas de la corteza, causando lesiones necróticas pequeñas que son características. Penetra de 4-6 capas de células del parénquima cortical. Su daño está confinado al parénquima más cercano a la epidermis. Los daños celulares son a menudo decoloraciones que posteriormente constituyen áreas necróticas. Su disseminación es principalmente por tejido infectado (Suárez y Rosales, 2004).

3.3.2. *Pratylenchus spp.*

Nematodo endoparásito migratorio conocido como nematodo lesionador. Es infectivo el segundo estado juvenil, la hembra y el macho. Los síntomas son:

enanismo de la planta, alargamiento del ciclo vegetativo, reducción en tamaño y número de hojas, así como reducción de la vida productiva de la plantación. En las raíces produce una lesión roja al penetrar la corteza de la raíz y en lesiones más viejas se tornan necróticas, negras o púrpura en el tejido epidermal y cortical, a menudo con ruptura de las raíces, permitiendo la invasión de otros microorganismos. El rizoma en su parte más externa también es invadido, observándose áreas necróticas que posteriormente mueren. Su ciclo de vida de huevo a huevo es cercano a los 27 días a una temperatura que oscile entre 25 y 30 °C y sobrevive en el suelo hasta seis meses en barbecho (Suárez y Rosales, 2004).

3.3.3. *Meloigogyne spp.*

Los nemátodos noduladores, *Meloidogyne spp.*, son muy comunes en las regiones tropicales, atacando diferentes plantas hospederas. *Meloidogyne* es también conocido como el nemátodo agallador. Las especies señaladas son *M. incognita*, *M. arenaria*, *M. javanica* y *M. hapla*. Diferentes especies se han encontrado en la misma agalla (Suárez y Rosales, 2004).

Causa malformaciones de las raíces primarias y secundarias denominadas agallas algunas veces les causan bifurcaciones. Según Román (1978), no hay evidencia de reducción del rendimiento cuando las poblaciones son altas, lo cual indica que la planta tolera ataques fuertes del nemátodo. Sin embargo, el enanismo en las plantas fue atribuido a la presencia en las raíces de este nemátodo en la India y Taiwán (Sudha y Prabhoo, 1983). El nematodo es endoparásito sedentario, por lo que debe establecer un sitio de alimentación, que en este caso es el cilindro vascular en el que ocurre un aumento en el número de células que van a dar origen a las agallas, además de un incremento en el tamaño de las células denominadas "células gigantes", causando disrupción de los tejidos vasculares y como consecuencia las raíces tienen dificultad para absorber el agua y los nutrientes. Sin embargo, su efecto sobre el rendimiento no ha sido demostrado (Suárez y Rosales, 2004).

Meloidogyne spp presenta una cabeza conoide con un estilete ligeramente largo, esbelto y nódulos regulares, también la glándula esofágica e intestino presenta un traslape a diferentes lados, con una cola aguzada (Marbán, 1987 y Morera, 1990).

3.4. Otros Nemátodos relacionados al cultivo de arroz (*Oryza sativa*)

3.4.1. *Hirschmaniella orizae*:

4

Es un nemátodo muy abundante en los arrozales, pues la inundación del terreno es necesaria para que complete su ciclo (InfoAgro, 2002).

3.4.2. *Ditylenchus angustus*:

Este nemátodo esta presente principalmente en arrozales de aguas profundas (InfoAgro, 2002).

3.4.3. *Aphelenchoides besseyi*:

Está presente en todos los ecosistemas del arroz, alimentándose de forma ectoparásita del meristemo apical del tallo. Seguidamente, emigra a la panícula en desarrollo, penetrando en las espiguillas antes de la antesis alimentándose de los ovarios y los estambres. Durante la maduración del grano, los nemátodos entran en estado de anaerobiosis, pudiendo sobrevivir en los granos hasta más de tres años (InfoAgro, 2002).

3.4.4. *Meloidogyne graminicola*, *M. incognita*, *M. javanica* y *M. arenaria*:

Estas son las especies más importantes de nemátodos de raíz. Los síntomas incluyen clorosis, reducción de crecimiento, retraso en floración y aumento en el número de granos vacíos (InfoAgro, 2002).

3.4.5. *Pratylenchus indicus* y *Pratylenchus zae*:

Estas especies causan lesiones en la raíz y son endoparásitos migratorios, que producen necrosis en las raíces, reduciendo como consecuencia la altura de las plantas y el número de hijos (InfoAgro, 2002).

El control que recomiendan algunos autores son:

- Eliminar los restos de cosechas anteriores.
- Tratar la semilla con agua caliente a 52-57 °C durante 15 minutos, después de haber remojado las semillas en agua fría durante 3 horas.
- La rotación de cultivos puede reducir notoriamente los niveles de población del parásito (InfoAgro, 2002).

3.5. Lista de todos los nemátodos asociados al cultivo de Arroz (*Oryza sativa*) en Costa Rica

Según Fernández *et al.* (2002) los nemátodos asociados al cultivo de arroz en Costa Rica son *Aphelenchoides bessey*, *Criconemella spp*, *Helicotylenchus spp*, *Hirschmaniella oryzae*, *Longidorus spp*, *Meloidogyne arenaria*, *Meloidogyne exigua*, *Meloidogyne incógnita*, *Meloidogyne salasi*, *Paratrichodorus spp*, *Pratylenchus zae*, *Rotylenchulus spp*, *Trichodorus spp*, *Tylenchorhynchus spp* y *Xiphinema spp*.

3.6. Ciclo de vida de los nemátodos

Los huevos hacen la eclosión una a dos semanas después de haber sido puestos. El primero estado cambia dentro el huevo para producir el segundo estado que sale del huevo. El estado contagioso es alcanzado una o dos semanas después la eclosión. Una vez que la hembra penetra la raíz, necesita una o dos semanas para alcanzar la madurez. El macho que queda afuera de la raíz puede inseminar la hembra antes que su gónada sea maduro y el esperma es almacenado en el espermateca. El número de hembras y machos es normalmente igual. Algunas poblaciones de nemátodos reniformes se

reproducen partenogenéticamente. Rápidamente después de la madurez de las gónadas, los huevos son fertilizados con el espermatozoide y son después depositados dentro una matriz de gelatina que contiene 60 a 200 huevos. El ciclo de vida de ese nematodo es normalmente más corto que 3 semanas y depende de la temperatura del suelo. No obstante, puede sobrevivir a menos dos años en ausencia de un huésped en un suelo seco gracias a la anhidrobiosis, un mecanismo de sobre vivencia sin agua (Radewald y Takeshita, 1964).

3.7. Factores que afectan el desarrollo y reproducción de los nemátodos

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

Las condiciones de clima y de Suelo.

La fisiología de la planta.

La presencia de otros organismos y las variaciones patogénicas del nemátodo.

3.7.1. Las condiciones de Suelo

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

3.7.1.1. Humedad en el suelo

Cuando el contenido de agua en el suelo se limita a una película envolvente de las partículas de este, es cuando se producen las mejores condiciones de humedad para la vida de los nemátodos.

La sequía excesiva puede frenar o incluso matar al nemátodo. Igual ocurre en el encharcamiento prolongado que por falta de oxígeno en el suelo se afecta el desarrollo de este organismo. Probablemente el contenido de

humedad óptimo de este se encuentre entre el 40 y 80 por ciento de la capacidad de retención del suelo (Union Carabidae Agricultura, sf).

3.7.1.2. Temperatura

La temperatura en el suelo tiene un importante impacto sobre los nemátodos. Afecta las actividades como la puesta, reproducción, movimiento, desarrollo y supervivencia.

Casi todos los nemátodos parásitos de las plantas se tornan inactivos en una gama de temperaturas bajas entre 5 y 15 °C, la amplitud óptima es de 15-30 °C y se vuelven inactivos a temperaturas de 30-40 °C. Las temperaturas por encima de estos límites puede ser fatales (Jiménez ,1991). Sin embargo en un estudio de fluctuación poblacional de *Radopholus similis* realizado por Jiménez (1972) se encontró que la temperatura del suelo a 30 cm de profundidad no juega un papel importante en las variaciones poblacionales.

3.7.1.3. Tipo de Suelo

Las actividades de los nemátodos esta relacionada con las características del suelo las cuales son: la granulometría, aireación, textura y características químicas no obstante al existir gran variación entre estos factores han imposibilitado generalizar por lo cual no se puede establecer un tipo de suelo que sea ideal para todos los nemátodos (Union Carabidae Agricultural, sf).

Sin embargo ciertos autores desconocidos mencionan que algunos suelos livianos son generalmente más favorables para el desarrollo de estos organismos, esto es debido probablemente porque los suelos más livianos tienen una mejor aireación al tener partículas más grandes.

En investigaciones realizadas por Reynolds y Sleeth (1955) encontraron que las poblaciones de *Meloidogyne javanica* eran extremadamente bajas en suelos de textura fina o arcillosas y más elevada en suelos de textura gruesa.

La velocidad de movimiento del nematodo dentro del suelo esta relacionada con el diámetro de los poros, el tamaño de las partículas y el diámetro del nemátodo. Los nemátodos pueden moverse más libremente en suelos de partículas gruesas o arenosas (Academia Nacional de Ciencias, 1978).

3.7.2. Las condiciones de clima

Tanto la lluvia como la temperatura están vinculadas tanto en el crecimiento y desarrollo de nemátodos como el de las plantas. A estos dos factores mencionados se vinculan con las fluctuaciones estacionales en las poblacionales de nemátodos (Academia Nacional de Ciencias, 1978).

Fernández y Ortega (1982) informan de una correlación positiva del 1 % ($r = 0.63$) entre el movimiento poblacional de *R. similis* y la precipitación, también *Medalioigyne* manifestó tendencia a responder a la lluvia .

Hutton (1978), encontró en Jamaica que en plátano solo los géneros *Rotylenchulus reniformes* y *Helicotylenchus sp* respondieron de una manera significativa a la lluvia. En suelos retenedores de agua (arcillosos) las poblaciones de estos nemátodos aumentaron durante las primeras semanas de lluvia, pero conforme aumentaron el numero de días y la cantidad de lluvias las poblaciones bajaron, no así en suelos de textura limo arcillosa con buen desagüe en donde se obtuvo una correlación negativa.

Jiménez (1972), señala que las fluctuaciones poblacionales de los nemátodos no pueden atribuirse a las lluvias como factor directo; más bien a los efectos que de su influencia se derive como puede ser la reducción de oxígeno disponible cuando el suelo se encuentra saturado o la incorporación al suelo de cantidades óptimas de humedad que benefician la reproducción de los nemátodos y su movilización libre.

3.8. Condición Fisiológica del Cultivo

Debido a que los nemátodos se alimentan de las raíces y algunos completan su ciclo dentro de ellas, cualquier factor que afecte la condición fisiológica de la planta probablemente afectará la densidad poblacional

(Tarte, 1980). La condición fisiológica de la planta varía según su estado de desarrollo y de sus influencias ambientales (Reynolds y Sleeth , 1955)

Además de servir como fuente de alimentación a los nemátodos, las plantas hospederas modifican el medio ambiente para cambiar su humedad, aumentar la cantidad de anhídrido carbónico, disminuyendo el oxígeno y contribuyendo a modificar las sustancias orgánicas de la solución del suelo. Las exudaciones de sus raíces pueden estimular la reproducción o actuar como atrayentes de nemátodos (Union Carabidae Agricultural, sf).

3.9. Distribución de los nemátodos en el suelo.

La distribución de los nemátodos en el plano vertical de un terreno cultivado es generalmente irregular (Unión Carabidae Agricultural, sf).

En los suelos agrícolas el movimiento poblacional de los nemátodos de cualquier especie parasitaria de las plantas, depende de su potencia reproductora, de la planta huésped y de la duración del periodo que el nemátodo permanece en medio ambiente favorable para la reproducción. Los nemátodos están concentrados en los primeros 25 – 50 cm de profundidad según el tipo de labranza y material utilizado (Montero, 1993).

3.10. Organismos biorreguladores de nemátodos

Kerry y Muller (1980) han informado que numerosos organismos del suelo atacan los nemátodos, entre ellos los hongos y bacterias son los más conocidos, aunque también protozoos, insectos, ácaros, turbelarios, virus y nemátodos depredadores ejercen regulación bajo diferentes condiciones del ecosistema.

Los hongos nematófagos aparecen en todos los grupos fungosos y están divididos en los que tienen estructuras adhesivas especializadas que capturan nemátodos y otros que son productores de toxinas. Los que poseen estructuras adhesivas "hongos atrapadores", tienen pocos atributos para un control biológico efectivo, ellos pueden ser útiles en ciertas situaciones, como en los

invernaderos, donde el suelo es rutinariamente esterilizado y grandes cantidades de materia orgánica y de inóculos fungosos pueden ser añadidos para proteger cosechas de alto valor. Debe señalarse que en Francia se comercializan dos productos a base de hongos atrapadores, *Arthrobotrys robusta* y *A. irregularis*, que han brindado buenos resultados en condiciones controladas, pero muy variables en otras condiciones (Stirling y Mankau, 1979).

Una serie de autores entre ellos Rodríguez-Cabana (1984); Stirling y Mankau (1979) mencionan algunos hongos que parasitan huevos de nemátodos pueden limitar la multiplicación de estos en el campo. Entre estos hongos *Paecilomyces lilacinus* y *Verticillium clamydosporium* parecen ser los más adecuados para su desarrollo como biorreguladores.

3.11. Descripción agrícola de la Región Huetar Norte de Costa Rica

Políticamente la Región la conforman los cantones de Los Chiles, San Carlos, Guatuso, Upala, Sarapiquí y los distritos de Peñas Blancas de San Ramón, Río Cuarto de Grecia y Sarapiquí del cantón central de Alajuela, que cubre aproximadamente el 21,65% del territorio nacional con un área de 9.804 km² y una población de 216.849 habitantes (MAG, 1998).

Los principales rubros que se desarrollan en la región son: raíces y tubérculos, plátano, palmito, piña, granos básicos, naranja, caña de azúcar, café, chile picante, ganadería y otros, con un área aproximada de 364.000 hectáreas y unos 15.000 productores dedicados a estas actividades. Cabe destacar que una buena parte de estos productores se encuentran agrupados en distintos tipos de organizaciones (MAG, 1998).

Es importante resaltar que en la Región se ejecutan tres proyectos de ámbito regional : Proyecto de Pequeños productores de la Zona Norte (PPZN), Programa Agroindustrial para la producción de naranja y otros (PROAGROIN) y el Programa de Reforzamiento a la investigación de Granos Básicos (PRIAG), los cuales vienen a reforzar el trabajo institucional del MAG (MAG, 1998).

Los problemas pre- producción identificados muestran que a pesar del esfuerzo que realizan las comunidades y el Gobierno, los caminos vecinales y puentes siguen siendo un problema importante en el desarrollo económico de los productores. Falta de servicios públicos básicos en algunas comunidades como teléfonos, electricidad y agua potable. Pérdida de la capacidad de ahorro e inversión del pequeño y mediano productor durante los últimos años por problemas climáticos, tecnológicos y de comercialización, lo que requiere una política de crédito ágil y oportuna acorde a las condiciones de los productores.

Los productores y productoras de la Región Huetar Norte han identificado como su principal problema de producción, los altos costos causados por un inadecuado manejo de suelos, aguas, plaguicidas, semillas contaminadas y erosionadas; falta de tecnologías para la elaboración y usos de productos naturales; pérdidas de productos exportados por contaminación de semillas de malezas. Las pérdidas post-cosecha están dadas principalmente por elevados porcentajes de productos fuera de los estándares de calidad exigidos a productos frescos, deficiente manejo agronómico, transporte, manipulación y proceso. Las situaciones anteriores han generado, desmotivación entre los productores (ras); migración a la ciudad; abandono de la actividad agropecuaria; pérdida de capacidad de reinversión; contaminación ambiental; deterioro de la salud y mala calidad de los productos agropecuarios entre otros (MAG, 1998). De ahí surge la iniciativa a crear nueva tecnología agrícola dirigida al cultivo de arroz cuya importancia es fundamental tanto para la economía como para la alimentación nacional. En la Región Huetar Norte, esta tecnología ayudará a que los sistemas arroceros puedan ser mas sostenibles y productivos desde el punto de vista de la presente investigación; esto debido a que los nemátodos son poco estudiados en países subdesarrollados y de este escaso conocimiento derivan una serie de malas practicas de manejo que potencian la problemática aumentando las poblaciones de los mismos.

Este estudio servirá como base en los futuros proyectos de investigación sobre los nemátodos relacionados al cultivo en la Región Huetar Norte de Costa Rica, dichos estudios ayudaran en su momento a mejorar el control de estos parásitos y disminuir la aplicación de agroquímicos.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación de la investigación

El estudio de diagnóstico se realizó en diversas fincas de la Región Huetar Norte de Costa Rica, que comprende los cantones de San Carlos, Upala, Guatuso y Los Chiles. Esta región se encuentra en la zona tórrida, por lo tanto, tiene un clima tropical (estación seca y lluviosa). El invierno va de mayo a enero o febrero y la estación seca de marzo a mayo, con algunas precipitaciones esporádicas ocasionadas por los frentes fríos del norte (SIRZEE, 2006).

Es trascendental estar al tanto de que el estudio compendió los meses de agosto y octubre del 2006.

La precipitación en la región es variable, en promedio oscila entre los 2.000 mm/año en las llanuras de Guatuso, Upala y Los Chiles; además puede llegar hasta los 5.000 mm/año en los macizos volcánicos. La evapotranspiración anual de referencia o potencial es de 1.100 a 1.200 mm/año. Mientras que la evapotranspiración real en promedio es de 900 a 1000 mm/año. La temperatura promedio es de: Ciudad Quesada 23°C, Los Chiles, Upala, Guatuso y San Carlos 26°C, Sucre y áreas volcánicas 20°C. La humedad relativa es de 80-90% y una radiación solar de 3 a 5 horas diarias (SIRZEE, 2006).

4.2. Población Estudiada

Se evaluaron 7 fincas de productores asociados a CONARROZ (Cuadro 2) para un total de 663 Has, así mismo se realizaron 2 muestreos con diferencia de un mes, tomándose de estos un total de 24 muestras de raíz y 24 muestras de Suelo del cultivo en estudio. Es importante conocer que la información de muestreo (numero de fincas y cantidad de muestras) fue aportado por CONARROZ.

Cuadro 2. Datos de la población estudiada en la Región Huetar Norte, 2006.

CODIGO FINCA	UBICACIÓN	NUMERO MUESTRAS	HECTAREAS	VARIEDAD
F1ZN	Caño Negro, Los Chiles	4	300	CR 4477
F2ZN	Upala, Centro	4	2,5	CR 4477
F3ZN	El Delirio, Upala	4	10	CR 4477
F4ZN	Canalete, Upala	4	45	CR 4477 Y CR 2515
F5ZN	El Delirio, Upala	2	136	FEDEARROZ 50
F6ZN	La Vega, San Carlos	4	30	CR 4477
F7ZN	El Pavón, Los Chiles	2	140	CR 4477

4.3. Toma y Análisis de muestras para el Arroz

En cada finca se tomaron cuatro plantas de arroz, las cuales fueron colectadas al azar en cada arrozal. De estas plantas, se colectó el total de las raíces así como el suelo adherido a las mismas. Las muestras fueron trasladadas al laboratorio de Nematología de la Escuela de Agronomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede San Carlos para su posterior procesamiento.

Es importante señalar que el estudio de diagnóstico se realizó en la etapa final de cultivo y comprendió básicamente de los 90 a los 135 días después de siembra.

4.4. Análisis de muestra en Laboratorio

Los procedimientos de extracción e identificación, fueron los siguientes:

4.4.1. Raíces

Se lavaron las raíces, se pesaron 25 gramos de raíces funcionales y se cortaron en trozos pequeños de aproximadamente 1 cm. Estos fueron procesados por el método de Licuado-tamizado-centrifugado en solución azucarada como se describe a continuación: la raíz se licua en 50 ml de agua durante dos fases 15 segundos a velocidad baja y 15 segundos a velocidad alta, luego se pasa por un juego de cribas superpuesto de 35, 170 y 400 mesh, el material obtenido en la criba de 400 mesh se pasa a un Beaker con la ayuda de una piceta para evitar pérdidas de nemátodos. Esta solución se homogeniza

y pasa a tubos de centrifugación donde se centrifuga durante cinco minutos a 3000 rpm para después eliminar el sobrenadante con residuos orgánicos (los nemátodos se van al fondo), después se volverán a llenar los tubos con solución azucarada 1 M (454 g / litro) para realizar una segunda centrifugación a 3000 rpm por cinco minutos, con esto los nemátodos flotan en la solución azucarada la cual se vierte en el tamiz de 400 mesh el cual se lava para eliminar el azúcar, por último se recolectarán los nemátodos del tamiz, en un recipiente para su observación.

El conteo se realizó aforando a 40 ml la solución obtenida del último tamiz y homogenizando esta solución, de donde se obtuvo una alícuota de 3 ml, la cual se vertió en un porta objetos especial, para contar nemátodos marcado con una cuadrícula que equivale a contar la mitad del volumen en este caso 1.5 ml. Después se realizó la identificación con la ayuda de claves taxonómicas de Mai y Lyon (1960), el manual de Fitopatología de Zuckerman *et al.* (1990) y Manual de identificación de géneros de nemátodos Importantes en Costa Rica de Esquivel (2005). Se realizaron tres conteos por muestra para obtener posteriormente un promedio.

4.4.2. Suelo

La extracción de nemátodos de suelo se realizó mediante la técnica del embudo de Baerman modificado (Esquivel, 2005), esta técnica la podemos apreciar en la figura 1. Las muestras de suelo provenientes de campo se homogenizaron y se eliminaron las raíces, y piedras, se pesaron 25 gramos los cuales se colocan en un papel filtro, y después en un embudo previamente preparado que consiste en un embudo de plástico el cual tiene una manguera adherida a la parte inferior del embudo y en el cual se coloca un vial para recoger los nematodos. A la muestra se le adiciona agua hasta un centímetro abajo de la parte superior del embudo y se deja reposar durante al menos 72 horas. Después de este período se recoge el Vial que contenía aproximadamente 5 ml de solución, de donde se homogeniza y se toma una alícuota de 3 ml, el conteo e identificación se realizó de igual forma para la muestra de raíz.

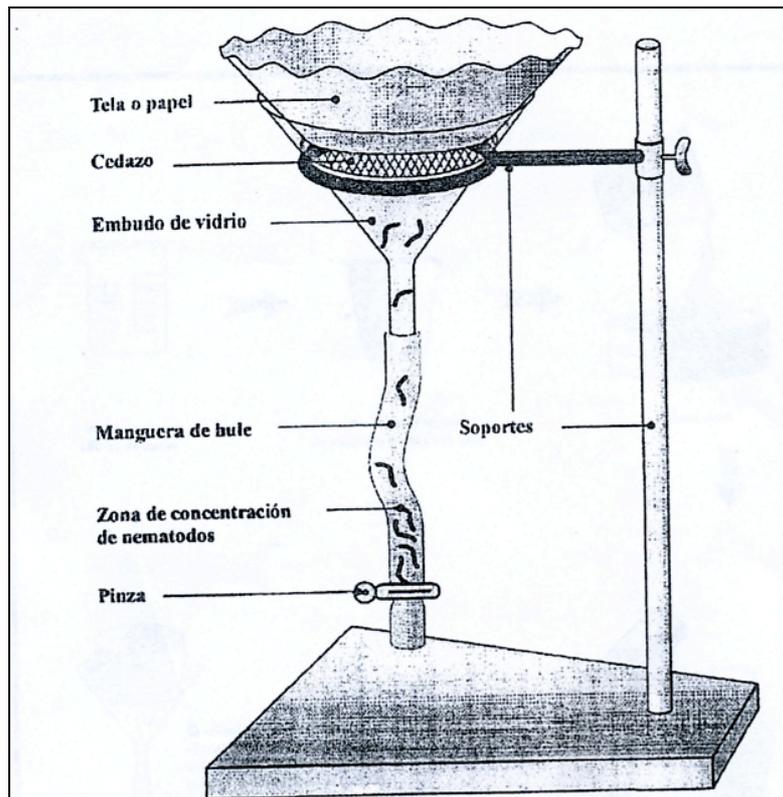


Figura 1. Técnica del Embudo de Bearmann empleado para la extracción de nemátodos presentes en Suelo (Esquivel, 2005).

4.5. Variables Evaluadas

Las variables evaluadas fueron, géneros de nemátodos según Zuckerman *et al.* (1990), densidades de nemátodos presentes en suelo y raíz según las técnicas de extracción de nemátodos de Esquivel (2005) aplicadas al cultivo de Arroz en la Zona Huetar Norte de Costa Rica y las frecuencias absolutas de nemátodos presentes en suelo y raíz.

4.6. Análisis de Datos

Los datos recolectados sobre las frecuencias y densidades presentes fueron analizados por medio de estadística descriptiva (Promedios y Frecuencias Absolutas).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Géneros de Nemátodos fitoparásitos Asociados al Cultivo de Arroz (*Oryza sativa*) en la Región Huetar Norte

De acuerdo al diagnóstico realizado los principales géneros asociados al cultivo de Arroz (*Oryza sativa*) en la Región Huetar Norte de Costa Rica son: *Meloidogyne spp*, *Pratylenchus spp*, *Helicotylenchus spp*, *Tylenchorhynchus spp*, *Tylenchus spp* y *Criconemella spp*; los cuales pueden observarse en la Figura 2.

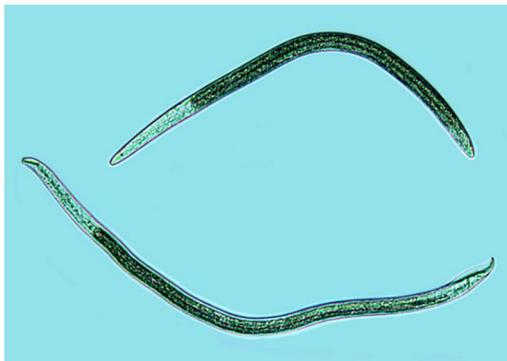
Durante el desarrollo de la investigación se encontró una gran concordancia entre la nemátofauna asociada al arroz en la Región Huetar Norte de Costa Rica con lo reportado por Sancho y Salazar (1985) en el sureste de Costa Rica, así mismo también se encontró concordancia con lo informado por otros autores como González (1978).



Meloidogyne spp.



Pratylenchus spp.



Fuente: <http://plpnmweb.ucdavis.edu/nemaplex/images/G138a.jpg>
Tylenchorhynchus spp.



Tylenchus spp.



Helicotylenchus spp.



Criconemella spp.

Figura 2. Géneros de nemátodos fitoparásitos asociados al cultivo de arroz (*Oryza sativa*) en la Región Huetar Norte de Costa Rica (10 X), 2006.

5.2. Frecuencia de presencia de nemátodos fitoparásitos en raíz, suelo y ambos asociados al cultivo de arroz (*Oryza sativa*) en la Región Huetar Norte de Costa Rica

En lo concerniente a los nemátodos encontrados en el suelo, cabe destacar las frecuencias de *Helicotylenchus spp* (95,83%), *Pratylenchus spp* (91,67%), *Meloidogyne spp* (87,5%), *Tylenchorhynchus spp* (79,17%), *Tylenchus spp* (75%) y *Criconomella spp* (29,17%).

Según Suárez y Rosales (2004) la conducta de *Helicotylenchus spp* se podría explicar debido a que *Helicotylenchus spp* es una especie ectoparásita, pero puede comportarse como endoparásito migratorio, el cual completa su ciclo en la raíz; dicha información también explica su comportamiento en raíz.

En las raíces *Pratylenchus spp* (100%), *Meloidogyne spp* (95,83%) y *Helicotylenchus spp* (79,17%), presentaron las frecuencias más altas en las muestras (Figura 3). Lo que concuerda con los estudios realizados por Sancho y Salazar (1985) en la zona arrocera del Sureste de Costa Rica.

Este eventual comportamiento de *Pratylenchus spp* en raíz se puede justificar debido a que *Pratylenchus spp* se caracteriza por ser endoparásito migratorio, además este nemátodo es capaz de sobrevivir en el suelo hasta seis meses en barbecho (Suárez y Rosales, 2004). De igual forma el comportamiento de *Meloidogyne spp* se podría explicar debido a que este género se identifica como endoparásito sedentario, por lo que debe establecer un sitio de alimentación, que en este caso es el cilindro vascular de la raíz (Román, 1978).

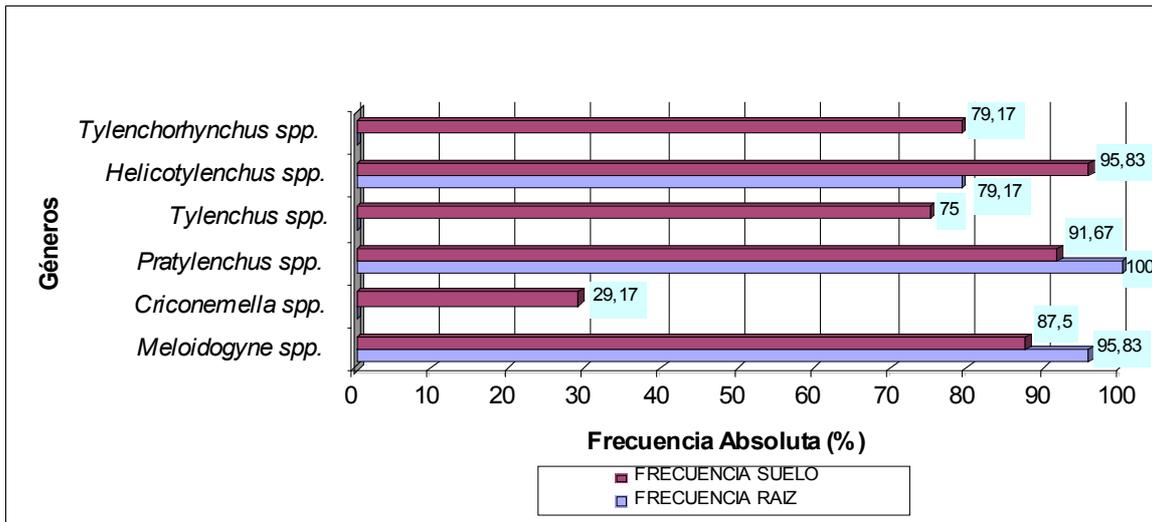


Figura 3. Frecuencia de presencia de nemátodos fitoparásitos en raíz y suelo asociados al cultivo de arroz (*Oryza sativa*) en la Región Huetar Norte de Costa Rica, 2006.

5.3. Densidad promedio de nemátodos fitoparásitos presentes de raíz y en suelo en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*) en la Región Huetar Norte de Costa Rica

En lo referente a las raíces, se encontró únicamente a *Pratylenchus spp.*, *Meloidogyne spp.* y *Helicotylenchus spp.*, donde la primera especie tuvo mayor frecuencia que las otras, cabe mencionarse que una situación idéntica se presentó en cuanto a la densidad promedio de estos géneros; este mismo comportamiento lo reportan Sancho y Salazar (1985) para los géneros *Pratylenchus spp* y *Meloidogyne spp.* Tal como se mencionó anteriormente el género con mayor frecuencia fue *Pratylenchus spp* (100%); es decir este género apareció en todas las muestras analizadas, posteriormente fue seguida por *Meloidogyne spp* y *Helicotylenchus spp* (Figura 4). Estos datos concuerdan con lo reportado por López *et al.* (1987).

Como se puede observar en la Figura 4 las densidades máximas detectadas, fue para el género *Pratylenchus spp* con los mayores valores en toda la zona (40.748 nematodos en 100 gramos de raíz), así mismo le sigue *Meloidogyne spp* (31.080) y *Helicotylenchus spp* con 535 nematodos en 100 gramos de raíz.

Esta conducta se explica debido a que *Pratylenchus spp* se caracteriza por ser endoparásito migratorio, además sobrevive en el suelo hasta seis meses en barbecho (Suárez y Rosales, 2004). Así mismo *Meloidogyne spp* se caracteriza por ser endoparásito sedentario, por lo que debe establecer un sitio de alimentación, que en este caso es el cilindro vascular. Sin embargo, su efecto sobre el rendimiento no ha sido demostrado cuando las poblaciones son altas, lo cual indica que la planta tolera ataques fuertes del nemátodo (Román, 1978).

Sin embargo se debe retomar importancia de *Pratylenchus spp* y *Meloidogyne spp* como posibles patologías del cultivo, debido a sus densidades poblacionales. Cabe mencionarse que se logró apreciar que la especie de *Meloidogyne spp* predomina en suelos con poca humedad, es decir el exceso de agua en el suelo limita o impide el establecimiento de *Meloidogyne spp* esta información concide muchísimo con lo reportado por Sancho y Salazar (1985) en la zona arrocerá del Sureste de Costa Rica. Lo anterior se podría explicar debido a que *Meloidogyne spp.*, es muy común en las regiones tropicales, atacando diferentes plantas hospederas (Suárez y Rosales, 2004).

Es importante resaltar que el efecto dañino de estos nemátodos en arroz no ha sido demostrado bajo condiciones locales, por lo que la calificación anterior podría cambiar drásticamente en un futuro cercano. A la mayor brevedad posible se deberían realizar pruebas de patogenicidad de estos nemátodos en arroz, con el fin de precisar su potencial destructivo en este cultivo, Los datos de densidad máxima encontrados en este estudio podrían ser utilizados como un marco de referencia al momento de decidir acerca de las densidades poblacionales a usar en estas pruebas de patogenicidad. Lo anterior también fue mencionado por López *et al.* (1987).

Según Sancho *et al.* (1987) el género *Meloidogyne spp* en el Pacífico Sureste podría ser considerada la especie más importante, dado su comprobado efecto detrimental en el cultivo. Sancho y Salazar (1985) informaron que en 1980 este nemátodo estaba presente en unas pocas fincas pero en altas densidades, por lo que la calificaron de “plaga establecida”. Dicha información concuerda con lo obtenido en la Región Huetar Norte de Costa Rica.

El avance en la diseminación de este género merece atención, ya que, como ha sido demostrado por Sancho *et al.* (1987) este es un severo patógeno del arroz. Es probable que la limpieza de maquinaria agrícola que haya sido usada en terrenos infestados, previo a su utilización en terrenos libres de este nemátodo, impida su diseminación, a nuevas áreas. También parece recomendable evaluar la eficacia relativa de los nematicidas disponibles comercial mente en Costa Rica en el combate de esta especie, así como la rentabilidad de su aplicación.

5.3.1. Densidades promedio de nemátodos fitoparásitos presentes en 100 g. de raíz en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*) en la Región Huetar Norte de Costa Rica, 2006.

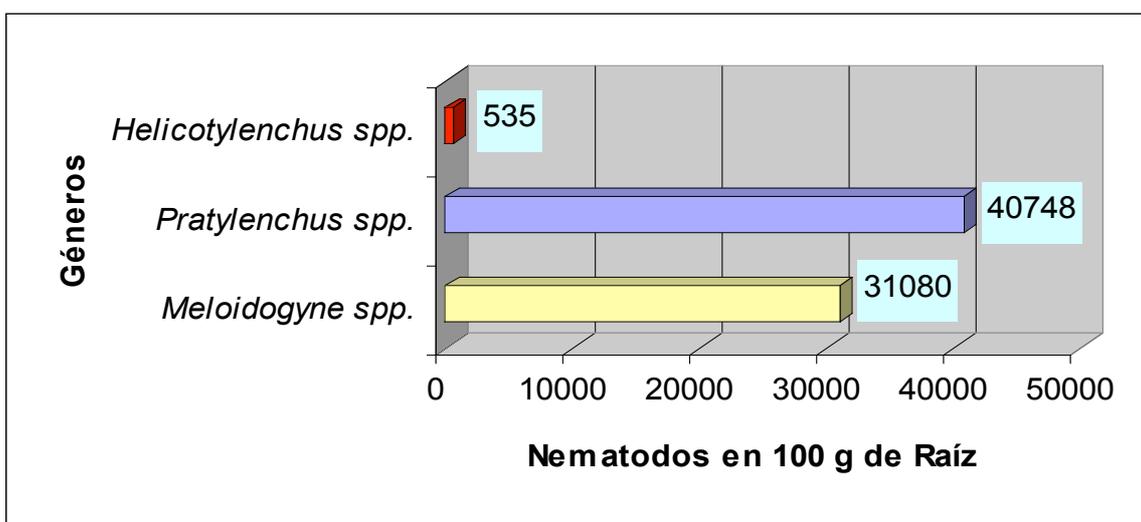


Figura 4. Densidad promedio de nemátodos fitoparásitos presentes en 100 g. de raíz en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*) en la Región Huetar Norte de Costa Rica, 2006.

Los resultados del análisis de suelo sugieren que *Helicotylenchus spp* fue el nemátodo más común en estos suelos; le siguieron en orden descendente *Pratylenchus spp*, *Meloidogyne spp*, *Tilenchorhynchus spp*, *Tylenchus spp* y *Criconomella spp* (Figura 5). Estas especies tuvieron igual ordenamiento en cuanto a su frecuencia; *Helicotylenchus spp* tuvo la mayor densidad promedio (77 nemátodos/100 gramos de suelo), la que fue seguida por aquellas de *Pratylenchus spp*, *Meloidogyne spp*, *Tilenchorhynchus spp*, *Tylenchus spp* y *Criconomella spp*; lo mencionado coincide con lo obtenido por Sancho y Salazar (1985) en la zona arrocera del sureste de Costa Rica. Según Suárez y Rosales (2004) este comportamiento de *Helicotylenchus spp* se podría explicar debido a que *Helicotylenchus spp* es una especie ectoparásita, pero puede comportarse como endoparásito migratorio, el cual completa su ciclo en la raíz; lo cual también explica su aparición en raíz (Figura 4).

Es fundamental destacar que el género *Tylenchus spp* tuvo una frecuencia considerable (75%) en la Región Huetar Norte de Costa Rica; sin embargo no es considerado importante dado que generalmente se les cataloga como nemátodos no patogénicos (Norton, 1978).

También es importante mencionar que las densidades de población de todas las especies disminuyen considerablemente conforme aumenta la profundidad de muestreo, la mayor parte de los nemátodos se localiza en los primeros 15 cm de profundidad, esto según estudios realizados por López (1981).

5.3.2. Densidad promedio de nemátodos fitoparásitos presentes en 100 g. de Suelo en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*) en la región Huetar Norte de Costa Rica.

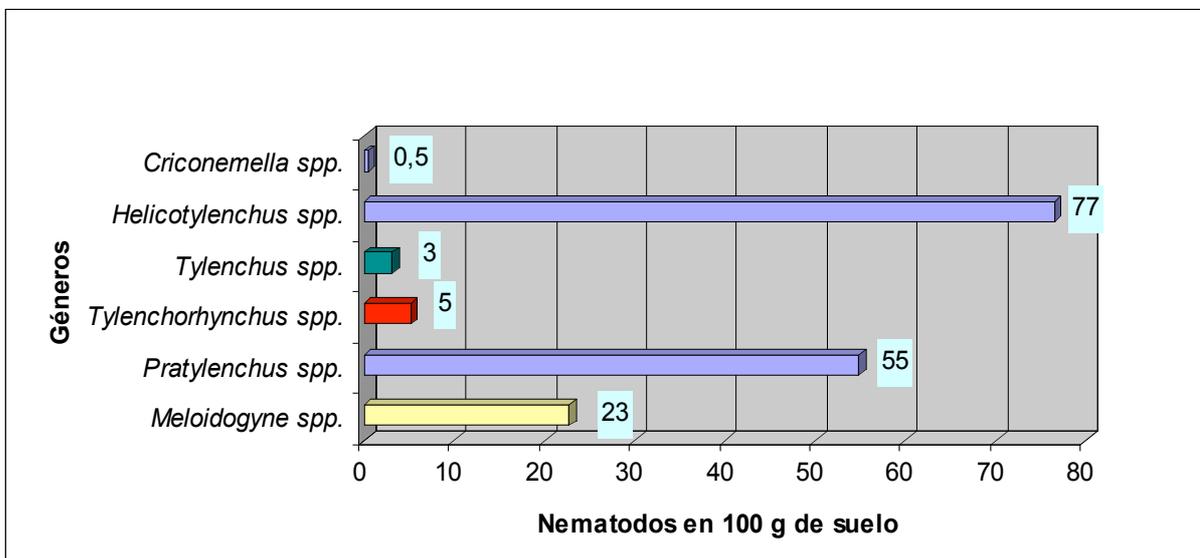


Figura 5. Densidad promedio de nemátodos fitoparásitos presentes en 100 g. de suelo en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*) en la Región Huetar Norte de Costa Rica, 2006.

5.4. Comparación de dos sistemas de producción de arroz (*Oryza sativa*): MAP (Manejo de Alta Productividad) y Convencional (tradicional) en la región Huetar Norte de CR

En la Figura 6, se puede observar que los Tratamientos MAP (Manejo de Alta Productividad) mostraron la mayor densidad poblacional promedio para dos de los tres géneros determinados en raíz; la densidades fueron de 46.039 y 43.224 nemátodos en 100 gramos de raíz, para los géneros *Pratylenchus spp* y *Meloidogyne spp* respectivamente.

Por otra parte *Helicotylenchus spp* mostró un comportamiento inferior al convencional (341 nemátodos en 100 gramos de raíz) (Figura 6).

A excepción de *Helicotylenchus spp* y de acuerdo a los datos obtenidos, es posible conjeturar en función de la densidad poblacional promedio que los

tratamientos MAP son más susceptibles que los Testigos (Manejo convencional) (Figura 6).

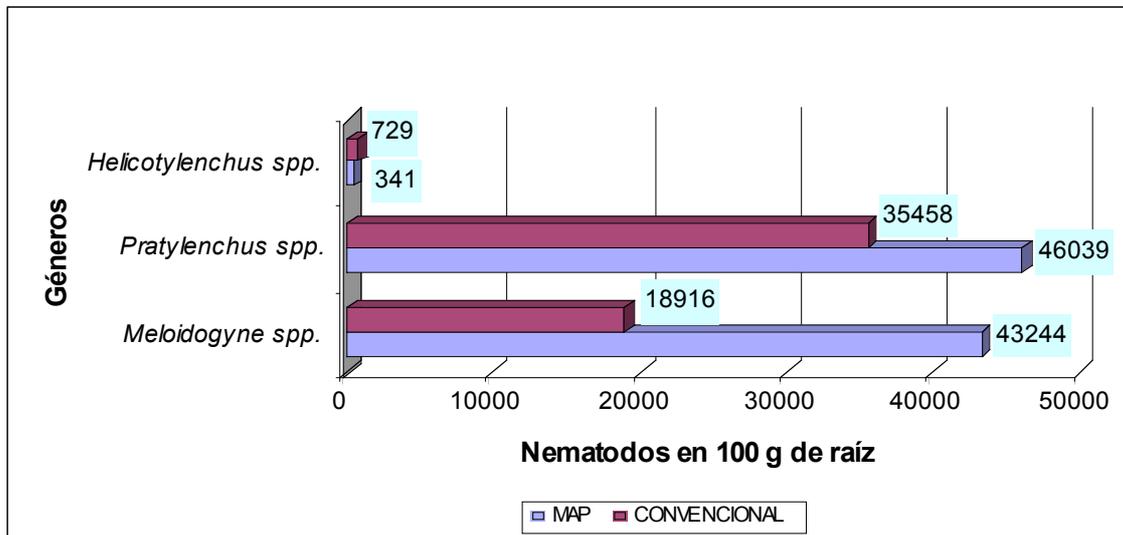


Figura 6. Densidad de nemátodos fitoparásitos presentes en 100 g. de raíz en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*) en el tratamiento MAP y Convencional en la Región Huetar Norte de Costa Rica, 2006.

En la Figura 7, se puede observar que los Tratamientos MAP (Manejo de Alta Productividad) mostraron la mayor densidad poblacional promedio para los géneros *Helicotylenchus spp* y *Pratylenchus spp*. Las densidades fueron de 109 y 61 nematodos en 100 gramos de suelo respectivamente; por lo tanto se puede apreciar que este comportamiento difiere con los testigos (Manejo convencional).

Para los géneros *Meloidogyne spp*, *Tylenchorhynchus spp*, *Tylenchus spp* y *Croconomella spp* el comportamiento entre ambos tratamientos fue muy similar (Figura 7).

Así mismo debemos de tomar en cuenta que el Manejo de Alta Productividad (MAP) es el sistema de producción de arroz en el cual se da una aplicación distinta de los fertilizantes necesarios por el cultivo de arroz y la forma de aplicación de los fertilizantes se da en tres etapas de la siguiente manera: el 33% de N y el 100% P_2O_5 a la siembra, en una segunda fertilización se aplica 50 % de K_2O y 33 % de N, y en una tercera aplicación de fertilizantes se aplica el 50 % de K_2O y el 34 % de N (Arce, 2006).

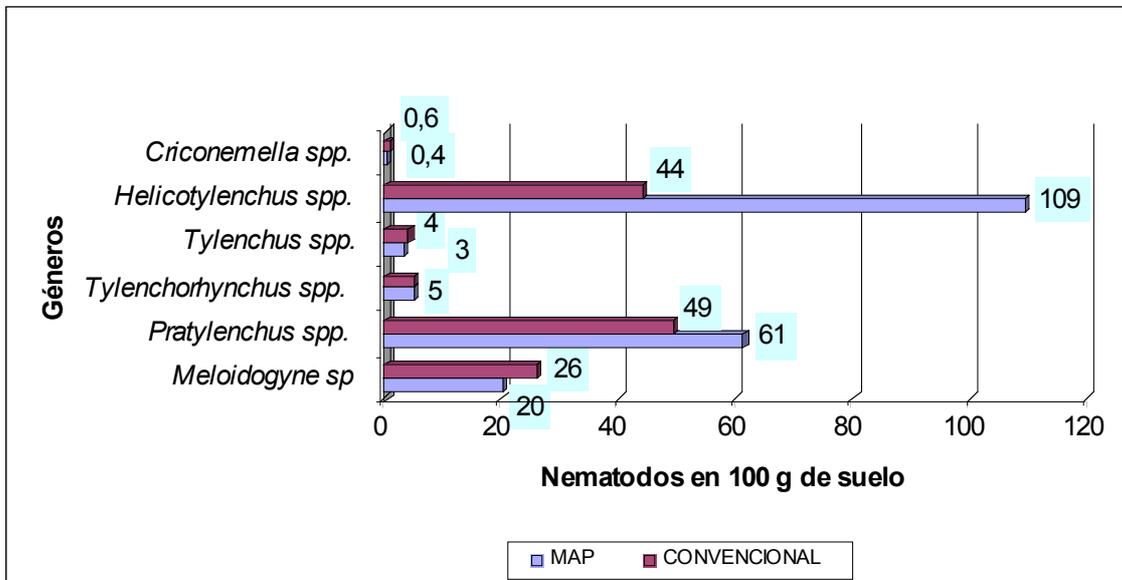


Figura 7. Densidad de nemátodos fitoparásitos presentes en 100 g. de suelo en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*) en el tratamiento MAP y Convencional en la Región Huetar Norte de Costa Rica, 2006.

6. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados alcanzados en este trabajo se puede concluir lo siguiente:

- Los géneros de nemátodos que están asociados al cultivo de Arroz en la región Huetar Norte de Costa Rica son: *Pratylenchus*, *Meloidogyne*, *Helicotylenchus*, *Tylenchorhynchus*, *Tylenchus* y *Criconomella*.
- En raíz es importante señalar las frecuencias de *Pratylenchus spp* (100%), *Meloidogyne spp* (95,83%) y *Helicotylenchus spp* (79,17%).
- Las mayores densidades poblacionales en raíz las presentaron los géneros *Pratylenchus spp* (40.748 nemátodos/100g. raíz), *Meloidogyne spp* (31.080 nemátodos/100g. raíz) y *Helicotylenchus spp* (535 nemátodos/100g. raíz).
- Debido a sus densidades poblacionales se debe retomar importancia de *Pratylenchus spp* y *Meloidogyne spp* como posibles patologías del cultivo.
- Se encontró que *Helicotylenchus spp* fue el nemátodo más común en los suelos arroceros de la región Huetar Norte de Costa Rica.
- A nivel de suelo cabe destacar las frecuencias de *Helicotylenchus spp* (95,83%), *Pratylenchus spp* (91,67%) y *Meloidogyne spp* (87,5%).
- *Tylenchorhynchus spp*, *Tylenchus spp* y *Criconomella spp* no se consideraron como problemas dentro del cultivo de arroz.

7. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados y conclusiones alcanzados en este trabajo se puede recomendar lo siguiente:

- Realizar estudios de invernadero y/o micro-parcelas en los que se estudie el efecto que tienen diferentes densidades de *Pratylenchus spp*, *Meloidogyne spp* y *Helicotylenchus spp* sobre el crecimiento del arroz, tanto en forma aislada como en mezcla de dos o más especies. Esto con el fin de determinar con precisión su posible papel como patógenos de este importante cultivo en Costa Rica.
- Realizar estudios específicos sobre *Pratylenchus spp*, *Meloidogyne spp* y *Helicotylenchus spp* y sus efectos en la producción arrocera.
- Determinar el impacto del manejo agronómico sobre las poblaciones de nemátodos, especialmente en los tratamientos MAP. Así mismo emplear para ello un adecuado diseño experimental.
- Determinar la dinámica poblacional por género en la zona para definir las épocas de aplicación mas adecuadas para el cultivo.
- Se recomienda diseñar un método o técnica de control sin olvidar que el cultivo debe mantener y restablecer su equilibrio de suelo y su medio ambiente. El control por método químico y manejo agronómico es quizá el más recomendado de manera que las poblaciones puedan ser manejadas hasta un nivel que los daños causados en las plantas y las pérdidas sean las mínimas.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Arce, O. 2006. CONARROZ (Corporación Arroceras Nacional) Sede Huetar Norte, San Carlos. Costa Rica. (Comunicación Personal).
2. CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza), 2006. Revista: Manejo Integrado de Plagas No. 52 (en línea). Consultado el 23 Jun. 2006. Disponible en: web.catie.ac.cr/informacion/RMIP/rmip52/nht52-1.htm
3. Christie, J R. 1974. Nemátodos de los Vegetales su Ecología y Control. Ed. Limusa. Mexico. 275 p.
4. Chandler, R. 1984. Arroz en los trópicos. San José, CR. IICA. 304 p.
5. Chávez, G. 1992. El cultivo del arroz: Curso de Granos Básicos. San Carlos, C.R., ITCR. 50 p.
6. CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1985. Arroz: Investigación y Producción. Cali, Colombia. p. 90 – 96.
7. CONARROZ (Corporación Arroceras Nacional, CR). 2004. Informe Anual Estadístico 2002/2003. San José, CR. 63 p.
8. CONITTA (Comisión Nacional de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria, CR). 1991. Arroz. San José. CR. 44 p.
9. Datta, S. 1986. Fertilización del Arroz, fundamentos y prácticas. México, DF. s.e. 72 p.

10. DGETA (Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria). 1982. Arroz: Manuales para Educación Agropecuaria. Churubusco, México. 62 p.
11. Esquivel, A. 2005. Manual de identificación de géneros de nemátodos importantes en Costa Rica. Universidad Nacional. 50 p.
12. Fernández, M; Ortega, J.1982. Comportamiento de las poblaciones de nemátodos fitoparásitos en plátano enano Cavendish. Ciencias de la Agricultura, 13:7-17
13. Fernández, O; Quesada, A; Perlaza, F. 2002. Principales nemátodos asociados a los cultivos de Costa Rica (en línea). Ministerio de agricultura y ganadería servicio fitosanitario del estado diagnóstico fitosanitario. San José, Costa Rica. Consultado el 23 Jun 06. Disponible en: <http://www.protecnet.go.cr/plagas/listanematodos.htm>
14. Figueroa, A. 1973. Estudio morfométrico y biológico sobre el nemátodo cecidógeno del arroz *Hypsooperine sp.* (Nematoda: Heteroderidae) y pruebas de susceptibilidad al mismo de once variedades y una línea de arroz (*Oriza sativa* L.). Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica, Universidad, Facultad de Agronomía, 51p.
15. González, J. 1982. Origen, taxonomía y anatomía de la planta de arroz (*Oryza sativa* L.). Investigación y Producción. Cali, CO, CIAT. p. 47 – 64.
16. González, L. 1978. Nemátodos fitoparásitos asociados con la rizosfera de arroz y maíz en varias zonas agrícolas de Costa Rica. Agronomía Costarricense 2(2): 171-173.
17. Grist, D. 1982. Arroz. México, DF, Editorial Continental. 715 p.
18. Hutton, D.1978. Influence on rainfall on some plantain nematodes in Jamaica. Nematropica. 8(2):34-39.

19. InfoAgro (Información técnica agrícola). 2002. El cultivo del arroz. Consultado el 11 de octubre del 06. Disponible en: <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm>
20. Jennings, P; Coffman, W; Kauffman, H. 1981. Mejoramiento de arroz. Cali, Colombia, CIAT. 237 p.
21. Jennings, P. 1985. El mejoramiento del arroz. Investigación y Producción. Cali, Colombia, CIAT. p. 205 – 235.
22. Jiménez, M. 1972. Fluctuaciones anuales de la población de *Radopholus similis* en la zona bananera de Pococí, Costa Rica. Nematológica. 2(2):33-40.
23. Jiménez, A. 1991. Determinación de la Densidad poblacional de Nematodos fitoparásitos asociados al cultivo del Plátano (*Musa AAB*) en La Región Huetar Norte. Informe Bach. Ing. Agr. San Carlos, Costa Rica. ITCR. 53p.
24. Johnson, G W. 1985. Specific crop rotation effects combined with cultural practices and nematicides. Pages 283-301 in: An Advanced Treatise on Meloidogyne. Volume I: Biology and Control.
25. Kerry, B. y Muller, L. 1980. Fungal parasites of some plant parasites nematodes. Nematológica.
26. López, R; Salazar, L.; Azofeifa, J. 1987. Nematodos asociados al arroz (*Oriza sativa* L.) en Costa Rica. V. Frecuencia y densidades poblacionales en las principales zonas productoras. Agronomía Costarricense. 11(2):215-220.
27. López, R. 1981. Distribución espacial de nemátodos del Arroz después de la cosecha en el Sureste de Costa Rica. Agronomía Costarricense. 5(1/2):49-53.

28. MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, CR). 1991. Aspectos Técnicos sobre Cuarenta y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica (en línea). Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica. 1991. Consultado 22 Jun 06. Disponible en: http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/indice_documentos_texto_completo.html#MRC0000000000001537
29. MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, CR). 1998. Descripción de la Región Huetar Norte de Costa Rica (en línea). Consultado 13 Dic 06. Disponible en: http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/memoria98_norte.pdf
30. Mai, W F. y Lyon, H H. 1960. Pictorial key to genera of plant-parasitic nematodes. Edit: Comstock Publishing Associates.
31. Manser, P. 1968. *Meloidogyne graminicola*: a cause of root-knot of rice. F.A.O. Plant Protection Bulletin 16 (1):11.
32. Marbán, M. 1987. Fitonematología: Manual de Laboratorio. Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza. Turrialba, C. R.
33. Monge, L. 1987. Cultivo de Arroz. San José, CR, EUNED. 145 p.
34. Montero, E. 1993. Dinámica poblacional de Nemátodos utilizando diferentes materiales de siembra en plátano (*Musa AAB*). Informe Bach. Ing. Agr. San Carlos, Costa Rica. ITCR. 57p.
35. Morera, G. 1990. II curso regional de fitonematología. AID-ROCAP. CATIE (Centro Agronómico Tropical de investigación y enseñanza). Turrialba, Costa Rica. 70p.
36. Murillo, J. 1982. Manual de Producción de Arroz de Secano en Costa Rica. 2 ed. Compañía Costarricense de Café. San José, CR. 115 p.

37. Academia Nacional de Ciencias. 1978. Control de Nemátodos parásitos de plantas. Limusa, México. 209 p.
38. Naranjo R y Campos, J. 2005. Diagnóstico de nemátodos fitoparásitos en el cultivo de arroz, en tres zonas productoras, pacífico centrales, Región Brunca y Región Chorotega de Costa Rica. INTA (Instituto Nacional de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria). Costa Rica.
39. Norton, D C. 1978. Ecology of plant-parasitic nemátodos, New York, Wiley. 268p.
40. Radewald, J D; Takeshita, G. 1964. Desiccation studies on five species of plant-parasitic nematodes of Hawaii. *Phytopathology* 54: 903-904.
41. Ramírez, J. 2001. Comportamiento Agronómico, Productivo e Industrial de Arroz (*Oriza sativa*) Variedad SETESA-9 en La Vega, San Carlos, Costa Rica. Informe Bach. Ing. Agr. San Carlos, Costa Rica. ITCR. 69p.
42. Reynolds, W; Sleet, B. 1955. Root knot nematode infestation as influenced by soil texture. *Soil Science*. 80:459-461.
43. Rivas, A. W. 2002. Manual técnico: Nemátodos asociados a limón pérsico y otros cítricos en fincas de El Salvador. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. P 49
44. Román, J. 1978. Fitonematología Tropical. Universidad de Puerto Rico. Estación Experimental Agrícola. Río Piedras. Puerto Rico. Pp 7-8, 21, 141-158.
45. Rodríguez-Cabana. 1984. Effectiveness of species of *Gliocadium*, *Paecilomyces* and *Verticillium* for control of *Meloidogyne arenaria* in field soil, *Nematropica*, 14(2): 155-170.

46. Ruiz, S. 1983. Prueba de adaptabilidad, rendimiento en granza, calidad molinera y culinaria de variedades y líneas promisorias de arroz (*Oryza sativa* L.). Tesis, Licenciatura en Agronomía. Guanacaste, CR, UCR.74 p.
47. Sancho, C; Salazar, L. 1985. Nemátodos parásitos del arroz (*Oriza sativa* L.) en el sureste de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 9(2): 161-163.
48. Sancho, C; Salazar, L.; López, R. 1987. Efecto de la densidad inicial del inóculo sobre la patogenicidad de *Meloidogyne salasi* en tres cultivares de arroz. *Agronomía Costarricense* 11(2):233-238.
49. SIRZEE, 2006. Sistema de información regional zona económica especial. Información geográfica. Ambiente (en línea). Consultado el 20 jun. 2006. Disponible en: <http://www.sirzee.itcr.ac.cr/modules.php?op=modload&name=Mapas&file=index&req=ambiente#Clima>
50. Stirling, G. y Mankau, R. 1979. Mode of parasitism of *Meloidogyne* and others nematode eggs by *Dactylella oviparasitica*. *Journ. of Nematology*, 69: 806-809.
51. Suárez, H. y Rosales, L. 2004. Problemas nematológicos en musáceas. *Revista Digital CENIAP HOY* Número 6, septiembre-diciembre 2004 (en línea). Maracay, Aragua, Venezuela. Consultado 20 jun. 2006. Disponible en: www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n6/arti/suarez_z/arti/suarez_z.htm
52. Sudha, S. y Prabhoo, N. 1983. *Meloidogyne* (Nematoda : Meloidogynidae) induced root galls of the banana plant *Musa paradisiaca* a study of histopathology. *Proceedings of the Indian Academy of Sciences. Animal Sciences* 92 : 467-473.

53. Tarte, R. 1980. La importancia del conocimiento de la biología y comportamiento de los nemátodos parásitos del banano en el desarrollo de nematodos eficientes de control. Proyecto UNCTAD/PNUD/UPEB.16p.
54. Tinareli, A. 1989. El Arroz. Mundi Prensa. Madrid, España. 575 p.
55. Union Carabidae Agricultural. Sf. Los nemátodos y su control.39p.
56. Universidad de Filipinas, 1975. Cultivo del Arroz. Manual de Producción. México, LIMUSA. 426 p.
57. Zuckerman, B. M. ; Mai, W. F.; Krusberg, L.R. 1990. Plant Nematology Laboratory Manual. Traducido y editado al español por Nahum Marban Mendoza.Universidad autónoma de Chapingo.Mexico.

9. ANEXOS

Cuadro 1A. Géneros y densidades de nemátodos encontrados en 100 gramos de raíz para todas las fincas muestreadas en la Región Huetar Norte de Costa Rica, 2006.

Nematodos en 100 g de Raíz			
Código Finca	<i>Meloidogyne spp.</i>	<i>Pratylenchus spp.</i>	<i>Helicotylenchus spp.</i>
F1ZN090806.TEST	676	33956	142
F1ZN090806.MAP	4231	106062	1280
F2ZN230806.TEST	107	49209	284
F2ZN230806.MAP	0	15893	320
F3ZN230806.TEST	4444	7076	0
F3ZN230806.MAP	1173	7858	71
F4ZN230806.TEST	46613	4907	36
F4ZN230806.MAP.1	33849	9493	36
F4ZN230806.MAP.2	96498	16533	213
F5ZN230806.TEST	533	4409	0
F6ZN300806.TEST	66667	79680	462
F6ZN300806.MAP	126542	78222	249
F1ZN031006.TEST	6293	51093	1422
F1ZN031006.MAP	5689	65173	533
F2ZN031006.TEST	533	119929	5440
F2ZN031006.MAP	27769	57102	853
F3ZN031006.TEST	84622	48889	107
F3ZN031006.MAP	3769	23929	107
F4ZN031006.MAP	57280	25067	213
F5ZN031006.TEST	10418	36	0
F7ZN031006.TEST	107	19164	853
F7ZN031006.MAP	79147	21902	213
F6ZN061006.TEST	5973	7147	0
F6ZN061006.MAP	82987	125227	0
PROMEDIO	31.080	40.748	535

Cuadro 2A. Géneros y densidades de nemátodos encontrados en 100 gramos de suelo para todas las fincas muestreadas en la Región Huetar Norte de Costa Rica, 2006.

Nematodos en 100 g de Suelo						
Código Finca	<i>Meloidogyne</i> spp.	<i>Pratylenchus</i> spp.	<i>Helicotylenchus</i> spp.	<i>Tylenchorhynchus</i> spp.	<i>Tylenchus</i> spp.	<i>Criconemella</i> spp.
F1ZN090806.TEST	1	100	64	1	3	0
F1ZN090806.MAP	3	119	317	13	13	0
F2ZN230806.TEST	0	96	101	13	3	0
F2ZN230806.MAP	0	24	93	11	3	0
F3ZN230806.TEST	9	1	1	0	0	0
F3ZN230806.MAP	0	0	0	1	1	0
F4ZN230806.TEST	23	9	20	3	0	0
F4ZN230806.MAP.1	8	4	29	1	0	1
F4ZN230806.MAP.2	3	7	16	3	1	0
F5ZN230806.TEST	11	11	9	3	0	0
F6ZN300806.TEST	15	101	32	9	5	1
F6ZN300806.MAP	28	67	100	8	3	3
F1ZN031006.TEST	4	95	104	11	15	3
F1ZN031006.MAP	9	105	29	12	5	1
F2ZN031006.TEST	7	105	136	9	5	0
F2ZN031006.MAP	28	284	593	9	4	0
F3ZN031006.TEST	211	37	23	7	4	1
F3ZN031006.MAP	17	19	3	0	0	0
F4ZN031006.MAP	29	64	99	1	0	0
F5ZN031006.TEST	20	0	1	0	1	0
F7ZN031006.TEST	3	19	36	0	3	0
F7ZN031006.MAP	61	15	4	0	1	0
F6ZN061006.TEST	8	13	5	4	4	1
F6ZN061006.MAP	49	23	20	5	1	0
PROMEDIO	23	55	77	5	3	0,5

Cuadro 3A. Frecuencias de Géneros de nemátodos presentes en raíz y suelo en el cultivo de arroz, Región Huetar Norte de Costa Rica, 2006.

Frecuencia de presencia						
Género	<i>Meloidogyne spp.</i>	<i>Pratylenchus spp.</i>	<i>Helicotylenchus spp.</i>	<i>Tylenchorhynchus spp.</i>	<i>Tylenchus spp.</i>	<i>Criconemella spp.</i>
Frecuencia Raíz	95,83%	100%	79,17%	0%	0%	0%
Frecuencia Suelo	87,50%	91,67%	95,83%	79,17%	75%	29,17%

Cuadro 4A. Descripción básica del manejo Convencional Vrs. MAP (Manejo de Alta Productividad) para la región Huetar Norte de Costa Rica, 2006.

Manejo	Semilla kg/Ha	Variedad	Tipo de Siembra (Convencional o mínima)	Distancia entre Surco
Convencional	90	CR 4477	Labranza mínima	15 cm.
		CR 2515		
		FEDEARROZ 50		
MAP	125	CR 4477	Labranza mínima	15 cm.
		CR 2515		

Fuente: Arce, 2006.

Cuadro 5A. Géneros y densidades de nemátodos encontrados en 100 gramos de raíz para las fincas muestreadas en el cantón de Upala, Costa Rica, 2006.

Nematodos en 100 g de Raíz			
Código Finca	<i>Meloidogyne spp.</i>	<i>Pratylenchus spp.</i>	<i>Helicotylenchus spp.</i>
F2ZN230806.TEST	107	49209	284
F2ZN230806.MAP	0	15893	320
F3ZN230806.TEST	4444	7076	0
F3ZN230806.MAP	1173	7858	71
F4ZN230806.TEST	46613	4907	36
F4ZN230806.MAP.1	33849	9493	36
F4ZN230806.MAP.2	96498	16533	213
F5ZN230806.TEST	533	4409	0
F2ZN031006.TEST	533	119929	5440
F2ZN031006.MAP	27769	57102	853
F3ZN031006.TEST	84622	48889	107
F3ZN031006.MAP	3769	23929	107
F4ZN031006.MAP	57280	25067	213
F5ZN031006.TEST	10418	36	0
PROMEDIO	26.258	27.881	549

Cuadro 6A. Géneros y densidades de nemátodos encontrados en 100 gramos de suelo para las fincas muestreadas en el cantón de Upala, Costa Rica, 2006.

Nematodos en 100 g de Suelo						
Código Finca	<i>Meloidogyne spp.</i>	<i>Pratylenchus spp.</i>	<i>Helicotylenchus spp.</i>	<i>Tylenchorhynchus spp.</i>	<i>Tylenchus spp.</i>	<i>Criconebella spp.</i>
F2ZN230806.TEST	0	96	101	13	3	0
F2ZN230806.MAP	0	24	93	11	3	0
F3ZN230806.TEST	9	1	1	0	0	0
F3ZN230806.MAP	0	0	0	1	1	0
F4ZN230806.TEST	23	9	20	3	0	0
F4ZN230806.MAP.1	8	4	29	1	0	1
F4ZN230806.MAP.2	3	7	16	3	1	0
F5ZN230806.TEST	11	11	9	3	0	0
F2ZN031006.TEST	7	105	136	9	5	0
F2ZN031006.MAP	28	284	593	9	4	0
F3ZN031006.TEST	211	37	23	7	4	1
F3ZN031006.MAP	17	19	3	0	0	0
F4ZN031006.MAP	29	64	99	1	0	0
F5ZN031006.TEST	20	0	1	0	1	0
PROMEDIO	26	47	80	4	2	0,2

Cuadro 7A. Géneros y densidades de nemátodos encontrados en 100 gramos de raíz para las fincas muestreadas en el cantón de Los Chiles, Costa Rica, 2006.

Nematodos en 100 g de Raíz			
Código Finca	<i>Meloidogyne spp.</i>	<i>Pratylenchus spp.</i>	<i>Helicotylenchus spp.</i>
F1ZN090806.TEST	676	33956	142
F1ZN090806.MAP	4231	106062	1280
F1ZN031006.TEST	6293	51093	1422
F1ZN031006.MAP	5689	65173	533
F7ZN031006.TEST	107	19164	853
F7ZN031006.MAP	79147	21902	213
PROMEDIO	16.024	49.559	741

Cuadro 8A. Géneros y densidades de nemátodos encontrados en 100 gramos de suelo para las fincas muestreadas en el cantón de Los Chiles, Costa Rica, 2006.

Nematodos en 100 g de Suelo						
Código Finca	<i>Meloidogyne spp.</i>	<i>Pratylenchus spp.</i>	<i>Helicotylenchus spp.</i>	<i>Tylenchorhynchus spp.</i>	<i>Tylenchus spp.</i>	<i>Criconemella spp.</i>
F1ZN090806.TEST	1	100	64	1	3	0
F1ZN090806.MAP	3	119	317	13	13	0
F1ZN031006.TEST	4	95	104	11	15	3
F1ZN031006.MAP	9	105	29	12	5	1
F7ZN031006.TEST	3	19	36	0	3	0
F7ZN031006.MAP	61	15	4	0	1	0
PROMEDIO	14	75	92	6	7	0,7

Cuadro 9A. Géneros y densidades de nemátodos encontrados en 100 gramos de raíz para la finca muestreada en el cantón de San Carlos, Costa Rica, 2006.

Nematodos en 100 g de Raíz			
Código Finca	<i>Meloidogyne</i> <i>spp.</i>	<i>Pratylenchus</i> <i>spp.</i>	<i>Helicotylenchus</i> <i>spp.</i>
F6ZN300806.TEST	66667	79680	462
F6ZN300806.MAP	126542	78222	249
F6ZN061006.TEST	5973	7147	0
F6ZN061006.MAP	82987	125227	0
PROMEDIO	70.542	72.569	178

Cuadro 10A. Géneros y densidades de nemátodos encontrados en 100 gramos de suelo para la finca muestreada en el cantón de San Carlos, Costa Rica, 2006.

Nematodos en 100 g de Suelo						
Código Finca	<i>Meloidogyne</i> <i>spp.</i>	<i>Pratylenchus</i> <i>spp.</i>	<i>Helicotylenchus</i> <i>spp.</i>	<i>Tylenchorhynchus</i> <i>spp.</i>	<i>Tylenchus</i> <i>spp.</i>	<i>Criconemella</i> <i>spp.</i>
F6ZN300806.TEST	15	101	32	9	5	1
F6ZN300806.MAP	28	67	100	8	3	3
F6ZN061006.TEST	8	13	5	4	4	1
F6ZN061006.MAP	49	23	20	5	1	0
PROMEDIO	25	51	39	7	3	1,3