

**IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE  
DENSIDADES POBLACIONALES DE NEMATODOS ASOCIADOS  
AL CULTIVO DEL ARROZ (*Oryza sativa* L) EN LA REGIÓN  
HUETAR NORTE (CANTÓNES DE LOS CHILES Y SAN CARLOS)  
DE COSTA RICA**

**ERICK ARAYA BLANCO**

Trabajo final de graduación presentado a la Escuela de Agronomía  
como requisito parcial para optar al grado de Licenciatura  
en Ingeniería en Agronomía

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

**AÑO 2008**

**IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE  
DENSIDADES POBLACIONALES DE NEMATODOS ASOCIADOS  
AL CULTIVO DEL ARROZ (*Oryza sativa* L) EN LA REGIÓN  
HUETAR NORTE (CANTONES DE LOS CHILES Y SAN CARLOS)  
DE COSTA RICA**

**ERICK ARAYA BLANCO**

**Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador:**

Ing. Agr. Joaquín Durán Mora, MSc.

\_\_\_\_\_

Asesor

Ing. Agr. Tomás Guzmán Hernández, PhD.

\_\_\_\_\_

Jurado

Ing. Agr. Carlos Muñoz Ruiz, PhD.

\_\_\_\_\_

Jurado

Ing. Agr. Fernando Gómez Sánchez, MAE.

\_\_\_\_\_

Coordinador

Trabajos Finales de Graduación

Ing. Agr. Arnoldo Gadea Rivas, MSc .

\_\_\_\_\_

Director

Escuela de Agronomía

**2008**

## **DEDICATORIA**

En primer lugar le dedico este trabajo a Dios Todopoderoso por las bendiciones que me ha brindado.

A mis padres Eddie Araya Carvajal y María Leticia Blanco Acuña por sus sabios consejos y apoyo brindados durante mi formación profesional y persona, por ser ejemplo de vida, alegría y perseverancia.

Mis hermanos Cindy Araya Blanco y Ronny Araya Blanco, gracias por todos los momentos compartidos y por esa hermandad que tanto nos une, ojala nunca se pierda.

A mi hija Kiara Pamela Araya Rodríguez, que es la luz de mi vida, por todos los momentos de alegría que me has dado durante estos primeros meses de vida.

## **AGRADECIMIENTO**

Al Dr. Tomás Guzmán Hernández por su apoyo, colaboración, aceptación y confianza en la realización de este trabajo realizado en el Laboratorio de Nematodos del ITCR Sede San Carlos.

Agradezco al Ingeniero Rolando Araya Mejías por su amplia dedicación y guía durante la elaboración de este trabajo, al Ingeniero Joaquín Durán Mora, por su dedicación, responsabilidad y apoyo durante todo el desarrollo de este trabajo de investigación.

Al Dr. Jorge Camacho por su ayuda en el análisis estadístico brindado durante la elaboración de este proyecto de investigación.

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

A los funcionarios de investigación de CONARROZ de la Región Huetar Norte por su colaboración en la ubicación de las fincas, toma de muestras, información, y facilidades brindadas en el desarrollo de este trabajo.

## Tabla De Contenido

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>i</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>ii</b>
<b>TABLA DE CONTENIDO .....</b>	<b>iii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>xii</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>xvi</b>
<b>SUMMARY.....</b>	<b>xviii</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
1.1.1 Objetivo general .....	3
1.1.2 Objetivos específicos .....	3
<b>3. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
3.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO DE ARROZ.....	4
3.1.1 Origen .....	4
3.1.2 Taxonomía .....	4
3.1.3 Morfología .....	5
3.1.4 Órganos vegetativos .....	5
3.1.4.1 Raíz .....	5
3.1.4.2 Tallo .....	5
3.1.4.3 Hojas .....	6
3.1.5 Órganos florales.....	6
3.1.5.1 Panícula.....	6
3.1.5.2 Espiguillas.....	6
3.1.6 Fases de desarrollo .....	7
3.1.6.1 Fase vegetativa.....	7

3.1.6 .2 Etapa 0:.....	7
3.1.6.3 Etapa 1. Plántula.....	7
3.1.6 .4 Etapa 2. Macollamiento.....	7
3.1.6 .5 Etapa 3. Elongación del tallo.....	7
3.1.2 Fase reproductiva .....	7
3.1.2.1 Etapa 4. Iniciación de la panícula .....	8
3.1.2.2 Etapa 5. Desarrollo de panícula.....	8
3.1.2.3 Etapa 6. Floración.....	8
3.1.2.4 Etapa 7. Estado lechoso .....	8
3.1.2.5 Etapa 8. Estado pastoso.....	8
3.1.2.6 Etapa 9. Maduración.....	8
3.1.7 Ecología del cultivo.....	8
3.1.8 Variedades del cultivo Arroz ( <i>Oryza sativa</i> ).....	11
3.2 Enfermedades del arroz más frecuentes en Costa Rica .....	12
3.2.1 AÑUBLO DE LA VAINA O RHIZOCTONIA:.....	12
3.2.2 PYRICULARIA:.....	12
3.2.3 VIRUS DE LA HOJA BLANCA (VHB):.....	12
3.2.4 HELMINTHOSPORIUM:.....	13
3.3 Área de siembra de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ) en la Región de los Cantones de Los Chiles y San Carlos .....	13
3.4 Nematodos asociados al cultivo del arroz ( <i>Oryza sativa</i> ).....	14
3.4.1 <i>Helicotylenchus</i> spp .....	15
3.4.1 <i>Pratylenchus</i> spp .....	16
3.5 Otros Nematodos relacionados al cultivo de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ).....	16

3.5.1 <i>Hirschmaniella orizae</i> .....	16
3.5.2 <i>Ditylenchus angustus</i> .....	16
3.5.3 <i>Aphelenchoides besseyi</i> .....	16
3.5.4 <i>Meloidogyne graminicola</i> , <i>M. incognita</i> , <i>M. javanica</i> y <i>M. arenaria</i> : .....	17
3.5.5 <i>Pratylenchus indicus</i> y <i>Pratylenchus zaeae</i> : .....	17
3.6 Lista de los nematodos asociados al cultivo de Arroz ( <i>Oryza sativa</i> ) en Costa Rica .....	18
- <i>Aphelenchoides besseyi</i> .....	18
- <i>Criconemella</i> spp. ....	18
- <i>Helicotylenchus</i> spp.....	18
- <i>Hirschmaniella oryzae</i> .....	18
- <i>Longidorus</i> spp. ....	18
- <i>Meloidogyne arenaria</i> .....	18
- <i>Meloidogyne exigua</i> .....	18
- <i>Meloidogyne incógnita</i> .....	18
- <i>Meloidogyne salasi</i> .....	18
- <i>Pratylenchus zaeae</i> .....	18
3.7 Ciclo de vida de los nematodos .....	19
3.8 Factores que afectan el desarrollo y reproducción de los nematodos .....	21
3.8.1 Las condiciones de Suelo .....	21
3.8.2 Humedad en el suelo .....	21
3.8.3 Temperatura .....	21
3.8.4 Tipo de Suelo.....	22

3.9 Las condiciones de clima .....	22
3.10 Condición Fisiológica del Cultivo .....	23
3.11 Efecto de la edad de la plantas de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ) sobre la densidad de nematodos .....	24
3.12 Manejo de la fertilización de las plantaciones del arroz .....	24
3.13 Nematodos y su relación con el pH del suelo .....	25
3.14 Nematodos y contenido de minerales del suelo.....	25
3.15 Distribución de los nematodos en el suelo.....	27
3.16 Descripción de la Región Huetar Norte de Costa Rica .....	27
<b>4. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>28</b>
4.1 Ubicación para el cultivo de arroz: .....	28
4.2 Población Estudiada .....	29
4.3 Croquis de la toma de muestras. ....	30
4.4 Toma de muestras para el conteo de nematodos.....	31
4.4.1 Muestras de raíces de arroz .....	31
4.5 Variables evaluadas.....	32
4.6 Análisis químico del suelo.....	32
4.7 Manejo de la fertilización de las fincas muestreadas de arroz .....	33
<b>5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>35</b>
5.1. Géneros de nematodos identificados en las fincas muestreadas en de raíz y suelo, asociados al cultivo de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ).....	35
5.2 Presencia de nematodos fitoparásitos en raíz y suelo, presentes en el cultivo del arroz ( <i>Oryza sativa</i> ) muestreados en cinco fincas situadas en los Cantones de San Carlos y Los Chiles de la Región Huetar Norte de Costa Rica, 2007. ....	36

5.3 Estadística descriptiva .....	39
5.4 Dinámica poblacional de nematodos fitoparásitos presentes en raíz en el cultivo de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ) en los Cantones San Carlos y Los Chiles de Costa Rica, 2007 .....	43
5.4.1 Dinámica poblacional de nematodos fitoparásitos presentes en raíz en la Finca de Marconi .....	43
5.4.2 Dinámica poblacional de nematodos fitoparásitos presentes en raíz en la Finca Roger Murillo.....	44
5.4.3 Dinámica poblacional de nematodos fitoparásitos presentes en raíz en la Finca del productor Oscar Sancho. ....	46
5.4.4 Dinámica poblacional de nematodos fitoparásitos presentes en raíz en la Finca La Vega, Lote 1 del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR). ....	47
5.4.5 Dinámica poblacional de nematodos fitoparásitos presentes en raíz en la Finca La Vega, Lote 2 del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR). ....	49
5.5 Densidad promedio de nematodos fitoparásitos presentes en suelo, en el cultivo de arroz en los Cantones de San Carlos y de Los chiles de Costa Rica, 2007 .....	51
5.5.1 Densidad promedio de nematodos fitoparásitos presentes en suelo en la Finca de Marconi Rodríguez.....	51
5.5.2 Densidad promedio de nematodos fitoparásitos presentes en suelo en la Finca de Roger Murillo.....	52
5.5.3 Densidad promedio de nematodos fitoparásitos presentes en suelo en la Finca de Oscar Sancho. ....	54
5.5.4 Densidad promedio de nematodos fitoparásitos presentes en suelo en la Finca La Vega del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Lote 1.....	55
5.5.5 Densidad promedio de nematodos fitoparásitos presentes en suelo en la Finca La Vega del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Lote 2. 2007.....	57

5.6 Análisis de regresión lineal y múltiple, en la comparación de las cinco fincas que fueron muestreada, en el cultivo del arroz ( <i>Oryza sativa</i> ), en muestras de raíz y suelo, en los Cantones de San Carlos y Los Chiles de Costa Rica, 2007.....	59
5.6.1 Nematodos de la raíz vrs Días de siembra y Acidez extraíble .....	59
5.6.2 Nematodos de la raíz vrs Elementos químicos del suelo.....	60
5.6.3 Nematodos del suelo vrs Días de siembra y elementos químicos del suelo .....	64
5.7. Incidencia de los dos géneros de mayor importancia económica en el cultivo de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ), en los Cantones de San Carlos y Los Chiles, de Costa Rica, Junio a Noviembre 2007. ....	68
<b>6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>71</b>
<b>7. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>73</b>
<b>8. LITERATURA CONSULTADA y CITADA .....</b>	<b>74</b>
<b>9. ANEXOS .....</b>	<b>80</b>

## Lista de Cuadros

<b>Cuadro</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
<b>1</b>	Temperaturas críticas en el cultivo del arroz ( <i>Oryza sativa</i> ).....	<b>9</b>
<b>2</b>	Área de siembra de arroz en el Cantón de Los Chiles.....	<b>13</b>
<b>3</b>	Área de siembra de arroz en el Cantón de San Carlos.....	<b>14</b>
<b>4</b>	Datos de la Población estudiada.....	<b>29</b>
<b>5</b>	Estadística Descriptiva de los principales géneros de nematodos presentes en la raíz en cultivo de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ), Región Huetar Norte (Cantones de Los Chiles y San Carlos) en las cinco fincas muestreadas.....	<b>40</b>
<b>6</b>	Estadística Descriptiva de los principales géneros de nematodos presentes de suelo en cultivo de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ), Región Huetar Norte (Cantones de Los Chiles y San Carlos) en las cinco fincas muestreadas.....	<b>42</b>
<b>7</b>	Líneas de tendencia de ajuste para cada uno de los géneros y nematodos de Vida Libre presentes en la finca de Marconi Rodríguez.....	<b>44</b>
<b>8</b>	Líneas de tendencia de ajuste para cada uno de los géneros y nematodos de Vida Libre presentes en la finca de Roger Murillo.....	<b>45</b>

<b>9</b>	Líneas de tendencia de ajuste para cada uno de los géneros y nematodos de Vida Libre presentes en la finca de Marconi Oscar Sancho.....	<b>47</b>
<b>10</b>	Datos estadísticos descriptivos sobre las poblaciones de nematodos presentes en la Finca La Vega, Lote 1 en muestras de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ).....	<b>48</b>
<b>11</b>	Líneas de tendencia de ajuste para cada uno de los géneros y nematodos de Vida Libre presentes en la finca La Vega del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Lote 2.....	<b>50</b>
<b>12</b>	Líneas de tendencia de ajuste para cada uno de los géneros y nematodos de Vida Libre presentes en la finca de Marconi Rodríguez.....	<b>52</b>
<b>13</b>	Datos estadísticos descriptivos sobre las poblaciones de nematodos presentes en la Finca Roger Murillo, en muestras de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ).....	<b>53</b>
<b>14</b>	Datos estadísticos descriptivos sobre las poblaciones de nematodos presentes en la Finca Oscar Sancho, en muestras de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ).....	<b>55</b>
<b>15</b>	Datos estadísticos descriptivos sobre las poblaciones de nematodos presentes en la Finca La Vega, Lote 1 en muestras de arroz( <i>Oryza sativa</i> ).....	<b>56</b>
<b>16</b>	Datos estadísticos descriptivos sobre las poblaciones de nematodos presentes en la Finca La Vega, Lote 2 en muestras de arroz( <i>Oryza sativa</i> ).....	<b>57</b>

<b>17</b>	Resultados de análisis de regresión lineal múltiples de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en raíz vrs variables cuantitativas (Días de siembra, pH, K, Ca, Mg, Acidez extraíble, P, Fe, Cu, Zn, Mn, K) en la Región Huetar Norte (Cantones de Los Chiles y San Carlos) de Costa Rica.....	<b>60</b>
<b>18</b>	Resultados de análisis de regresión lineal múltiples de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en raíz vrs variables cuantitativas (Días de siembra, pH, K, Ca, Mg, Acidez extraíble, P, Fe, Cu, Zn, Mn, K) en la Región Huetar Norte (Cantones de Los Chiles y San Carlos) de Costa Rica.....	<b>62</b>
<b>19</b>	Resultados de análisis de regresión lineal múltiples de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en suelo vrs variables cuantitativas (Días de siembra, pH, K, Ca, Mg, Acidez extraíble, P, Fe, Cu, Zn, Mn, K) en la Región Huetar Norte (Cantones de Los Chiles y San Carlos) de Costa Rica.....	<b>65</b>
<b>20</b>	Escala para la estimación de la incidencia del género <i>Pratylenchus</i> spp. en arroz ( <i>Oryza sativa</i> ), en muestras de raíz, en los cantones de San Carlos y de Los Chiles de la Región Huetar Norte 2007.....	<b>68</b>
<b>21</b>	Escala para la estimación de la incidencia del género <i>Meloidogyne</i> spp en arroz ( <i>Oryza sativa</i> ), en muestras de raíz, en los cantones de San Carlos y de Los Chiles de la Región Huetar Norte 2007.....	<b>70</b>

## Lista de Figuras

Figura	Título	Página
1	Ciclo de vida de nematodos (tomada de <a href="http://www.agronort.com/novedades/nematodoq/ciclo.html">http://www.agronort.com/novedades/nematodoq/ciclo.html</a> ).....	20
2	Zonas donde se ubica las diferentes fincas sembradas de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ) donde se sacaron muestras de raíces y suelo.....	28
3	Forma como se muestreo las diferentes fincas sembradas de arroz ( <i>Oryza Sativa</i> ), situadas en la Región Huetar Norte (Cantones de San Carlos y Los Chiles).....	30
4	Genero <i>Pratylenchus</i> spp encontrado en las Fincas muestreadas en el Cantón de Los Chiles, Costa Rica, 2007.....	35
5	Genero <i>Meloidogyne</i> spp, encontrado en los lotes de la Finca La Vega del ITCR, San Carlos, Costa Rica, 2007.....	35
6	Genero <i>Helicotylenchus</i> spp encontrado en las Fincas muestreadas de arroz, en Los Cantones de San Carlos y Los Chiles 2007.....	36
7	Nematodos de Vida Libre encontrados en todos los muestreos realizados en las cinco fincas, en Los Cantones de San Carlos y Los Chiles, 2007.....	36

<b>8</b>	Porcentaje de nemátodos fitoparásitos presentes en raíz y suelo presentes en el cultivo del arroz ( <i>Oryza sativa</i> ) muestreados en las cinco fincas situadas en los Cantones de San Carlos y Los Chiles de la Región Huetar Norte de Costa Rica 2007.....	<b>37</b>
<b>9</b>	Porcentaje relativo de géneros predominantes en muestras de raíz, en las fincas muestreadas de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ), en los Cantones de San Carlos y Los Chiles de Alajuela. Junio -Noviembre, 2007.....	<b>38</b>
<b>10</b>	Porcentaje relativo de géneros predominantes en muestras de suelo, en las fincas muestreadas de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ), en los Cantones de San Carlos y Los Chiles de Alajuela. Junio – Noviembre, 2007.....	<b>39</b>
<b>11</b>	Promedio de nematodos presentes en las cinco fincas muestreadas de raíz en el cultivo de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ) en la Región Huetar Norte de Costa Rica.....	<b>41</b>
<b>12</b>	Promedio de nematodos presentes en las cinco fincas muestreadas de suelo en el cultivo de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ) en la Región Huetar Norte de Costa Rica.....	<b>42</b>
<b>13</b>	Comportamiento poblacional de los principales géneros de nematodos, vida libres y promedio general presentes en raíces de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ), finca Marconi Rodríguez. Junio a Noviembre del 2007.....	<b>43</b>

<b>14</b>	Dinámica poblacional de los principales géneros de nematodos, vida libres y promedio general presentes en raíces de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ), Finca Roger Murillo, Amparo de Los Chiles. Junio a Noviembre del 2007.....	<b>45</b>
<b>15</b>	Dinámica poblacional de los principales géneros de nematodos, vida libres y promedio general presentes en raíces de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ), finca Oscar Sancho. Junio a Noviembre del 2007.....	<b>46</b>
<b>16</b>	Dinámica poblacional de los principales géneros de nematodos, vida libres y promedio general presentes en raíces de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ), finca La Vega ITCR, Lote 1. Junio a Noviembre del 2007.....	<b>49</b>
<b>17</b>	Dinámica poblacional de los principales géneros de nematodos, vida libres y promedio general presentes en raíces de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ), finca La Vega ITCR, Lote 2. Junio a Noviembre del 2007.....	<b>50</b>
<b>18</b>	Dinámica poblacional de los principales géneros de nematodos, vida libres y promedio general presentes en suelo, en el cultivo de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ), finca Marconi Rodríguez, Caño Negro de Los Chiles. Junio a Noviembre del 2007.....	<b>51</b>
<b>19</b>	Dinámica poblacional de los principales géneros de nematodos, vida libres y promedio general presentes en suelo en el cultivo de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ), Roger Murillo, Amparo de Los Chiles. Junio a Noviembre del 2007.....	<b>53</b>

<b>20</b>	Dinámica poblacional de los principales géneros de nematodos, vida libres y promedio general presentes en suelo en el cultivo de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ), Oscar Sancho, Ulimas- Florencia, San Carlos. Junio a Noviembre del 2007.....	<b>54</b>
<b>21</b>	Dinámica poblacional de los principales géneros de nematodos, vida libres y promedio general presentes en suelo en el cultivo de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ), Finca La Vega ITCR, Lote 1, Florencia-San Carlos. Junio a Noviembre del 2007.....	<b>56</b>
<b>22</b>	Dinámica poblacional de los principales géneros de nematodos, vida libres y promedio general presentes en suelo en el cultivo de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ), Finca La Vega ITCR, Lote 2, Florencia-San Carlos. Junio a Noviembre del 2007.....	<b>58</b>
<b>23</b>	Escala de incidencia del género <i>Pratylenchus</i> spp en muestras de raíz en el cultivo de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ).....	<b>69</b>
<b>24</b>	Escala de incidencia del género <i>Meloidogyne</i> spp en muestras de raíz en el cultivo de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ).....	<b>70</b>

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la Zona Huetar Norte (Cantones de San Carlos y Los Chiles), de Costa Rica en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*), durante los meses de Junio a Noviembre del 2007, en fincas asociadas a la Corporación Arrocera Nacional, con el objetivo general de Identificar, cuantificar y establecer la dinámica poblacional de los nematodos fitoparásitos presentes en el cultivo del arroz en los Cantones de Los Chiles y de San Carlos provincia de Alajuela de Costa Rica, durante el primer ciclo de siembra que va desde Junio hasta Noviembre.

Los objetivos específicos fueron: a) Identificar los géneros de nematodos que están asociados al cultivo de arroz en los Cantones de los Chiles y San Carlos provincia de Alajuela de Costa Rica, b) Cuantificar las poblaciones de nematodos fitoparásitos en las plantas de arroz muestreadas, c) Comparar los géneros encontrados en el diagnóstico con los reportados en la literatura costarricense, d) Determinar la dinámica poblacional de nematodos en los diferentes géneros en el cultivo del arroz, e) Analizar la dinámica poblacional de los nematodos relacionados con los días de siembra, pH, acidez extraíble, macro y micronutrientes.

Se evaluaron 5 fincas de productores asociados a CONARROZ, de acuerdo al diagnóstico realizado los principales géneros asociados al cultivo de Arroz en la región Huetar Norte. Se seleccionaron tres hectáreas para cada finca; en hectárea se extrajeron cinco plantas de arroz, recolectando sistema radical y el suelo adherido a este, se realizaron 5 repeticiones de los muestreos en el tiempo con aproximadamente cada mes durante todo el ciclo del cultivo.

Las raíces se procesaron por el método Licuado-tamizado-centrifugado en solución azucarada, mientras que las muestras de suelo se procesaron por el método del embudo de Baerman.

Los resultados indican que el género *Pratylenchus* spp., que fue el que presento mayores densidades poblacionales, seguido por nematodos de Vida Libre, *Meloidogyne* spp., *Helicotylenchus* spp. en muestras de raíz. En muestras de suelo, los nematodos de mayor densidad poblacional fueron los nematodos de Vida Libre seguidos por nematodos *Helicotylenchus* spp. Los elementos como el Hierro (Fe), Potasio (K), Calcio (Ca), Fósforo (P), Magnesio (Mg), así como la acidez extraíble reducen la dinámica poblacional de nematodos fitoparásitos y no fitoparásitos en el cultivo del arroz y elementos como el Manganeso (Mn), Cobre (Cu) y el Zinc (Zn), propician su crecimiento.

**Palabras Claves:** nematodos, Arroz (*Oryza sativa*), *Pratylenchus* spp., *Meloidogyne* spp., *Helicotylenchus* spp.

## SUMMARY

The present work of investigation was realized in the Huetar North Zone (Cantons of San Carlos and Chiles), of Costa Rica in the cultivation of rice (*Oryza sativa*), during the months from June to November of 2007, in farms associated to the Rice National Corporation (CONARROZ), with the general objective of identifying, quantifying and establishing the dynamic population of the nematodes phytoparasites present in the cultivation of rice in the Cantons of Chiles and San Carlos province of Alajuela of Costa Rica, During the first cycle of sowing that it goes from June to November.

The specific objectives were. a) Identifying the genre of the nematodes that are associated to the cultivation of rice in the Cantons of Chiles and San Carlos province of Alajuela of Costa Rica, b) Quantifying the population of the nematodes phytoparasites samples in the plants of the rice, c) Comparing the genre found in the diagnostic with the reports of the costaricans literature, d) Determining the dynamic population of nematodes in the different genres in the cultivation of rice, e) Analyzing the dynamic population of nematodes related with the soil Ph, macro and micronutrients content and plants ages.

It has evaluated five farms of producers associated to CONARROZ, in concordance with the diagnostic executed the main associated genres in the cultivation of rice in the Huetar North Region. It was selected three hectares for each farm; in hectare were extracted five plants of rice, recollecting radical system and the soil adhere to it, it was realized five repetitions of the samples in the time with approximately every month during all the cycle of cultivation. The roots were processed by the blending-sifting-centrifuging method in sugar solution, while the samples soil were processing by the funnel of Bearman method.

The results indicate that the *Pratylenchus* ssp genre, it was that presented the highest population densities; follow up for the nematodes of Free Life, *Meloidogyne* ssp, *Helicotylenchus* ssp, in samples of roots. In samples of soil, the

nematodes the highest population densities were the nematodes of free, follow up for nematodes *Helicotylenchus* spp. The elements like Iron (Fe), Potassium (k), Calcium (Ca), Phosphorus (P), Magnesium (Mg), as well as the acidity extracted reduce the dynamic population of nematodes phyparasites and no phyparasites in the cultivation of rice and elements like Manganese (Mn), Copper (Cu) and Zinc (Zn), they provide their growing.

**Keys Words:** nematode, rice (*Oryza sativa*), *Pratylenchus* spp., *Meloidogyne* spp., *Helicotylenchus* spp.

## 1. INTRODUCCIÓN

La importancia que representa el comercio del cultivo del arroz en la economía de los diferentes países alrededor del mundo es conocida. De las diferentes actividades que representan este cultivo depende un número considerable de personas en todos los países donde se cultiva y se comercializa.

El arroz (*Oryza sativa* L) 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).

El arroz (*Oryza sativa* L) puede ser considerado el cereal básico en la alimentación diaria del costarricense, por lo que tiene una gran importancia en nuestro país. Su cultivo se caracteriza, entre otras cosas, por ser generalmente una explotación extensiva y de alta utilidad económica por unidad de área (López 1981).

Según Ramírez (2001) en Costa Rica el arroz es un alimento básico en la dieta de la población, que consume actualmente 55 kg per cápita anual de arroz de oro. Por otra parte, constituye un renglón de significativa importancia dentro del sector agrícola, siendo Chorotega, Pacífico Central, Brunca, Huetar Norte y Atlántica y Central.

En el período 2003/2004 el área siembra de arroz en Costa Rica fue de 48.906 hectáreas, de las cuales 33 059 ha se sembraron en la primera actividad de 4,26 t.m. por hectáreas, lo que equivale a 57,91 sacos húmedos y sucios (CONARROZ 2004).

Los nematodos fitoparásitos pueden ocasionar daños de importancia económica en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L), lo que a menudo amerita tácticas de combate. A nivel mundial se estima que el 76% del área dedicada a este cultivo se encuentra infestadas con densidades dañinos de estos patógenos, más de 100 especies de nematodos fitoparásitos han sido encontrados en asocio

con arroz, inundado y de secado; su frecuencia e importancia es muy variable y en la mayoría de los casos la existencia de una relación dañina con el arroz es probable pero no ha sido demostrado (López 1985).

Hasta la fecha según personeros de CONARROZ, no se cuenta con datos que indiquen la posible disminución de rendimiento debido a la presencia de nematodos.

Los nematodos fitoparásitos son factores limitantes de la producción de este grano, ya que a menudo reducen considerablemente su rendimiento al ser parásitos del cultivos, productores de alimentos, maderas, plantas ornamentales entre otros (López 1981).

La información acerca del tipo o patrón de distribución de una población de nematodos fitoparásitos en el suelo pueden servir, tanto para dirigir la aplicación de ciertas tácticas de combate cultural, como para mejorar la precisión y confiabilidad de los muestreos destinados a obtener un estimado de su densidad poblacional promedio (López 1987).

Observaciones preliminares hechas en plantíos de arroz de secano en la zona suroeste de Costa Rica, demostraron que las mayores densidades poblacionales de nematodos fitoparásitos se localizan en los primeros 15 cm de profundidad y que, horizontalmente, las densidades variaban significativamente en pequeñas parcelas adyacentes entre sí (López 1987).

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

Con el presente trabajo se pretendió, identificar, cuantificar los géneros y el grado de incidencia que presentan los nematodos en el cultivo del arroz, así como su dinámica poblacional dentro del cultivo, en la región Huetar Norte de Costa

Rica. Este estudio servirá como base para realizar la planeación de proyectos a futuro y de la investigación de nematodos relacionados con el cultivo del arroz.

## **1.1. OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo general**

Identificar, cuantificar y establecer la dinámica poblacional de los nematodos fitoparásitos presentes en el cultivo del arroz en los Cantones de Los Chiles y de San Carlos provincia de Alajuela de Costa Rica, durante el primer ciclo de siembra que va desde Junio hasta principios de Octubre.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Identificar los géneros de nematodos que están asociados al cultivo de arroz en los Cantones de los Chiles y San Carlos provincia de Alajuela de Costa Rica.
- Cuantificar las poblaciones de nematodos fitoparásitos en las plantas de arroz muestreadas.
- Determinar la dinámica poblacional de nematodos en los diferentes géneros en el cultivo del arroz.
- Analizar la dinámica poblacional de los nematodos relacionados con los Días de siembra, pH, acidez extraíble, macro y micronutrientes.

## **3. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **3.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO DE ARROZ**

#### **3.1.1 Origen**

El cultivo del arroz comenzó hace casi 10.000 años, en muchas regiones húmedas de Asia tropical y subtropical. Posiblemente sea la India el país donde se cultivó por primera vez el arroz debido a que en ella abundaban los arroces silvestres, pero el desarrollo del cultivo tuvo lugar en China, desde sus tierras bajas a sus tierras altas. Probablemente hubo varias rutas por las cuales se introdujeron los arroces de Asia a otras partes del mundo (InfoAgro 2002).

#### **3.1.2 Taxonomía**

Clase: Monocotiledónea

Orden: Glumiflora

Familia: Poaceae

Subfamilia: Panicoideae

Tribu: Orizae

Subtribu: Orizineas

Genero: *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 (enanás) hasta 7,0 m (flotantes) (CIAT 1985).

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

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

### **3.1.4 Órganos vegetativos**

#### **3.1.4.1 Raíz**

Las raíces son delgadas, fibrosas y fasciculadas. Posee dos tipos de raíces: seminales, que se originan de la radícula y son de naturaleza temporal y las raíces adventicias secundarias, que tienen una libre ramificación y se forman a partir de los nudos inferiores del tallo joven. Estas últimas sustituyen a las raíces seminales (InfoAgro 2002).

#### **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 está 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 lámina 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 panoja 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 esta 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 .2 Etapa 0:**

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

#### **3.1.6.3 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 .4 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 .5 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).

### **3.1.2 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).

#### **3.1.2.1 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).

#### **3.1.2.2 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).

#### **3.1.2.3 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)

#### **3.1.2.4 Etapa 7. Estado lechoso**

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

#### **3.1.2.5 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).

#### **3.1.2.6 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 (*Oryza sativa*)

Etapas de desarrollo	Temperatura crítica		
	Baja	Óptima	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/cm<sup>2</sup>/día (MAG 1991). Datta (1986) indica que es necesario 300 cal/cm<sup>2</sup>/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 esta 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 CO<sub>2</sub>, 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 óptima para el cultivo, está ubicada entre 80 y 90% (CIAT 1985).

#### **3.1.8 Variedades del cultivo Arroz (*Oryza sativa*)**

La variedad de arroz que se sembró en las fincas de los productores donde se realizaron los muestreos en la Región Huasteca Norte fue:

### **3.1.8.1 CR 44-77**

Es una variedad de macollamiento de intermedio a alto, resistente al acame, su floración se encuentra entre los 85 a 90 días después de la siembra, su maduración es a partir de los 120 días en promedio, alcanza una altura de un metro aproximadamente (Conarroz 2007).

Es tolerante a enfermedades como el virus de la hoja blanca, así como hongos como la *Piricularia grisacea*, *Sarocladium sp.* y *Helminthosporium sp.* (Conarroz 2007).

## **3.2 Enfermedades del arroz más frecuentes en Costa Rica**

### **3.2.1 AÑUBLO DE LA VAINA O RHIZOCTONIA:**

Entre los 90 y 100 días de floración, sobre el tejido de la panícula dependiendo de la reacción de la variedad sembrada y de las condiciones climáticas. Su diseminación se da principalmente por corrientes de aire, su desprendimiento de la conidia se efectúa a raíz de corrientes de aire formadas alrededor de la planta. Los tallo afectados de la Rhizoctonia se pudren y se parten fácilmente, causando volcamiento (Carrera 2001)

### **3.2.2 PYRICULARIA:**

Las lesiones varían desde pequeños puntos de color café hasta la típica mancha en forma de rombo, las pérdidas pueden ser totales si existen factores como variedades susceptibles, poblaciones del hongo altamente virulentas, ambientes favorables de patógenos. Su diseminación se da por corrientes de aire (Carrera 2001).

### **3.2.3 VIRUS DE LA HOJA BLANCA (VHB):**

Se desarrolla desde los 5 a 34 días después de la inoculación, los síntomas de la hoja son puntos amarillos muy bien definidos sobre el verde normal de la hoja (mosaico) es el síntoma típico de esta enfermedad. Los puntos se funcionan formando estrías discontinuas blancuzcas paralelas a la vena. Se trasmite únicamente por el insecto llamado sogata (*Tagosodes orizicolos*) (Carrera 2001).

### 3.2.4 HELMINTHOSPORIUM:

Las manchas son típicas ovaladas y muy uniformes y distribuidas por la superficie de la hojas, en los granos presentan manchas ovoides a redondas de color café oscuro o negruzcas (Carrera 2001 ).

El hongo sobrevive sobre el suelo, residuos de cosecha, hojas y granos enfermos. El déficit hídrico en el suelo predispone a la planta a ser atacada, la presencia de esta enfermedad en la planta de arroz es el resultado integrado del efecto del hongo, clima y variedad (Carrera 2001).

### 3.3 Área de siembra de arroz (*Oryza sativa*) en la Región de los Cantones de Los Chiles y San Carlos

En la actualidad la región del Cantón de Los Chiles se siembra 1776,36 hectáreas al año, repartidas entre 36 productores, por otro lado, en el Cantón de San Carlos se siembran 240 hectáreas distribuidas en 9 productores desglosados en la siguiente forma:

**Cuadro 2:** Área de siembra de arroz en el Cantón de Los Chiles

Hectáreas	Cantidad de productores
0-10	10
10-50	13
50-100	8
100 en adelante	4
Total	36

**Fuente:** CONARROZ (2006).

**Cuadro 3:** Área de siembra de arroz en el Cantón de San Carlos

Hectáreas	Cantidad de productores
0-10	4
10-50	3
50-100	2
100 en adelante	0
Total	9

**Fuente:** CONARROZ (2006).

### **3.4 Nematodos asociados al cultivo del arroz (*Oryza sativa*)**

Los fitonemátodos se alimentan de células vivas. Con un estilete, menos desarrollado en los machos, penetran las paredes de la células y se alimentan del contenido citoplasmático (Mundo agropecuario 1991).

Investigaciones realizadas en Costa Rica han encontrado varios géneros asociados la 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 nematodos (Naranjo y Campos 2005).

Según González (1978) en Costa Rica se han encontrado 12 géneros de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo del arroz; pero solo se ha demostrado la patogenicidad de una especie no descrita de un nematodo formador de nódulos radicales, el cual es el nematodo cecidógeno del arroz (*Hypsoperine* sp.) descrito por Figueroa (1973).

Sánchez y Salazar (1985) elaboraron un trabajo de reconocimiento de los nematodos parásitos del arroz en el sureste de Costa Rica, con el cual encontraron que *Helicotylenchus sp.* fue el nematodo más común en estos suelos; le siguieron en orden descendente *Criconemella anoensis*, *Tylenchorhynchus annulatus*, *Tylenchus sp.*, *Pratylenchus zaeae* y *Meloidogyne salasi*. En lo referente a los análisis de raíces, estos investigadores determinaron que únicamente *Pratylenchus zaeae* 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 (Sánchez y Salazar 1985). Estos autores también mencionan que *Meloidogyne salasi* fue encontrado en altas densidades poblacionales, pero solo 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 Sánchez 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 Sánchez y Salazar (1985) sugieren que un exceso de agua en el suelo podría limitar o impedir el establecimiento de *Meloidogyne salasi*. Estos datos concuerdan con observaciones previas de Manser (1968), quien informó que los nematodos formadores de agallas radicales son afectados por los suelos inundados.

### **3.4.1 *Helicotylenchus spp***

De todas las especies de *Helicotylenchus* identificadas, *H. dihystra* y *H. multincinctus*, son las que revisten la mayor importancia desde el punto de vista

agrícola. Estas dos especies se alimentan de las raíces y tienen hábitos endo y ectoparasítico migratorio. *H. dihystra* es la más común en el mundo. Es cosmopolita, pero su posible efecto patogénico en cultivos no está claro (Crozzoli 2002).

### **3.4.1 *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 (Suárez y Rosales 2004).

## **3.5 Otros Nematodos relacionados al cultivo de arroz (*Oryza sativa*)**

### **3.5.1 *Hirschmaniella orizae***

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

### **3.5.2 *Ditylenchus angustus***

Este nematodo está presente principalmente en arrozales de aguas profundas (InfoAgro 2002).

### **3.5.3 *Aphelenchoides besseyi***

Está presente en todos los ecosistemas del arroz, alimentándose de forma ectoparasita 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 nematodos entran en estado de anaerobiosis, pudiendo sobrevivir en los granos hasta más de tres años (InfoAgro 2002).

#### **3.5.4 *Meloidogyne graminicola*, *M. incognita*, *M. javanica* y *M. arenaria*:**

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

*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 y Morera, 1990).

#### **3.5.5 *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).

### 3.6 Lista de los nematodos asociados al cultivo de Arroz (*Oryza sativa*) en Costa Rica

Según Fernández *et al.* (2002) los nematodos asociados al cultivo de arroz en Costa Rica son los siguientes:

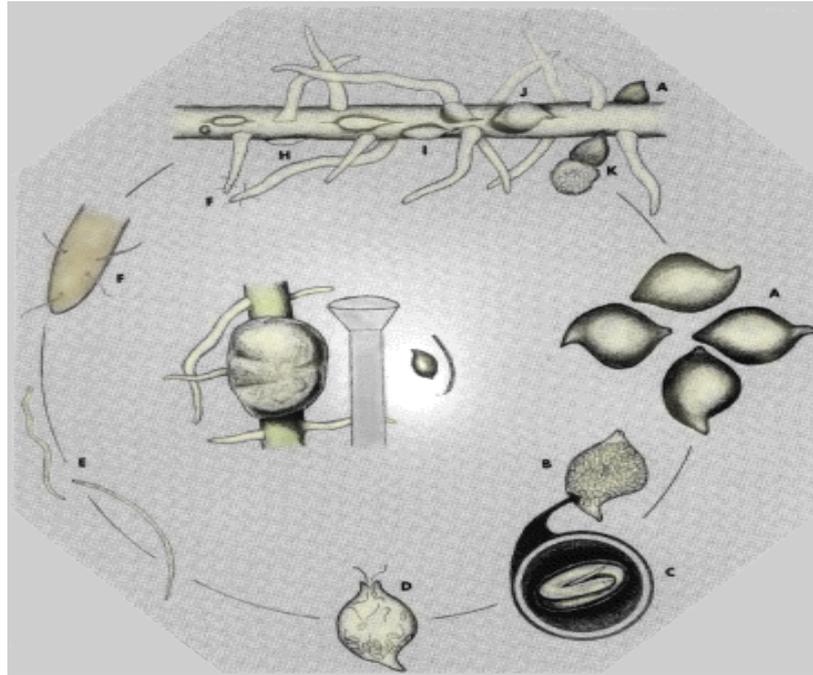
- *Aphelenchoides besseyi*
- *Criconemella* spp.
- *Helicotylenchus* spp.
- *Hirschmaniella oryzae*
- *Longidorus* spp.
- *Meloidogyne arenaria*
- *Meloidogyne exigua*
- *Meloidogyne incógnita*
- *Meloidogyne salasi*
- *Paratrichodorus* spp.
- *Pratylenchus zea*
- *Rotylenchulus* spp.
- *Trichodorus* spp.
- *Tylenchorhynchus* spp.
- *Xiphinema* spp.

### **3.7 Ciclo de vida de los nematodos**

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 spermateca. El número de hembras y machos es normalmente igual. Algunas poblaciones de nematodos reniformes se reproducen partenogénicamente. Rápidamente después de la madurez de las gónadas, los huevos son fertilizados con el esperma 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 el ausencia de un huésped en un suelo seco gracias a la anhydrobiosis, un mecanismo de sobrevivencia sin agua (Radewald y Takeshita 1964).

De acuerdo a su biología, se puede reconocer tres tipos de fitonemátodos:

1) ectoparásitos: los cuales se mantienen fuera de la raíz de la planta; 2) endoparásitos migratorio estos invaden los tejidos de las plantas, se mantienen móviles, pueden poner los huevos individualmente dentro y fuera de la planta; 3) endoparásitos sedentarios: invaden los tejidos de la planta, las hembras cuando llegan a su estado adulto se vuelven sedentarias, se alimentan de unas pocas células individuales dentro de la planta, los huevos son puestos juntos en un saco fuera de la planta ( Speijer y De Walee 1997). De los tres parásitos conocidos, endoparásitos migratorio son los que ocasionan el mayor daño en la planta ( Araya 1995 ).



**Figura 1.** Ciclo de vida de nematodos (tomada de <http://www.agronort.com/novedades/nematodoq/ciclo.html>).

El nematodo del quiste juvenil, recién nacido del huevo, es el estadio infectivo de la plaga (D, E). El juvenil penetra la raíz del hospedante (F) y se alimenta dentro del sistema vascular. Si se convierte en macho, abandona la raíz y finaliza su ciclo en el suelo. Si resulta hembra, pierde su movilidad y a medida que madura se hincha, (H) tomando la forma de un limón. En esta etapa es de color blanco (J). Durante este proceso se traslada del sistema vascular al exterior de la raíz lesionando los tejidos. La alimentación de la hembra es lo que luego daña la planta (parasitándola). Las hembras blancas al madurar cambian de coloración. Primero al amarillo y luego al marrón cuando mueren. La etapa marrón es el "quiste" (K, A). En ese momento se desprenden de la planta hospedante y finaliza el ciclo ([www.Agronort](http://www.Agronort)).

### **3.8 Factores que afectan el desarrollo y reproducción de los nematodos**

Algunos autores citados por Jiménez (1991) nos dicen 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.

#### **3.8.1 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.

#### **3.8.2 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 nematodos.

La sequía excesiva puede frenar o incluso matar al nematodo. 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 1995).

#### **3.8.3 Temperatura**

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

Casi todos los nematodos 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 en 1972 encontró que la temperatura del suelo a 30 cm de profundidad no juega un papel importante en las variaciones poblacionales.

#### **3.8.4 Tipo de Suelo**

Las actividades de los nematodos 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 nematodos (Union Carabidae Agricultural 1995).

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 Sleet (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 está relacionada con el diámetro de los poros, el tamaño de las partículas y el diámetro del nematodo. Los nematodos pueden moverse más libremente en suelos de partículas gruesas o arenosas (National Academy of Science 1978).

### **3.9 Las condiciones de clima**

Tanto la lluvia como la temperatura están vinculadas tanto en el crecimiento y desarrollo de nematodos como el de las plantas. A estos dos factores mencionados se vinculan con las fluctuaciones estacionales en las poblacionales de nematodos (National Academy of Science 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 *Meloidogyne* spp 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 nematodos aumentaron durante las primeras semanas de lluvia, pero conforme aumentaron el número 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 nematodos 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 beneficien la reproducción de los nematodos y su movilización libre.

### **3.10 Condición Fisiológica del Cultivo**

Debido a que los nematodos 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 nematodos, 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 nematodos (Union Carabidae Agricultural 1995).

### **3.11 Efecto de la edad de la plantas de arroz (*Oryza sativa*) sobre la densidad de nematodos**

Recientemente, en un diagnóstico realizado por la Oficina del Arroz y el Laboratorio de Nematología de la Universidad de Costa Rica, en las regiones Pacífico Central y Brunca en el año 2001, se encontraron poblaciones de hasta 57400 (huevos + juveniles de *M. salasi*) por 100 gramos de raíces, en plantas de arroz (*Oryza sativa*) de 60 días (López 1992).

### **3.12 Manejo de la fertilización de las plantaciones del arroz**

El crecimiento de un cultivo de arroz depende de factores como el clima, el agua y los nutrientes accesibles a la planta. El nitrógeno es el nutriente más importante, ya que casi todos los suelos son deficientes en este elemento (Cordero 1993).

Se sabe que el nitrógeno aplicado a un cultivo está expuesto a pérdidas hasta del 67 %, por lo que para mejorar la eficiencia de la fertilización ésta se fracciona entre dos y cuatro aplicaciones. Las épocas de aplicación más recomendables son durante el macollamiento, o sea cuando las plántulas presentan cuatro hojas completamente desplegadas, y durante la formación de la panícula, ya que se favorece la fase reproductiva del arroz haciendo que la mayoría de los hijos sean productivos. Con estas aplicaciones se da importancia a dos fases: la vegetativa (entre el inicio del macollamiento y la máxima producción de hijos) y la reproductiva (etapa de diferenciación del primordio floral). No se recomienda fertilizar a la siembra, pues durante la fase de plántula la absorción de nitrógeno es casi nula (CONITTA 1991).

La dosis recomendada de nitrógeno varía según la variedad y el sistema de cultivo empleado, pero en promedio es de 120 kg N/ha. Se sugiere aplicar el 40-50 % de la dosis en la fase de macollamiento, y el resto (50-60 %) en la época de diferenciación del primordio floral. Para la fertilización del arroz de secano se puede utilizar urea, sulfato de amonio o nitrato de amonio, para el caso del Fósforo ( $P_2O_5$ ) y el Potasio ( $K_2O$ ) se aplica un promedio de 80 kg /ha y 70 kg/ha

respectivamente, se debe aplicar antes de la siembra para una mayor respuesta del cultivo (Cordero 1993).

### **3.13 Nematodos y su relación con el pH del suelo**

La acidez del suelo influye en el desarrollo de la planta y por ello indirectamente a los nematodos que se alimentan en ella (Van der Wal 1994).

Nematodos como el *Meloidogyne* sp. tienen la capacidad de sobrevivir y reproducirse sobre un ámbito de valores de pH, entre 4 y 8, estos valores fluctúan con cambios en la humedad y salinidad del suelo (Esquivel 1996).

En cuanto al pH del suelo la capa superficial (0-20 cm), se ha mantenido con 4,58 y 4,40, en 1999 y 2004 respectivamente y no afectaron directamente la actividad de los nematodos fitoparásitos en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) (Canto 2000).

Según Tarjan y O'Bannon (1984) el nematodo de los cítricos (*Tylenchulus semipenetrans* Cobb), sobrevive y se reproduce en pH 6 a 7,5. Duncan y Cohn (1990) indican que las poblaciones desarrollan mejor en pH 6 a 8; sin embargo, en un pH menor al óptimo, el nematodo es también patógeno en los cítricos. Aunque el pH del suelo afecta los niveles de la población, las poblaciones existirán en pH extremos e influirán en el crecimiento del árbol (Tarjan y O'Bannon 1984).

Van Gundy y Martín (1961 citado por Rivero, 1968) encontraron que a un pH bajo los nematodos no se desarrollan bien y no se ven diferencias entre los árboles infestados y los no infestados con *Tylenchulus semipenetrans* Cobb, observó que cuando el pH se eleva entre 6 a 7,5 se aprecian diferencias en el aumento de la población de nematodos presentes entre los árboles infestados y los que no lo están.

### **3.14 Nematodos y contenido de minerales del suelo**

La aplicación de fertilizantes, especialmente en suelos secos crea altas presiones osmóticas que pueden alterar el comportamiento de *Meloidogyne* sp. Se ha determinado que los nematodos tienen la capacidad de tolerar al menos por

cortos periodos presiones osmóticas hasta de 10 atmósferas que es mucho más de lo que existe en la mayoría de los suelos agrícolas (Esquivel 1996).

Se ha demostrado en algunas investigaciones que las densidades de *Pratylenchus penetrans* fueron bajas donde las concentraciones de calcio excedieron los 20 cmol/ kg, mientras que la capacidad efectiva de intercambio catiónico influyó en las densidades de *Tylenchus mauii* y *Criconebella sp* (Esquivel 1996).

La nutrición en árboles de naranja (*Citrus sinensis* L), influye en los niveles de población. Consecuentemente, se reduce los contenidos minerales (Zn, Mn, Cu) en hojas de cítricos infectadas con *Tylenchulus semipenetrans* Cobb y genera incrementos de sodio a niveles tóxicos (Duncan y Cohn 1990).

En plantaciones de árboles de naranja (*Citrus sinensis* L), los niveles altos de CaCO<sub>3</sub>, Na o K en el suelo determinaron la aparición de síntomas de una deficiencia suave en Cu, Zn y, a veces Mn, con su correspondiente contenido bajo de estos cationes en las hojas, más acentuado en los árboles infestados por *Tylenchulus semipenetrans* (Van Gundy y Martin 1961; Rivero 1968).

Ishikawa (1965) dice que fertilizantes nitrogenados favorecen el incremento en el desarrollo de poblaciones de nematodos fitoparásitos y reduce el sistema radical de las plantas y que fertilizar con potasio y agregarles compost mantienen una población de nematodos baja.

La aplicación de 40 kg/ha de nitrógeno o fósforo incrementa la reproducción del nematodo *Meloidogyne graminícola* (Rao & Israel 1971).

Mathur and Prasad (1972) notan que la fertilización produce un crecimiento de las plantas de arroz (*Oryza sativa*) y en la población de nematodos, estos mismos autores mencionan que la población de nematodos del género *Hirschmanniella oryzae* es baja con la aplicación de fertilizantes con urea.

En Japón, Tomonaga y Kurokawa (1964) notan que silicatos de calcio reducen la población de nematodos de *Hirschmanniella* sp. y incrementa la producción en el cultivo del arroz.

### **3.15 Distribución de los nematodos en el suelo**

La distribución de los nematodos en el plano vertical de un terreno cultivado es generalmente irregular (Unión Carabidae Agrícola 1995).

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

### **3.16 Descripción de la Región Huetar Norte de Costa Rica**

La región Huetar Norte de Costa Rica, comprende los cantones de San Carlos, Upala, Los Chiles y Guatuso. Esta región se encuentra en la zona con un clima tropical( estación lluviosa y seca). El invierno va de mayo a febrero y la estación seca de marzo a mayo, con algunas precipitaciones esporádicas ocasionadas por los frentes fríos del norte (SIRZEE 2006).

La precipitación en la región es variable, en promedio oscila entre los 2000 mm/ año en las llanuras de Guatuso, Upala y Los Chiles, además puede llegar hasta los 5000 mm/ año en los macizos volcánicos. La evapotranspiración anual de referencia o potencial es de 1.100 a 1.200 mm/ año. La temperatura promedio es de: Ciudad Quesada 23 grados, Los Chiles, Upala, Guatuso es de 28 grados el promedio, la humedad relativa es de 80- 90 %.

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Ubicación para el cultivo de arroz:

La investigación se realizó en diversas fincas asociadas a la Corporación Arrocera Nacional, ubicada en la Región Huetar Norte (Los Cantones de Los Chiles y San Carlos) de Costa Rica.

El presente trabajo se titula “Identificación, cuatificación y caracterización de la dinámica poblacional de los nematodos del cultivo del arroz en la región Huetar Norte de Costa Rica, esta región comprende los distritos de San Carlos, Grecia, San Ramón 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).



**Figura 2.** Zonas donde se ubica las diferentes fincas sembradas de arroz (*Oryza sativa*) donde se sacaron muestras de raíces y suelo. 2007.

## 4.2 Población Estudiada

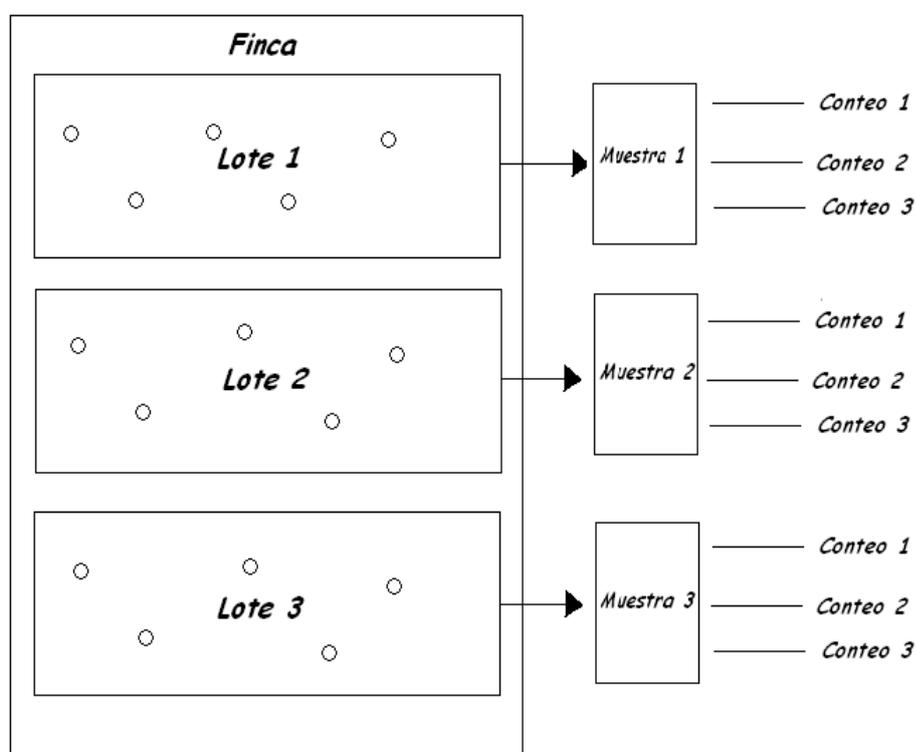
Se evaluaron fincas de productores asociados a CONARROZ (cuadro 4), manejadas convencionalmente. Se tomarán los puntos de muestreo utilizando para ello un GPS. Las fincas muestreadas fueron seleccionadas de un listado proporcionado por CONARROZ, con lo cual se muestrearon cinco fincas, distribuidas de la siguiente manera: en la localidad de los Chiles se muestrearon dos fincas propiedad de los señores productores Marconi Rodríguez y Roger Murillo donde se realizaron cinco muestreos durante todo el ciclo del arroz (*Oryza sativa*), en la localidad del cantón de San Carlos las otras tres fincas propiedad del señor Oscar Sancho con cinco muestreos y del Instituto Tecnológico de Costa Rica con seis muestreos cada una durante todo el ciclo. El muestreo se realizó mensualmente, en los meses de Junio a Noviembre del 2007, considerando la capacidad de transporte y el procesamiento de muestras con que se cuenta, además del ciclo de los nematodos que es entre 23 y 30 días aproximadamente.

**Cuadro 4.** Datos de la Población estudiada. Región Huetar Norte. 2007.

<b>Productor</b>	<b>Variedad</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Número de muestras</b>
Roger Murillo	CR 4477	Amparo, Los Chiles	15
Marconi Rodríguez	CR 4477	Caño Negro, Los Chiles	15
Oscar Sancho	CR 4477	Florencia- San Carlos	15
ITCR	CR 4477	Florencia- San Carlos	18
ITCR	CR 4477	Florencia- San Carlos	18

### 4.3 Croquis de la toma de muestras.

Cada finca fue dividida en tres bloques (Figura 3) donde se tomaron tres muestras, cada bloque con una muestra representativa que tenía, cinco submuestras de raíces y suelo, las cuales serán colectadas en puntos establecidos en cada arrozal, cada bloque con tres repeticiones cada una. De estas plantas, se colectarán el total de las raíces así como el suelo adherido a las raíces. Las mismas se trasladaron al laboratorio para su posterior procesamiento.



**Figura 3.** Forma como se muestreo las diferentes fincas sembradas de arroz (*Oryza sativa*), situadas en la Región Huatar Norte (Cantones de San Carlos y Los Chiles). 2007.

#### **4.4 Toma de muestras para el conteo de nematodos**

Las Muestras obtenidas en campo fueron transportadas para su análisis al laboratorio de Nematología de la Escuela de Agronomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede San Carlos para realizar los procedimientos de extracción e identificación, que fueron los siguientes:

##### **4.4.1 Muestras de raíces de arroz**

Se lavaron las raíces, se pesaron 25 gramos de raíces funcionales y 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 nematodos. 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 nematodos se van al fondo), después se volverán a llenar los tubos con solución azucarada 1 M (484 g / litro) para realizar una segunda centrifugación a 3000 rpm por cinco minutos, con esto los nematodos 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 nematodos del tamiz, en un recipiente, para su observación.

El conteo se realizó aforando a 10 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 nematodos 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), Manual de identificación de géneros de nematodos Importantes en Costa Rica de Esquivel, A.

(2005). Se realizaron tres conteos por muestra para obtener después un promedio.

#### **4.4.2 Muestras de suelo de arroz**

Las muestras de suelo provenientes de campo se homogenizaron y se eliminaron las raíces, y piedras, se pesaron 30 gramos los cuales se cuelan 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 colocamos 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 periodo se recoge el Vial que contenida aproximadamente 5 ml de solución, de donde se homogeniza y se toma una alícuota de 3 ml, el conteo e identificación y se realizó de igual forma para la muestra de raíz.

#### **4.5 Variables evaluadas**

Las variables evaluadas fueron, géneros y densidades de nematodos presentes en 100 gramos de suelo y en raíz, así como la dinámica poblacional de los diferentes géneros presentes durante todo el ciclo del cultivo del arroz con respecto a los días de siembra, pH, Acidez extraíbles, macro y micronutrientes del suelo.

#### **4.6 Análisis químico del suelo**

Se determinó también el contenido de nutrientes en el suelo, mediante una muestra de suelo representativa que se sacó de cada una de las finca que se muestrearon durante este trabajo. Estas muestras fueron llevadas al laboratorio de La Empresa CAFESA S.A donde posteriormente, se realizó el método del extracto de saturación del suelo, en el cuál se determinó el pH con una relación suelo-agua 1:2 y se leyó en un potenciómetro; Fósforo el cual se determinó por el método de Bray P-1 (Bray y Kurtz); Potasio (K), fue extraído en Acetato de Amonio 1.0 N pH 7.0 relación 1:20 y se determinó por espectrofotometría de absorción de

flama (Jackson, 1976); Calcio (Ca) y Magnesio (Mg), extraídos de Acetato de Amonio 1.0 N pH 7.0 relación 1:20 y determinados por espectrofotometría de absorción atómica. (Jackson, 1976) y el hierro (Fe), Cobre (Cu), Zinc (Zn) y Manganeso (Mn) los cuales fueron extraídos en DTPA relación 1:4 y determinados por espectrofotometría de absorción atómica (Soltanpour y Schwab 1977) (Anexo 12).

#### **4.7 Manejo de la fertilización de las fincas muestreadas de arroz**

Las fincas donde se realizaron los muestreos están sembradas mediante el manejo de arroz de secano, los productores acostumbran realizar varias aplicaciones de fertilizantes sobre la superficie del suelo, durante las diferentes etapas del cultivo. Una forma más práctica y menos costosa es hacer las labores de preparación en la época seca. En este período los productores aplicar gran parte del fertilizante, ya que la preparación en seco es más rápida, menos costosa, y provee buenas condiciones para la siembra. Las malezas que germinan en la época entre preparación y la siembra se pueden controlar con quemas antes de la siembra (CONARROZ 2007).

Los productores donde se realizó el trabajo de investigación realizan la preparación con rastra y antes de la última rastra, aplican todo el Fósforo y el Potasio y gran parte del Nitrógeno aproximadamente el 75%. Así, el fertilizante está incorporado con la rastra final dejando el campo listo para la siembra (CONARROZ 2007).

Las fincas de arroz (*Oryza sativa*) donde se muestrearon se aplican un promedio de fertilizantes que están por el orden de 60 kg/ha de  $K_2O$ , 40 kg/ha de  $P_2O_5$  y aproximadamente 120 kg/ha de N. Sin embargo, esto puede variar al ajustarse con las cantidades requeridas según los análisis de suelo (para el caso del potasio y el fósforo) y su propia experiencia para definir las dosis más apropiadas de N. Generalmente, se aplica el 75% del N en presiembra incorporada (PSI) y el restante 25% (aproximadamente 30 kg/ha de N) en la fase de iniciación de primordio a prefloración, si el cultivo lo necesita y presenta una coloración amarillenta o pálida en su follaje (CONARROZ 2007).

#### **4.8 Análisis de Datos**

Los géneros y densidades presentes fueron analizados por medio del uso estadística descriptiva, frecuencias y porcentajes, además del uso de regresión lineal múltiple para comparar la relación de nematodos con respecto a variable como Días de siembra, pH, acidez extraíble, fertilidad del suelo.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Géneros de nematodos identificados en las fincas muestreadas en de raíz y suelo, asociados al cultivo de arroz (*Oryza sativa*).

Se identificaron tres géneros de nematodos fitoparásitos de mayor importancia económica asociados a las plantaciones de arroz, además se identifica nematodos de vida libre en los Cantones de San Carlos y Los Chiles de Costa Rica 2007.

Los principales géneros asociados al cultivo del Arroz (*Oryza sativa*) en los Cantones de San Carlos y Los Chiles de Costa Rica en las cinco Fincas muestreadas son: *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp., *Helicotylenchus* spp. y Vida libre, los cuales se pueden observar (Figuras 3, 4, 5, 6).



Figura 4. Género *Pratylenchus* spp encontrado en las Fincas muestreadas en el Cantón de Los Chiles, Costa Rica, 2007.



Figura 5. Género *Meloidogyne* spp, encontrado en los lotes de la Finca La Vega del ITCR, San Carlos, Costa Rica,2007



Figura 6. Género *Helicotylenchus* spp. encontrado en las Fincas muestreadas de arroz, en los Cantones de San Carlos y los Chiles 2007

Figura 7. Nematodos de Vida Libre encontrados en todos los muestreos realizados en las cinco fincas, en Los Cantones de San Carlos y Los Chiles, 2007

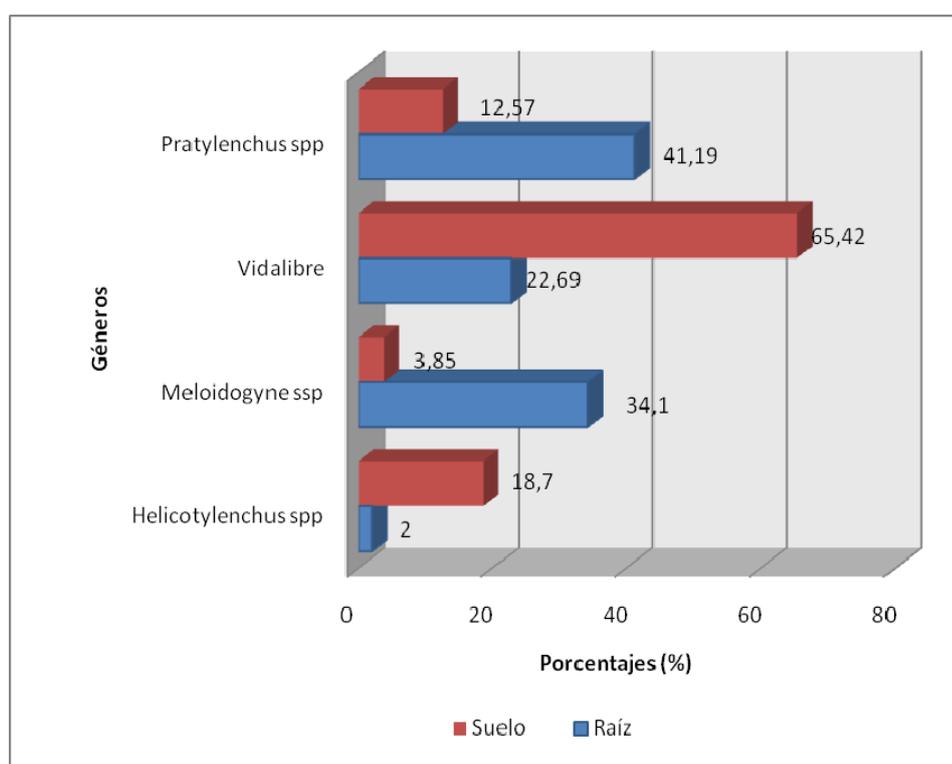
## 5.2 Presencia de nematodos fitoparásitos en raíz y suelo, presentes en el cultivo del arroz (*Oryza sativa*) muestreados en cinco fincas situadas en los Cantones de San Carlos y Los Chiles de la Región Huetar Norte de Costa Rica, 2007.

Con respecto a los nematodos encontrados en el suelo, se observa que los nematodos de Vida libre fueron los que se presentaron con un mayor porcentaje de un (65,42 %), le siguieron *Helicotylenchus* spp. (18,7%), *Pratylenchus* spp. (12,57%) y de último *Meloidogyne* spp.. con (3,85 %) (Figura 7).

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; esto explica el porque existen menos nematodos de este género en las raíces.

El porcentaje de fitonematodos presentes en las muestras de raíz de las cinco fincas muestreadas son para *Pratylenchus* spp. (41,19%), *Meloidogyne* spp. (34,1%), nematodos de Vida Libre (22,69%) y *Helicotylenchus* spp. (2%), estos cuatro nematos son los que presentaron mayor porcentaje (Figura 8).

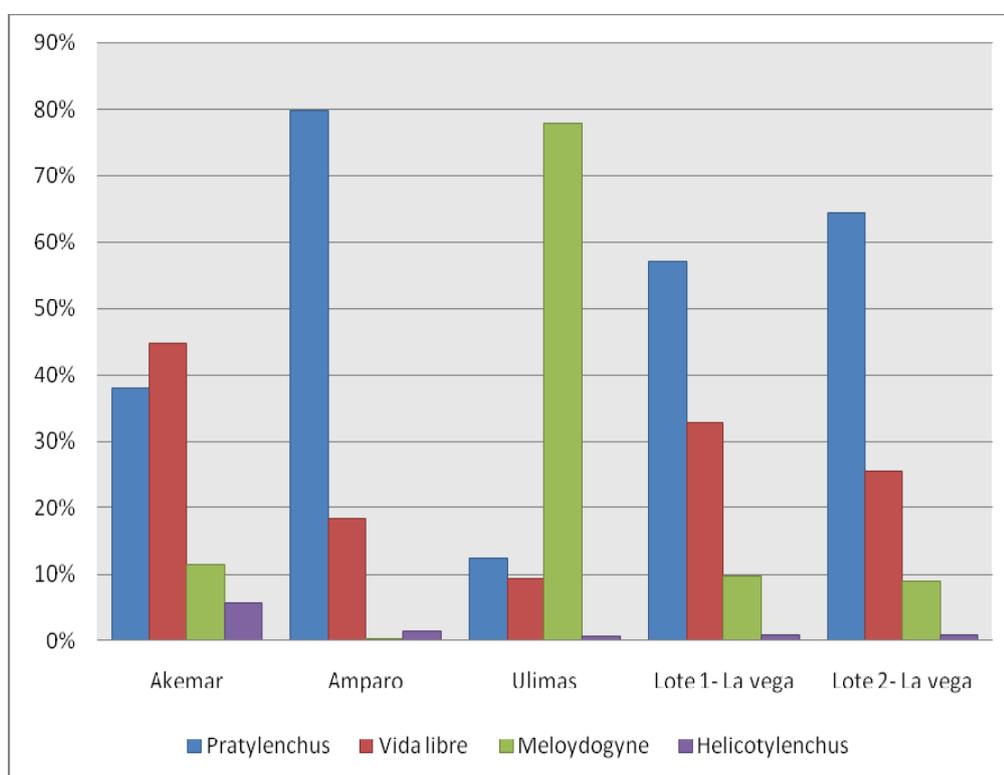
El comportamiento de *Pratylenchus* spp. en raíz se puede justificar debido a que *Pratylenchus* spp. se caracteriza por ser endoparásito migratorio, además este nematodo es capaz de sobrevivir en el suelo hasta seis meses en barbecho (Suárez y Rosales, 2004). De igual forma el comportamiento de *Meloidogyne* 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 8.** Porcentaje de nematodos fitoparásitos presentes en raíz y suelo presentes en el cultivo del arroz (*Oryza sativa*) muestreados en las cinco fincas situadas en los Cantones de San Carlos y Los Chiles de la Región Huetar Norte de Costa Rica. 2007.

En la Figura 8, muestra el porcentaje de géneros presentes en cada una de las fincas, en muestras de raíz, se observa que en la finca de Akemar, existe una mayor presencia de nematodos de Vida Libre, seguida por el género *Pratylenchus* spp. De las otras fincas, en tres de ellas predomina el género *Pratylenchus* spp. y una finca el género *Meloidogyne* spp.

En la Figura 8 se observa que los dos géneros principales (*Pratylenchus* spp. y *Meloidogyne*. spp.) presentan el porcentaje relativo de nematodos presentes en la raíz.

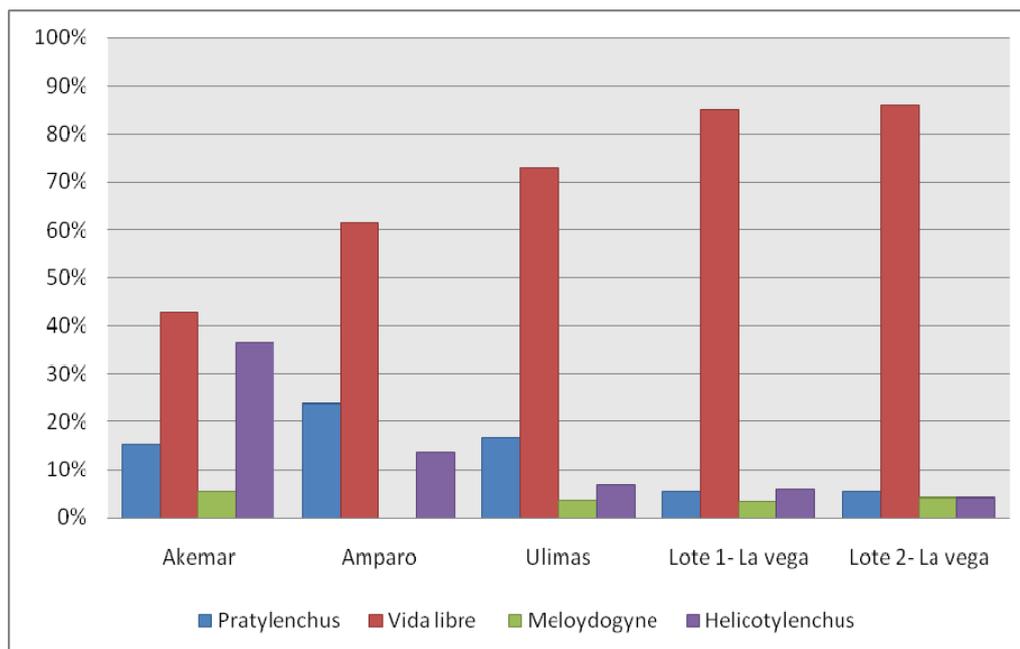


**Figura 9.** Porcentaje relativo de géneros predominantes en muestras de raíz, en las fincas muestreadas de arroz (*Oryza sativa*), en los Cantones de San Carlos y Los Chiles de Alajuela. Junio – Noviembre, 2007.

Con respecto al porcentaje de frecuencias relativo de los nematodos en el suelo (Figura 9), los nematodos de vida libre fueron los que dominaron las muestras de suelo en todas las fincas en las que se muestreo con un porcentaje

de entre un 45 a un 82%. En estas fincas hubo una dominancia de géneros *Pratylenchus* spp y *Helicotylenchus* spp.

Con el cual concuerdo con lo dicho por Sánchez y Salazar (1985), que encontraron que *Helicotylenchus* spp. fue el nematodo más común en suelos; seguido por *Pratylenchus zeae* y *Meloidogyne salasi*.



**Figura 10.** Porcentaje relativo de géneros predominantes en muestras de suelo, en las fincas muestreadas de arroz (*Oryza sativa*), en los Cantones de San Carlos y Los Chiles de Alajuela. Junio – Noviembre, 2007.

### 5.3 Estadística descriptiva

El género *Pratylenchus* spp. presentó el mayor promedio de densidad de población (Cuadro 5) con 9590,5 nematodos en 100 g de raíz, con un mínimo de 48 y un máximo de 43470 nematodos en 100 g de raíz.

*Meloidogyne* spp. fue el segundo género en nematodos con una densidad poblacional de 6667,7 nematodos en 100 g de raíz, un mínimo de cero y un máximo de 50059,62 (Cuadro 5).

Para el género *Helicotylenchus* spp. con un promedio de densidad poblacional de 391,9231 nematodos. La mínima densidad poblacional obtenida en los muestreos fue de 0 y la máxima de 4498 nematodos en 100 g de raíz (Cuadro 5).

También se obtuvieron altas densidades de nematodos de vida libre en muestras de raíz, con un promedio de densidad de 4436,465 nematodos en 100 gr de raíz, el mínimo de cero y máximo de estos nematodos encontrados de 23262,22 por 100 gr de raíz (Cuadro 5).

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 nematodos de Vida Libre, *Meloidogyne* spp y *Helicotylenchus* spp.

**Cuadro 5.** Estadística Descriptiva de los principales géneros de nematodos presentes en la raíz en cultivo de arroz (*Oryza sativa*), Región Huasteca Norte (Cantones de Los Chiles y San Carlos) en las cinco fincas muestreadas. 2007.

Géneros	Cantidad	Rango	Mínimo	Máximo	Media
Nematodos totales	78	24359	33	24392	3517,59
<i>Pratylenchus</i> spp.	26	43422	48	43470	9590,5
Vida Libre	26	23262,22	0	23262,22	4436,46
<i>Meloidogyne</i> spp.	26	50059,62	0	50059,62	6667,77
<i>Helicotylenchus</i> spp.	26	4498	0	4498	391,92

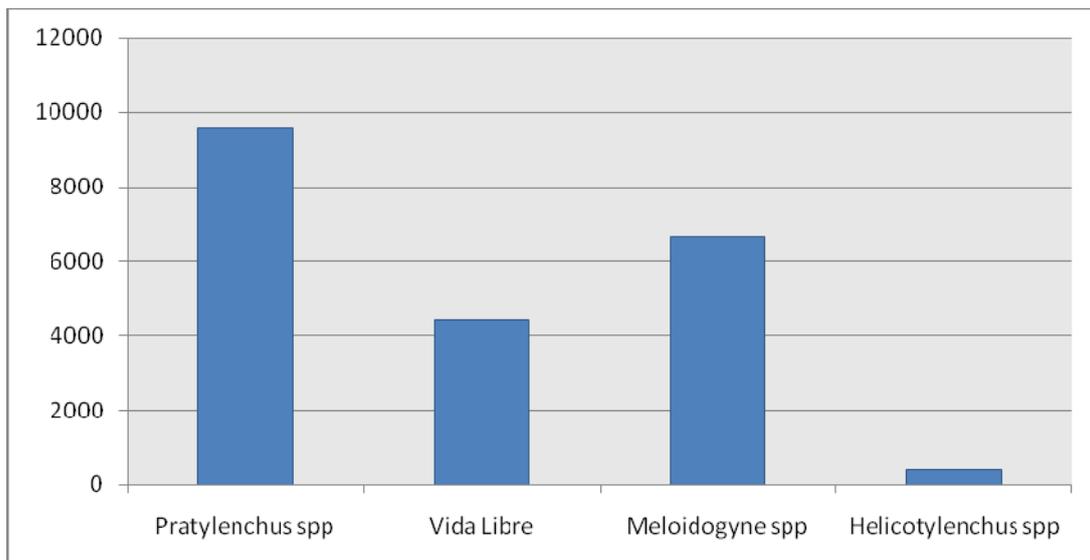


Figura 11. Promedio de nematodos presentes en las cinco fincas muestreadas de raíz en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*) en la región Huetar Norte de Costa Rica. 2007.

En las muestras de suelo el nematodos mas predominante fue el de Vida Libre con un promedio para las cinco fincas muestreadas de 77,49 nematodos en 100 gramos de suelo, con un máximo de 242,22 nematodos y un mínimo de cero, le siguió *Helicotylenchus* spp. con un promedio de 21,53 nematodos en 100 gramos de suelo, con un máximo de 190,37 y un mínimo de cero, después le siguió el género *Pratylenchus* spp. y de último *Meloidogyne* spp. (Cuadro 6 y Figura 12)

Suárez y Rosales (2004) ya lo habían mencionado que 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; por eso es que existe más nematodos de este género en el suelo.

**Cuadro 6:** Estadística Descriptiva de los principales géneros de nematodos presentes de suelo en cultivo de arroz (*Oryza sativa*), Región Huetar Norte (Cantones de Los Chiles y San Carlos) en las cinco fincas muestreadas. 2007.

Géneros	Cantidad	Rango	Mínimo	Máximo	Media
Nematodos totales	84	165	1	166	20,08
<i>Pratylenchus</i> spp.	28	92	0	92	14,96
Vida Libre	28	242,22	0	242,22	77,49
<i>Meloidogyne</i> spp.	28	54,81	0	54,81	4,57
<i>Helicotylenchus</i> spp.	28	190,37	0	190,37	21,53

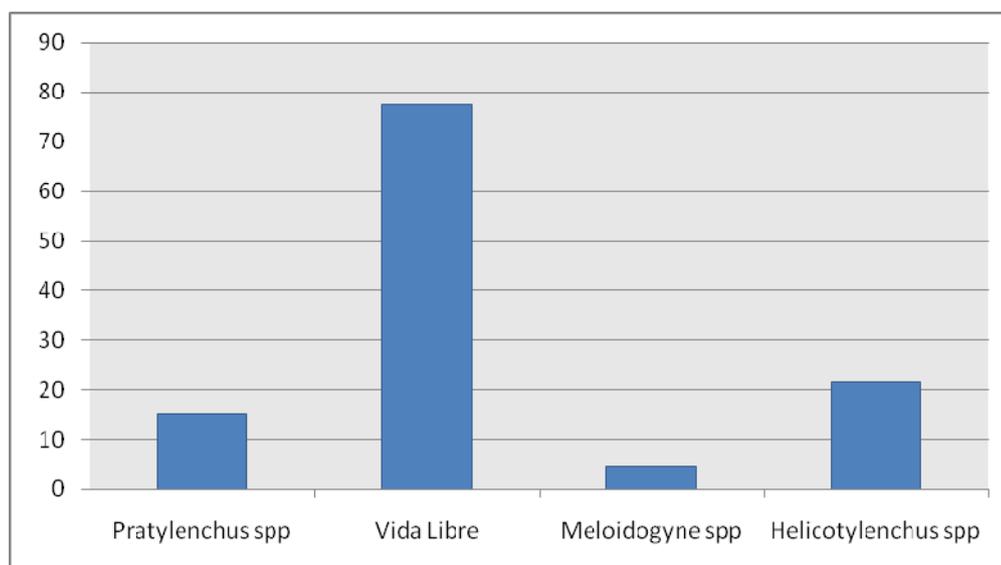


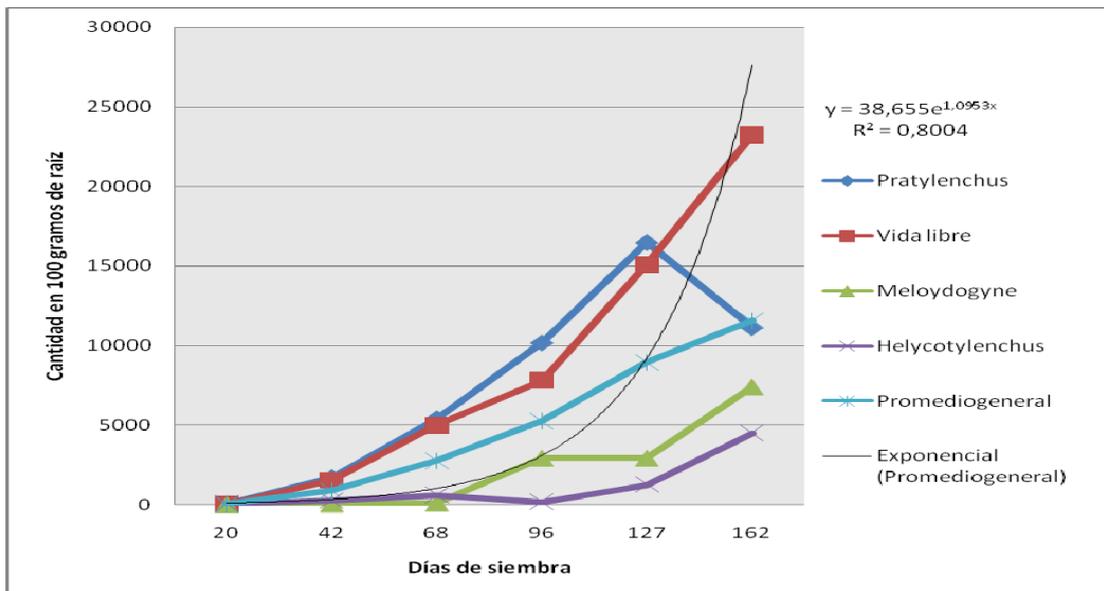
Figura 12. Promedio de nematodos presentes en las cinco fincas muestreadas de suelo en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*), en la región Huetar Norte de Costa Rica. 2007.

## 5.4 Dinámica poblacional de nematodos fitoparásitos presentes en raíz en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*) en los Cantones San Carlos y Los Chiles de Costa Rica, 2007

### 5.4.1 Dinámica poblacional de nematodos fitoparásitos presentes en raíz en la Finca de Marconi .

Con respecto a la finca del productor Marconi Rodríguez situada en Caño Negro de los Chiles, referente al muestreo de raíz se encontró géneros de nematodos como *Pratylenchus* spp., *Meloidogyne* spp. y *Helicotylenchus* spp. y nematodos de Vida libre.

Para el promedio de géneros de nematodos se encontró que los datos tienden a tener una línea de tendencia exponencial con un coeficiente de determinación  $R^2$  de 0,80, esto lo que quiere decir es que existe un alto porcentaje de influencia, entre mayor la edad del cultivo mayor es el número de nematodos presentes en el cultivo de arroz durante todo el ciclo del cultivo (Figura 13).



**Figura 13.** Comportamiento poblacional de los principales géneros de nematodos, vida libres y promedio general presentes en raíces de arroz (*Oryza sativa*), finca Marconi Rodríguez. Junio a Noviembre del 2007.

En el caso de la población nematodos, los género *Pratylenchus* spp., nematodos de Vida Libre, *Meloidogyne* spp. y *Helicotylenchus* spp., presentaron el mejor ajuste de línea de tendencia lineal con (0,80; 0,92; 0,79;0,60) (Cuadro 7).

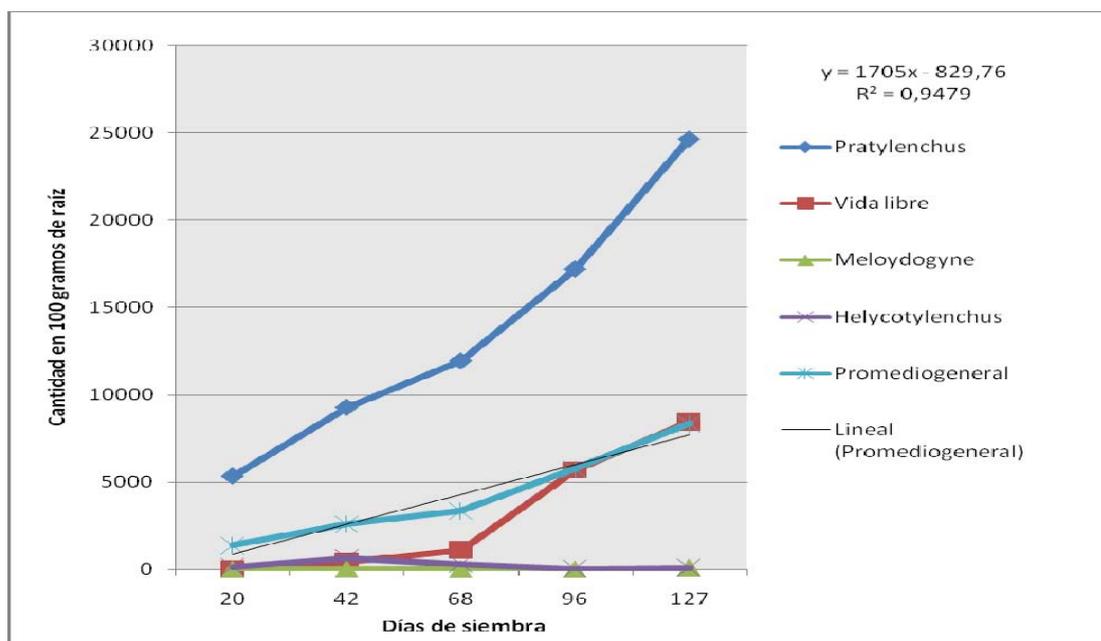
En esta finca se observa que el crecimiento poblacional de nematodos empieza a crecer después de los 60 días de después de la siembra y sigue creciendo durante todo el ciclo del cultivo del arroz (*Oryza sativa*), esto pasa en todos los géneros y nematodos de Vida Libre (Figura 13).

**Cuadro 7:** Líneas de tendencia de ajuste para cada uno de los géneros y nematodos de Vida Libre presentes en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*), en la finca de Marconi Rodríguez. 2007.

	<i>Pratylenchus</i> spp	Vida libre	<i>Meloidogyne</i> spp	<i>Helicotylenchus</i> spp
<b>Línea de tendencia</b>	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal
<b>Fórmula</b>	$y= 2984, x -2971$	$y= 2411,x -3536$	$y= 1386,x - 2625$	$y= 708,3x -1345$
<b>R cuadrado</b>	0,802	0,924	0,797	0,604

#### 5.4.2 Dinámica poblacional de nematodos fitoparásitos presentes en raíz en la Finca Roger Murillo.

En la finca del productor de Roger Murillo localizada en el Amparo de Los Chiles, Costa Rica en el promedio de géneros de nematodos se encontró que los datos tienden a tener una línea de tendencia lineal con un coeficiente de determinación de  $R^2$  de 0.94, esto lo que quiere decir es que existe un alto porcentaje de influencia, con respecto a la edad del cultivo donde se aprecia que entre mayor la edad del cultivo ,mayor es la cantidad de nematodos presentes en la raíz de cultivo del arroz (*Oryza sativa*) (Figura 14).



**Figura 14.** Dinámica poblacional de los principales géneros de nematodos, vida libres y promedio general presentes en raíces de arroz (*Oryza sativa*), Finca Roger Murillo, Amparo de Los Chiles. Junio a Noviembre del 2007.

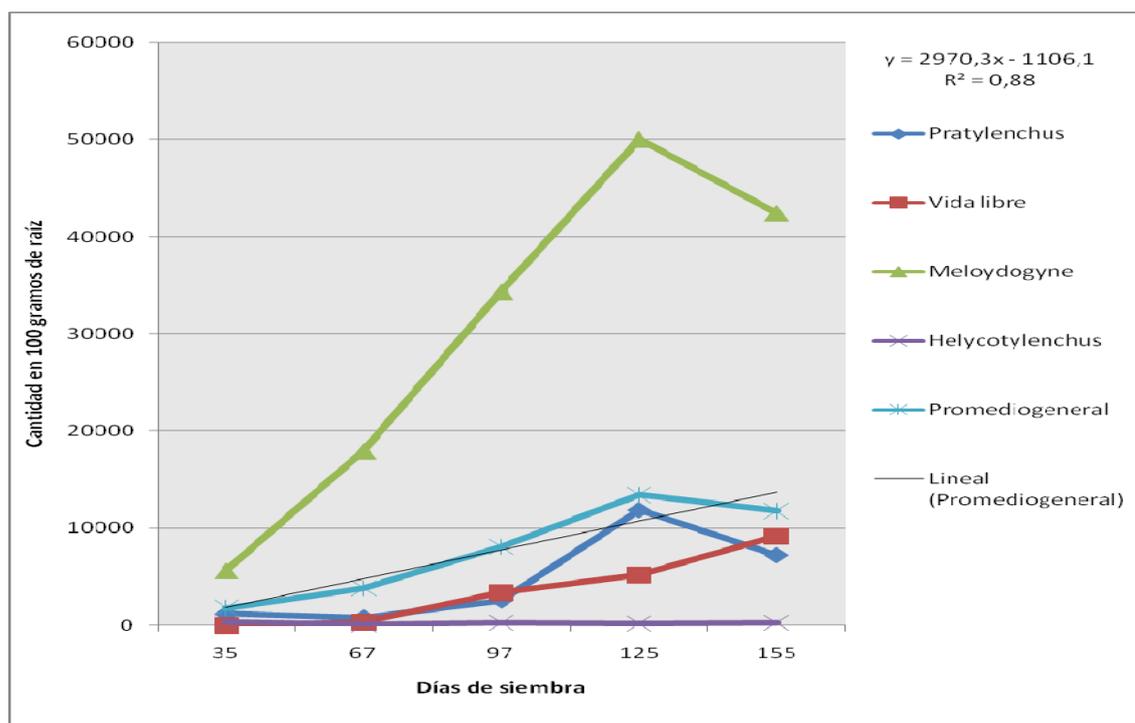
En esta finca la población de nematodos *Pratylenchus* spp., fue la que domino los muestreos, donde este género, prácticamente representa la curva de los nematodos totales. Con respecto a nematodos de vida libre y otras géneros el crecimiento de la población fue muy inferior. Los mejores ajustes de tendencia lineal de los nematodos fueron para el género *Pratylenchus* spp. y nematodos de Vida Libre con 0,96 para ambos géneros. Para los géneros *Meloidogyne* spp. y *Helicotylenchus* spp. no se cálculo porque la cantidad de datos es muy baja (Cuadro 8).

**Cuadro 8:** Líneas de tendencia de ajuste para cada uno de los géneros y nematodos de Vida Libre presentes en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*), en la finca de Roger Murillo. 2007.

	<i>Pratylenchus</i> spp	Vida libre
Línea de tendencia	Lineal	Lineal
Fórmula	$y = 4652,x - 267,3$	$y = 606,9x^2 - 1425,x + 754,3$
R cuadrado	$R^2 = 0,964$	$R^2 = 0,969$

### 5.4.3 Dinámica poblacional de nematodos fitoparásitos presentes en raíz en la Finca del productor Oscar Sancho.

En la Finca del productor Oscar Sancho, localizada en Ulimas de Florencia del Cantón de San Carlos, dando como resultado que para el promedio de géneros de nematodos, se encontró que los datos tienden a tener una línea de tendencia lineal con un coeficiente de determinación  $R^2$  de 0.88, esto lo que quiere decir es que existe un alto porcentaje de influencia, entre el crecimiento del cultivo y el número de nematodos presentes en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*) durante todo el ciclo del cultivo (Figura 15).



**Figura 15.** Dinámica poblacional de los principales géneros de nematodos, vida libres y promedio general presentes en raíces de arroz (*Oryza sativa*), finca Oscar Sancho. Junio a Noviembre del 2007.

El nematodo que mayor cantidad estuvo en las muestras de arroz en esta finca, fue el género *Meloidogyne* spp., con una tendencia de lineal de 0,58, le siguió nematodos de Vida Libre con un coeficiente de determinación de 0,94 y *Pratylenchus* spp. con 0.59. En el caso de *Helicotylenchus* spp. no se ajustó a ningún modelo porque la cantidad de datos es poca (Cuadro 9).

**Cuadro 9.** Líneas de tendencia de ajuste para cada uno de los géneros y nematodos de Vida Libre presentes en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*), en la finca de Marconi Oscar Sancho. 2007.

	<i>Pratylenchus</i> spp	Vida libre	<i>Meloidogyne</i> spp
<b>Línea de tendecia</b>	Lineal	Lineal	Lineal
<b>Fórmula</b>	$y = 2320,x - 2229,$	$y = 2320,x - 3342$	$y = 10575x - 1629,$
<b>R cuadrado</b>	$R^2 = 0,594$	$R^2 = 0,940$	$R^2 = 0,850$

Se observa que en esta Finca el crecimiento poblacional de nematodos empieza a crecer después de los 35 días de después de la siembra y sigue creciendo durante todo el ciclo del cultivo del arroz, hasta los 130 días donde empieza a decrecer cuando se cosecha esto pasa en todos los géneros, menos los nematodos de Vida Libre que siguen creciendo, esto se debe a que son organismos que se alimentan de materia orgánica en descomposición (Figura 15).

#### **5.4.4 Dinámica poblacional de nematodos fitoparásitos presentes en raíz en la Finca La Vega, Lote 1 del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR).**

En la finca del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Lote 1, los nematodos de mayor importancia económica encontrados en este lote en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*), son *Pratylenchus* spp. con una línea de tendencia de ajuste Potencial y su coeficiente de determinación de  $R^2$  de 0,83, le siguió nematodos de Vida Libre con una tendencia de ajuste polinómica de 0,61, los géneros

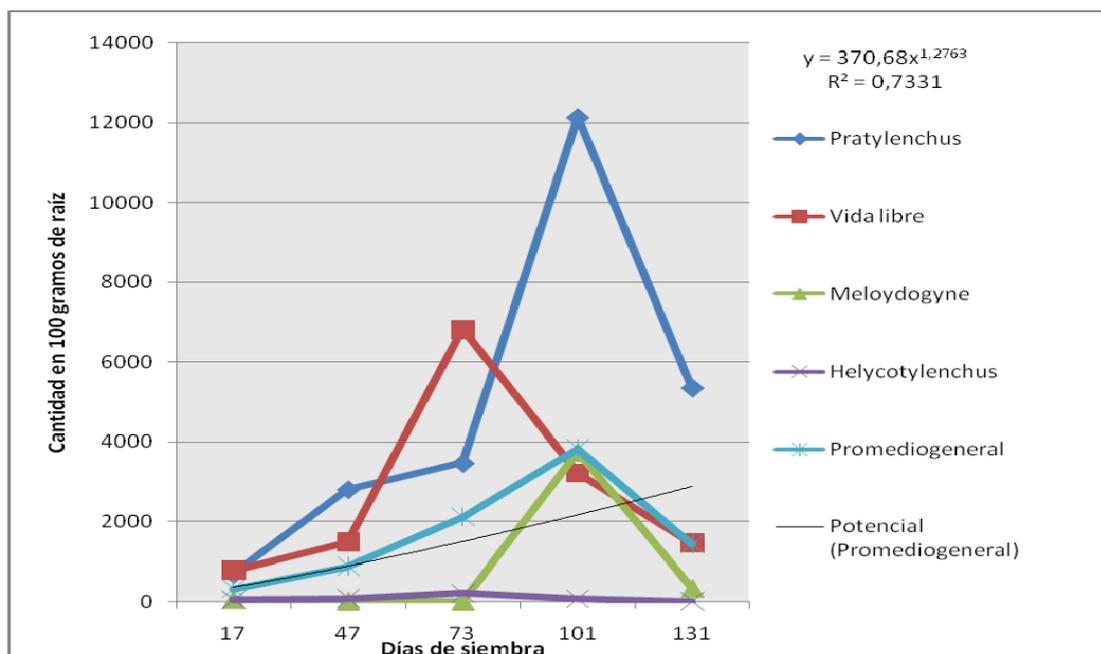
*Meloidogyne* spp. y *Helicotylenchus* spp., su coeficiente es muy bajo menos de 0,5 (Cuadro 10).

**Cuadro 10.** Datos estadísticos descriptivos sobre las poblaciones de nematodos presentes en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*), en la Finca La Vega, Lote 1. 2007.

	<b><i>Pratylenchus</i> spp</b>	<b>Vida libre</b>
<b>Línea de tendencia</b>	Potencial	Polinómica
<b>Fórmula</b>	$y = 807,0x^{1,495}$	$y = -991,5x^2 + 6258,x - 5114,$
<b>R cuadrado</b>	$R^2 = 0,823$	$R^2 = 0,614$

Para el Promedio de nematodos encontrados en esta finca, se encontró que la tendencia es lineal con un coeficiente de determinación de  $R^2$  de 0.73, esto lo que quiere decir es que existe un alto porcentaje de influencia, o sea entre mayor la edad del cultivo mayor es el número de nematodos presentes en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*) por el crecimiento de las raíces de la planta, durante todo el ciclo del cultivo (Figura 16).

En esta finca el nematodo de mayor importancia económica es el género *Pratylenchus* spp., donde su población empieza a crecer desde los 17 días, esto sucede por el crecimiento de raíces de las plantas de arroz, le sigue los géneros *Meloidogyne* spp. y *Helicotylenchus* spp. en menores cantidades (Figura 16).



**Figura 16.** Dinámica poblacional de los principales géneros de nematodos, vida libres y promedio general presentes en raíces de arroz (*Oryza sativa*), finca La Vega ITCR, Lote 1. Junio a Noviembre del 2007.

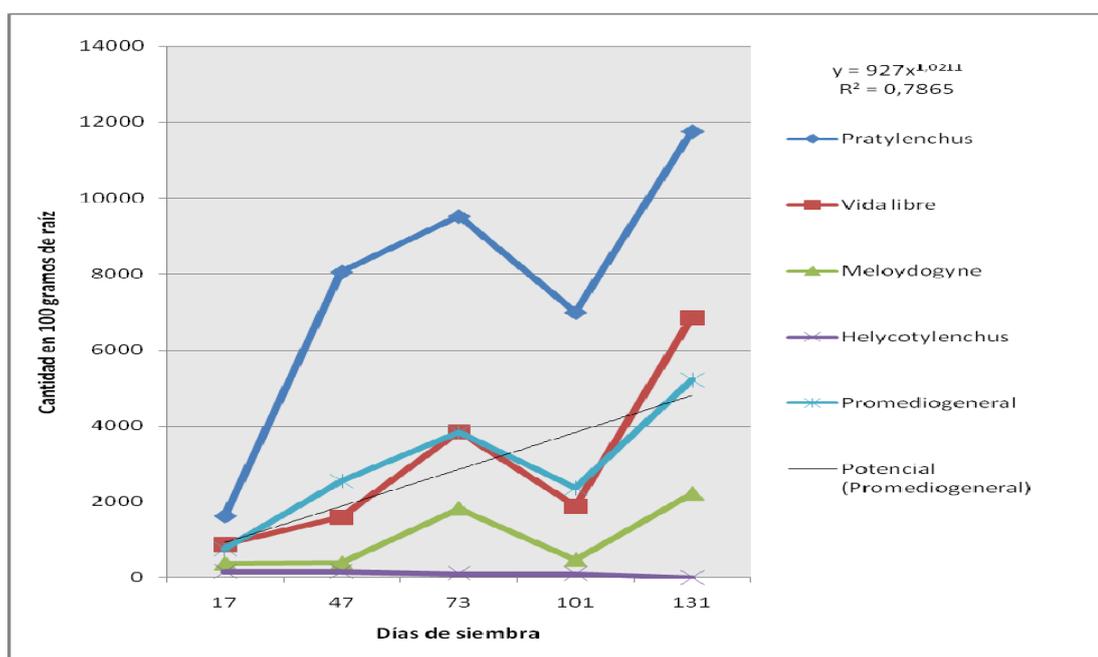
#### 5.4.5 Dinámica poblacional de nematodos fitoparásitos presentes en raíz en la Finca La Vega, Lote 2 del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR).

Con respecto al lote 2 de la finca del Instituto Tecnológico de Costa Rica, los nematodos de mayor densidad poblacional encontrados en este lote, en el cultivo de arroz son el género *Pratylenchus* spp., Vida libre después le siguió el género *Meloidogyne* spp. y de último el género *Helicotylenchus* spp. El género *Pratylenchus* spp. tiene un coeficiente de determinación de 0,76 con una línea de tendencia potencial, los nematodos de Vida Libre, tienen una línea de tendencia de ajusta potencial con un coeficiente de 0,71, para los géneros *Meloidogyne* spp. y *Helicotylenchus* spp. su coeficiente es menor 0,5 por lo cuál no se colocó en los datos (Cuadro 11 ).

**Cuadro 11.** Líneas de tendencia de ajuste para cada uno de los géneros y nematodos de Vida Libre presentes en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*), en la finca La Vega del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Lote 2. 2007.

	<i>Pratylenchus</i> spp	Vida libre
Línea de tendencia	Potencial	Potencial
Fórmula	$y = 2262, x^{1,076}$	$y = 846,4x^{1,061}$
R cuadrado	$R^2 = 0,761$	$R^2 = 0,713$

El promedio de nematodos encontrados en esta finca, lote 2 se encontró que los datos tienen una tendencia lineal con un coeficiente de determinación  $R^2$  de 0.78, esto lo que quiere decir es que existe un alto porcentaje de influencia, con respecto al crecimiento de nematodos versus la edad del cultivo o sea entre mayor la edad del cultivo mayor es el número de nematodos presentes en el cultivo de arroz por el crecimiento de las raíces de la planta, durante todo el ciclo del cultivo que contribuye al incremento y desarrollo de nematodos (Figura 17).

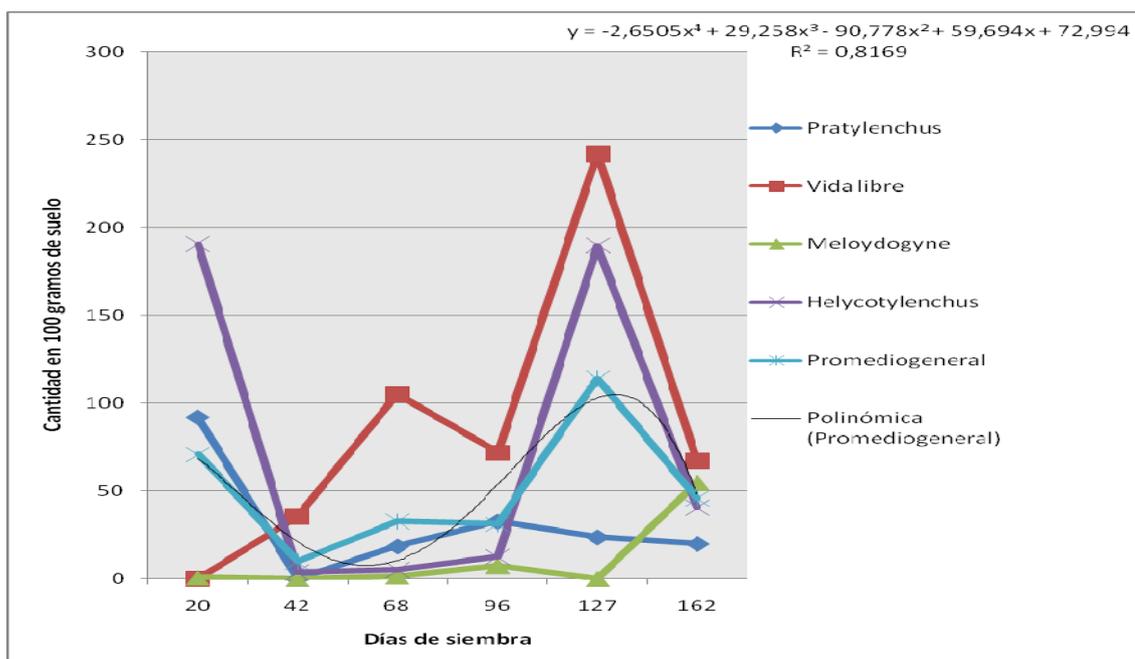


**Figura 17.** Dinámica poblacional de los principales géneros de nematodos, vida libres y promedio general presentes en raíces de arroz (*Oryza sativa*), finca La Vega ITCR, Lote 2. Junio a Noviembre del 2007.

## 5.5 Densidad promedio de nematodos fitoparásitos presentes en suelo, en el cultivo de arroz en los Cantones de San Carlos y de Los chiles de Costa Rica, 2007

### 5.5.1 Densidad promedio de nematodos fitoparásitos presentes en suelo en la Finca de Marconi Rodríguez.

En los resultados del análisis de suelo de la finca de Marconi Rodríguez, los nematodos de Vida Libre y *Helicotylenchus* spp. fueron los más comunes en este suelo; le siguieron en orden descendente *Pratylenchus* spp., *Meloidogyne* spp. (Figura 18). 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 nematodos se localiza en los primeros 15 cm de profundidad, esto según estudios realizados por López (1981).



**Figura 18.** Dinámica poblacional de los principales géneros de nematodos, vida libres y promedio general presentes en suelo, en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*), finca Marconi Rodríguez, Caño Negro de Los Chiles. Junio a Noviembre del 2007.

Se encontró que el promedio de nematodos encontrados en 100 gramos de suelo tienden a tener una línea de tendencia polinómica con un coeficiente de determinación  $R^2$  de 0,81, esto lo que quiere decir es que existe muy bajo porcentaje de nematodos presentes en el suelo, durante todo el ciclo del cultivo, ya que la mayoría se localizan en las raíces de las plantas (Cuadro 12, Figura 18).

**Cuadro 12.** Líneas de tendencia de ajuste para cada uno de los géneros y nematodos de Vida Libre presentes en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*), en la finca de Marconi Rodríguez. 2007.

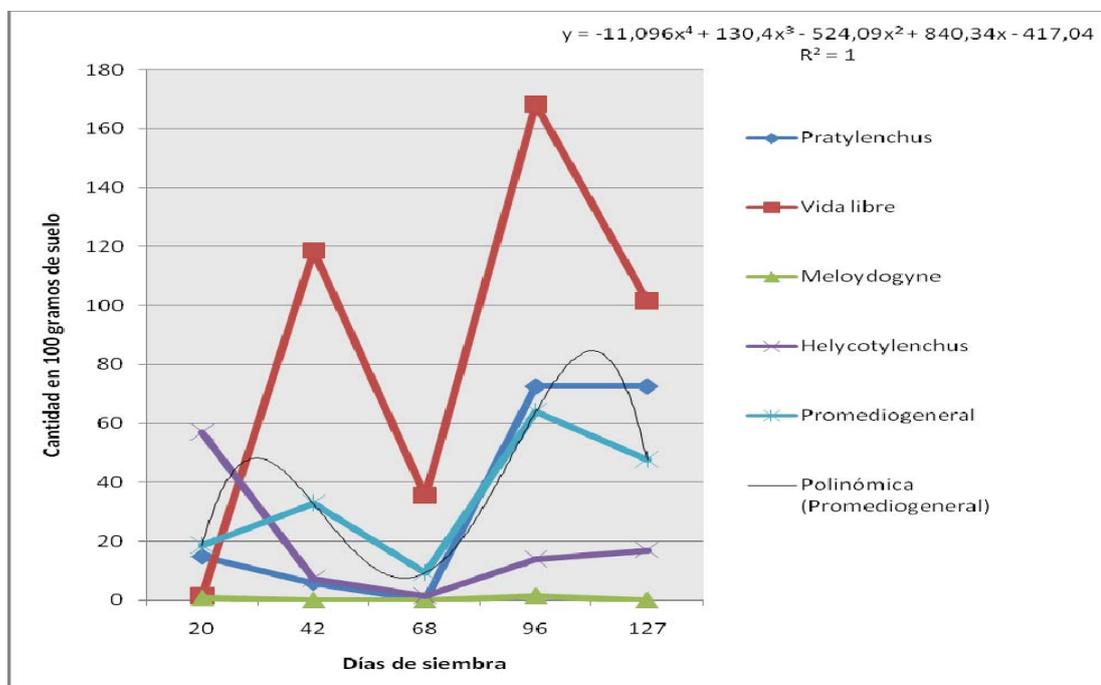
	<i>Pratylenchus</i> spp.	Vida libre
Línea de tendencia	Polinómica	Polinómica
Fórmula	$y = -5,384x^3 + 62,44x^2 - 219,9x + 249,3$	$y = -9,039x^3 + 83,33x^2 - 179,0x + 114,3$
R cuadrado	$R^2 = 0,852$	$R^2 = 0,638$

### 5.5.2 Densidad promedio de nematodos fitoparásitos presentes en suelo en la Finca de Roger Murillo.

Los resultados del análisis de suelo de la finca de Roger Murillo durante todo el ciclo del cultivo, sugieren que nematodos de Vida Libre y *Pratylenchus* spp. fueron el nematodo más comunes en este suelo; le siguieron en orden descendente *Helicotylenchus* spp., *Meloidogyne* spp. (Figura 19 ). Estos géneros presentaron para el *Pratylenchus* spp. un ajuste de 0,75, los nematodos de Vida Libre 0,68 y *Helicotylenchus* spp. y *Meloidogyne* spp. al tener pocos datos no se logró sacar un ajuste.

Se encontró que el promedio de nematodos encontrados en suelo en esta finca, tienden a tener una línea de tendencia polinómica con coeficiente de determinación de  $R^2$  es de 1, esto lo que quiere decir es que existe muy bajo

porcentaje de nematodos presentes en el suelo, durante todo el ciclo del cultivo, ya que la mayoría se localizan en las raíces de las plantas ( Cuadro 13, Figura 16).



**Figura 19:** Dinámica poblacional de los principales géneros de nematodos, vida libres y promedio general presentes en suelo en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*), Roger Murillo, Amparo de Los Chiles. Junio a Noviembre del 2007.

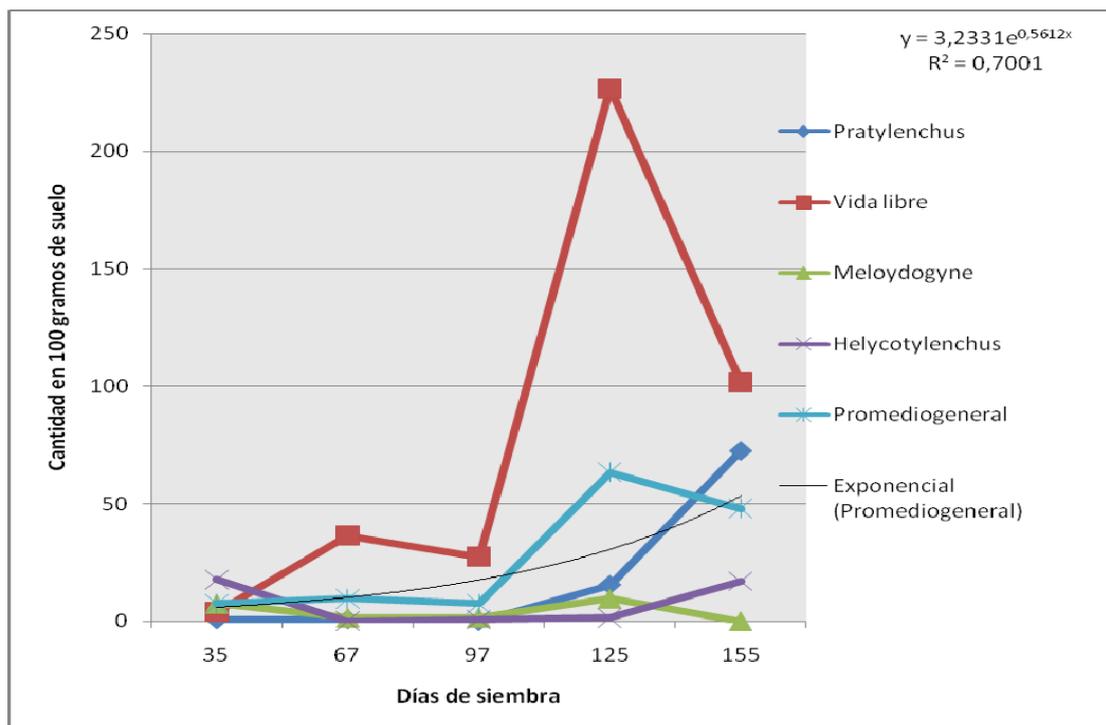
**Cuadro 13:** Datos estadísticos descriptivos sobre las poblaciones de nematodos presentes en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*), en la Finca Roger Murillo. 2007.

	<i>Pratylenchus</i> spp.	Vida libre
Línea de tendencia	Polinómica	Potencial
Fórmula	$y = 6,878x^2 - 23,04x + 26,66$	$y = 3,602x^{2,522}$
R cuadrado	$R^2 = 0,753$	$R^2 = 0,685$

### 5.5.3 Densidad promedio de nematodos fitoparásitos presentes en suelo en la Finca de Oscar Sancho.

Los resultados del análisis de suelo de la finca de Oscar Sancho, sugieren que nematodos de Vida Libre y *Pratylenchus* spp., fueron el nematodo más comunes en este suelo; le siguieron en orden descendente *Helicotylenchus* spp. y *Meloidogyne* spp. (Figura 20).

Se encontró que el promedio de nematodos encontrados en 100 gramos de suelo en esta finca, tienden a tener una línea de tendencia lineal con un coeficiente de determinación  $R^2$  de 0.64, esto lo que quiere decir es que un bajo porcentaje de nematodos presentes en el suelo, durante todo el ciclo del cultivo, ya que la mayoría se localizan en las raíces de las plantas (Figura 20).



**Figura 20.** Dinámica poblacional de los principales géneros de nematodos, vida libres y promedio general presentes en suelo en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*), Oscar Sancho, Ulimas de Florencia, San Carlos. Junio a Noviembre del 2007.

Los nematodos de de Vida Libre son los que mayor abundancia existen en las muestras de suelos de esta finca, estos nematodos tiene una curva de ajuste exponencial con un coeficiente de determinación de 0,73, los demás ajustes de los demás nematodos es muy baja por la poca cantidad de nematodos que se encontraron lo cual lo hace no significativa (Cuadro14).

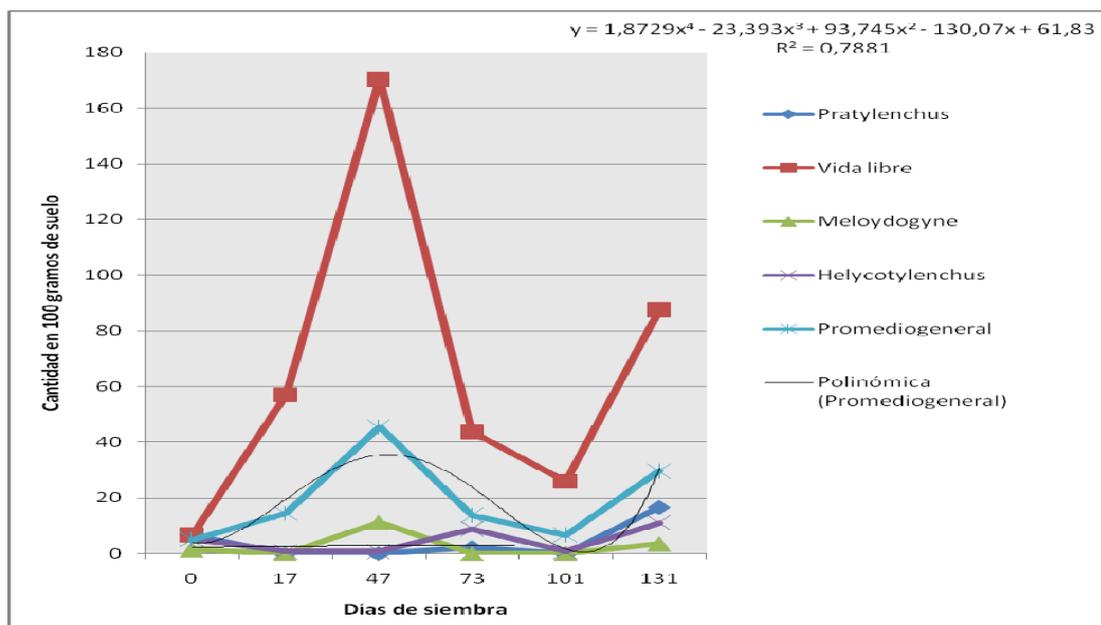
**Cuadro 14:** Datos estadísticos descriptivos sobre las poblaciones de nematodos presentes en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*), en la Finca Oscar Sancho. 2007.

	<b>Vida libre</b>
<b>Línea de tendencia</b>	Exponencial
<b>Fórmula</b>	$y = 3,050e^{0,845x}$
<b>R cuadrado</b>	$R^2 = 0,737$

#### **5.5.4 Densidad promedio de nematodos fitoparásitos presentes en suelo en la Finca La Vega del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Lote 1.**

Los resultados del análisis de suelo de la finca La Vega del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Lote 1 donde se sacaron seis muestras de suelo durante todo el ciclo del cultivo, sugieren que nematodos de Vida Libre fue el nematodo más común en este suelo; le siguieron en orden descendente *Helicotylenchus* spp., *Pratylenchus* spp. y *Meloidogyne* spp. (Figura 21).

Se encontró que el promedio de nematodos encontrados en suelo en esta finca, tienden a tener una línea de tendencia polinómica con un coeficiente de determinación de  $R^2$  de 0,78; esto quiere decir es que un muy bajo porcentaje de nematodos presentes en el suelo, durante todo el ciclo del cultivo, ya que la mayoría se localizan en las raíces de las plantas (Figura 21).



**Figura 21.** Dinámica poblacional de los principales géneros de nematodos, vida libres y promedio general presentes en suelo en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*), Finca La Vega ITCR, Lote 1, Florencia-San Carlos. Junio a Noviembre del 2007.

El Cuadro 15 muestra que los nematodos de Vida Libre son los que sobresalen sobre los demás géneros, el coeficiente de determinación es de 0,75, los otros géneros están muy bajos sus ajuste por lo cual no son significativos (Cuadro 15).

En la Figura 18 se muestra que baja la cantidad de nematodos a los 73 días aproximadamente, esto puede ser a que el cultivo ya tiene mayor cantidad de raíces por lo cual la cantidad que queda en el suelo es baja.

**Cuadro 15.** Datos estadísticos descriptivos sobre las poblaciones de nematodos presentes en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*), en la Finca La Vega, Lote 1. 2007.

	Vida libre
Línea de tendencia	Polinómica
Formula	$y = 5,698x^4 - 69,32x^3 + 262,0x^2 - 311,4x + 115,6$
R cuadrado	$R^2 = 0,753$

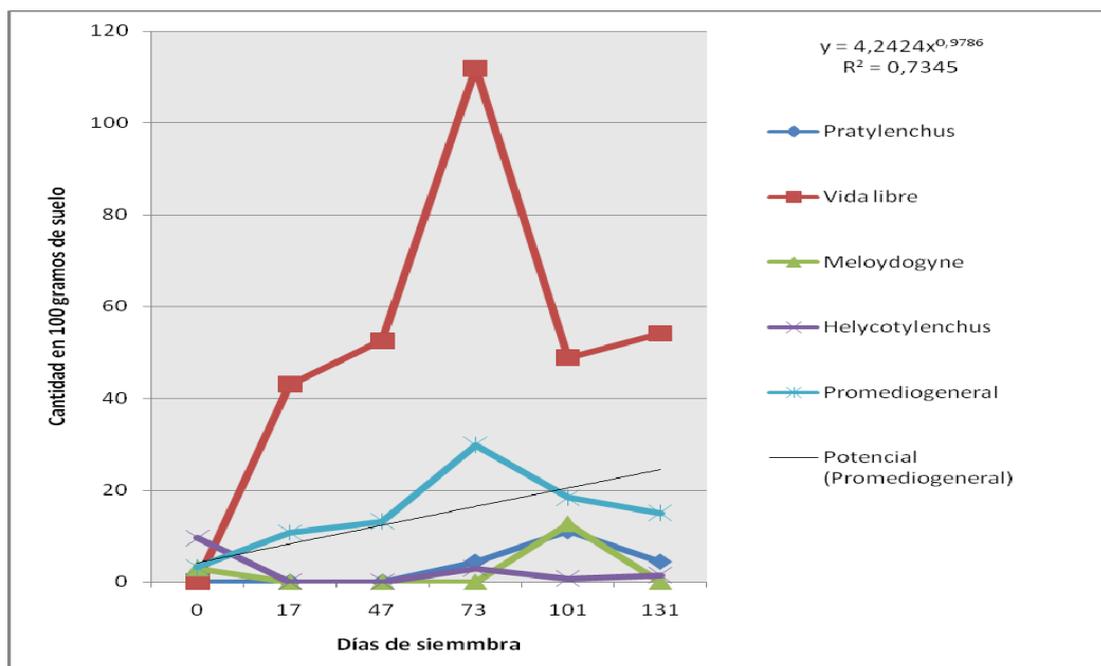
### 5.5.5 Densidad promedio de nematodos fitoparásitos presentes en suelo en la Finca La Vega del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Lote 2. 2007.

Los resultados del análisis de suelo de la finca La Vega del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Lote 2 el nematodos de Vida Libre fue el nematodo más común en este suelo, como paso en todas las anteriores muestras de suelo; le siguieron en orden descendente, *Pratylenchus* spp., *Helicotylenchus* spp. y *Meloidogyne* spp. La tendencia de ajuste lineal no hace posible ver las líneas de tendencia por la escasa cantidad de nematodos en suelo de estas muestras por lo cual su coeficiente es demasiado bajo y poco significativo (Cuadro 16).

**Cuadro 16:** Datos estadísticos descriptivos sobre las poblaciones de nematodos presentes en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*), en la Finca La Vega, Lote 2. 2007.

	<b>Vida libre</b>
<b>Línea de tendencia</b>	Logarítmica
<b>Fórmula</b>	$y = 35,46\ln(x) + 12,84$
<b>R cuadrado</b>	$R^2 = 0,632$

Se encontró que el promedio de nematodos encontrados en suelo en esta finca, tienden a tener una línea de tendencia potencial con un coeficiente de determinación  $R^2$  de 0,73 esto quiere decir tiene influencia el porcentaje de nematodos presentes en el suelo, durante todo el ciclo del cultivo (Figura 22).



**Figura 22.** Dinámica poblacional de los principales géneros de nematodos, vida libres y promedio general presentes en suelo en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*), Finca La Vega ITCR, Lote 2, Florencia-San Carlos. Junio a Noviembre del 2007.

## **5.6 Análisis de regresión lineal y múltiple, en la comparación de las cinco fincas que fueron muestreada, en el cultivo del arroz (*Oryza sativa*), en muestras de raíz y suelo, en los Cantones de San Carlos y Los Chiles de Costa Rica, 2007**

Se realizó un análisis de regresión múltiple para determinar cuáles son la variables cuantitativas en este caso (DÍAS DE SIEMBRA, pH, K, Ca, Mg, Acidez extraíble, P, Fe, Cu, Zn, Mn, K), que influyen más en la dinámica poblacional de nematodos presentes en muestras de raíz.

### **5. 6.1 Nematodos de la raíz vrs Días de siembra y Acidez extraíble**

En el modelo 1 y 2 (Cuadro 17), se tiene dos variables de nematodos totales presentes en raíz, de la cual el modelo 2 que representa la variaciones de (días de siembra y Acidez extraíble), en la dinámica poblacional de los nematodos, fue el que presento mejor coeficiente de determinación ajustado de un 42%, esto contribuyen significativamente a explicar la influencia que existe en el comportamiento en el promedio de nematodos totales presentes en la raíz.

El Modelo 2 (Cuadro 17) también muestra que en la columna del **Valor B (coeficiente no estandarizado)**, muestra que por cada día de siembra, el número de nematodos totales presente en el cultivo del arroz va aumentar en 40,929, además se muestra que la acidez del suelo, hace que aumente la dinámica población de nematodos. El **Valor Beta** muestra que la mayor influencia que tiene sobre la variable de nematodos totales presentes en las muestras de raíces es la constante de días de siembra (DDS), con un 55 %, seguida por la acidez extraíble con un 46 %. Además se muestra que los días de siembra (DDS) fue la única del modelo 2 que están por debajo del nivel crítico (0,05), por lo cual contribuye a mejorar la calidad de regresión del modelo.

**Cuadro 17.** Resultados de análisis de regresión lineal múltiples de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en raíz vrs variables cuantitativas (Días de siembra, pH, K, Ca, Mg, Acidez extraíble, P, Fe, Cu, Zn, Mn, K) en la Región Huetar Norte (Cantones de Los Chiles y San Carlos) de Costa Rica.

Modelo	Variable	Constante	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajuste	Valor B	Beta	prueba t
1	Nematodos totales	DDS	0,214	0,181	33,947	0,462	0,170
2	Nematodos totales	DDS Acidez	0,42	0,37	40,928 4142,912	0,55 0,464	0,02 0,09
3	Vida Libre	DDS	0,243	0,211	59,352	0,492	0,110
4	Vida Libre	Cu	0,238	0,206	1588,303	0,488	0,120
5	Vida Libre	DDS Cu	0,537	0,497	66,320 1778,112	0,550 0,546	0,001 0,001
6	Vida Libre	DDS Acidez	0,406	0,554	69,534 20627,165	0,577 0,413	0,02 0,19
7	Vida Libre	DDS Zn Mn Acidez	0,632	0,562	68,636 3999,429 -46,932 16716,853	0,57 0,689 -0,506 0,334	0,000 0,002 0,014 0,026
8	Vida Libre	Zn	0,172	0,138	2409,671	0,415	0,035
9	Vida Libre	DDS Zn	0,411	0,359	58,871 2382,037	0,488 0,416	0,006 0,017
10	Vida Libre	DDS Zn Fe	0,623	0,572	67,443 4052,172 42,441	0,56 0,698 0,548	0,000 0,000 0,002

### 5.6.2 Nematodos de la raíz vrs Elementos químicos del suelo

En los modelo 3, 4, 5 (Cuadro 17) el de mayor ajuste fue el modelo 5 con un coeficiente de determinación de ajuste de un 49,7%, de variabilidad de los datos para nematodos de Vida Libre. El **Valor B (coeficiente no estandarizado)**

muestra que las constantes días de siembre (DDS) y el elemento Cobre (Cu) influyen en el aumento de nematodos de Vida Libre. La influencia que tiene sobre su dinámica poblacional es altamente significativa para ambas constantes.

De los modelos 6, 7, 8, 9 y 10 (Cuadro 17) el modelo de mayor ajuste fue el modelo 10 que fue el que presentó un coeficiente de correlación de 57% sobre la variabilidad de la población de nematodos de Vida Libre. El **Valor B (coeficiente no estandarizado)**, muestra que aumenta la población de nematodos con el aumento de las constantes de Días de siembra (DDS), Zinc y Hierro, su porcentaje de influencia es altamente significativo.

Para los nematodos del género *Meloidogyne* spp. en muestras de raíz se obtuvieron once modelos de los cuales el Modelo 1 (Cuadro 18), tiene un coeficiente de determinación ajustado es de un 47% en la variabilidad de los datos de las muestras de raíces. Se observa que en el **Valor B (coeficiente no estandarizado)**, que por cada miligramo por litro (mg/L) del elemento Manganesio (Mn) habrá un aumento de más de 170 nematodos del género *Meloidogyne* spp. en las muestras de raíz. El porcentaje de influencia que tiene esta variable sobre la dinámica poblacional de este género es de un Beta (70%) y es altamente significativa.

De los Modelos 2, 3, 4 y 5 (Cuadro 18) el que presento un mayor ajuste en su coeficiente de determinación fue el cuatro y el cinco con 42 y 43% en la variabilidad de las muestras de raíz. El **Valor B (coeficiente no estandarizado)** para el modelo 4 las variables fueron los elementos Zinc, donde aumenta la cantidad de nematodos al haber más de este elemento disponible en la plantas, en cambio con el Potasio y Acidez extraíble, la cantidad de nematodos presente se reduce considerablemente, el porcentaje de influencia que tiene sobre la dinámica poblacional de nematodos es para el Zinc de un 51% y es significativo su efecto en el caso del elemento Potasio la influencia es baja pero significativo y la Acidez extraíble la influencia no es significativa para que afecte la dinámica poblacional de género.

Para el Modelo 5 (Cuadro 18) las variables que dieron efecto sobre el crecimiento poblacional de género *Meloidogyne* spp. fueron los elemento Zinc y Cobre, donde al aumentar la cantidad de zinc existirá más nematodos de este género presentes en las raíces, en cambio con el cobre su población se reduce considerablemente, el Zinc tiene mayor influencia significativa que el Cobre sobre la dinámica poblacional.

**Cuadro 18.** Resultados de análisis de regresión lineal múltiples de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en raíz vrs variables cuantitativas (Días de siembra, pH, K, Ca, Mg, Acidez extraíble, P, Fe, Cu, Zn, Mn, K) en la Región Huetar Norte (Cantones de Los Chiles y San Carlos) de Costa Rica.

Modelo	Variable	Constante	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajuste	Valor B	Beta	Prueba t
1	Meloidogyne	Mn	0,706	0,477	170,708	0,706	0,000
2	Meloidogyne	Zn	0,238	0,206	7386,57	0,488	0,011
3	Meloidogyne	Zn (K)	0,382	0,328	6642,015 -35240,0	0,439 -0,382	0,04 0,30
4	Meloidogyne	Zn (K) Acidez	0,495	0,426	7753,995 -49186,4 -49414,7	0,512 -0,534 -0,379	0,003 0,04 0,38
5	Meloidogyne	Zn Cu	0,478	0,432	12481,088 -5042,450	0,824 -0,594	0,000 0,004
6	Meloidogyne	P	0,165	0,131	-88,895	-0,407	0,390
7	Meloidogyne	P Mg	0,349	0,292	-4321,610 21460,942	-1,993 1,643	0,005 0,018
8	Meloidogyne	Fe	0,471	0,449	-138,457	-0,686	0,000
9	Meloidogyne	K	0,193	0,159	-40436,5	-0,439	0,025
10	Meloidogyne	K Mg	0,38	0,326	-161172 18025,11	-1,749 1,380	0,003 0,015
11	Meloidogyne	K P	0,411	0,36	-6844,665 15191,188	-7,429 7,006	0,005 0,008
12	Helicotylenchus	Cu	0,183	0,149	230,43	0,428	0,029

Del Modelo 6 y 7 (Cuadro 18), el modelo 7 es el que tiene mayor coeficiente de determinación ajustado con un 29% de variabilidad sobre los datos, el **Valor B (coeficiente no estandarizado)** nos dice que el Fosforo reduce la cantidad de nematodos de este género, en cambio el Magnesio aumenta la cantidad de este género, el porcentaje de mayor influencia es primero para el elemento Magnesio y después el Fósforo, ambos tiene influencia significativa sobre la población de nematodos de este género.

En el Modelo 8 el porcentaje de coeficiente de determinación ajustado es de un 44,9%, al aumentar la cantidad de Hierro se reduce población de nematodos *Meloidogyne* spp. en 138,45 por cada miligramo por litro (mg/L) que tenga, el porcentaje de influencia que es significativo, de este elemento sobre la dinámica poblacional de este género es de un **Beta** (-0,686).

Los modelos 9, 10 y 11 (Cuadro 18 ) el de mayor ajuste es del modelo 11 con 36 % seguido por el 10 con un 32% y de último el modelo 9 con un 15 % las variables que se usaron fueron los elementos Potasio, Magnesio y Fósforo, pero se observa que el elemento Fosforo su influencia no es significativa en la dinámica poblacional del género, por lo cual se rechaza el modelo 11 y se acepta el modelo 10 como mejor representación de estas variables, la cantidad de Magnesio aumenta el número de nematodos, en cambio el potasio los reduce, el magnesio tiene mayor influencia que el Potasio.

El modelo 12 (Cuadro 18)tiene un coeficiente de determinación ajustado de 15% , el **Valor B (coeficiente no estandarizado)** nos dice que por cada miligramo por litro (mg/L) de Cobre que tenga el suelo, va aumentar en 230,4 nematodos y la influencia que tenga sobre la dinámica poblacional de nematodos es de 42 %, por lo cual es significativa.

### 5.6.3 Nematodos del suelo vrs Días de siembra y elementos químicos del suelo

En los nematodos totales presentes en las muestras de suelo se observa en el modelo 1 (Cuadro 19) que de todas las variables cuantitativas usadas en el análisis de regresión múltiple (DÍAS DE SIEMBRA, pH, K, Ca, Mg, Acidez extraíble, P, Fe, Cu, Zn, Mn, K), solamente los días de siembra (DDS), presentaron influencia en la dinámica poblacional de nematodos, con un coeficiente de determinación ajustado de 29%, además se explica en **Valor B (coeficiente no estandarizado)**, que por cada día de siembra que tenga el cultivo del arroz existirá 0,45 nematodos en el suelo, existe un influencia sobre la cantidad de nematodos presente de **Beta (0,57) y** es altamente significativa ayuda explicar lo que ocurre en la variable dependiente.

Para el género del nematodo *Pratylenchus* spp. en muestras de suelo se obtuvieron cuatro modelos (Cuadro 19), el modelo 3, fue el de mayor coeficiente de determinación de ajuste con un 31% de variabilidad, seguido por el modelo 2,5 y 4, con un (0,298, 0,296 y 0,272). Las variables que más influyeron fueron los elementos Magnesio (Mg), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), donde el **Valor B (coeficiente no estandarizado)** para el caso del Potasio (K) se reduce la cantidad de nematodos *Pratylenchus* spp. presente en el suelo en 96,47 al aumentar este elemento en el suelo, le sigue los elementos Magnesio (Mg) con 13,47 y de último los elemento Fósforo (P) y Calcio (Ca) con 2,22 y 2,05. Los modelos 2,3,4,5 tiene una relación negativa con la población de los nematodos de *Pratylenchus* spp. Todas las variables fueron significativas.

En el modelo 6 (Cuadro 19) los nematodos de Vida Libre en muestras de suelo, presento un ajuste de un coeficiente de determinación ajustado de 33% de variabilidad. El de **Valor B (coeficiente no estandarizado)** es de 0,95 esto quiere decir que por cada día de siembra que tenga el cultivo, existirá 0,95 nematodos presentes en las muestras de suelo. En este modelo las variables que afectaron la dinámica poblacional de nematodos de Vida Libre son los días de siembre

(DDS), donde el efecto de influencia **Beta es de 0,60**, la variable es altamente significativa.

**Cuadro 19.** Resultados de análisis de regresión lineal múltiples de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en suelo vrs variables cuantitativas (Días de siembra, pH, K, Ca, Mg, Acidez extraíble, P, Fe, Cu, Zn, Mn, K) en la Región Huetar Norte (Cantones de Los Chiles y San Carlos) de Costa Rica. 2007.

Modelo	Variable	Constante	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajuste	Valor B	Beta	Prueba t
1	Nematodos totales en suelo	DDS	0,325	0,296	0,451	0,57	0,002
2	Nematodos <i>Pratylenchus</i>	Fósforo (P)	0,326	0,298	-2,227	-0,571	0,002
3	Nematodos <i>Pratylenchus</i>	Magnesio (Mg)	0,315	0,286	-13,476	-0,561	0,003
4	Nematodos <i>Pratylenchus</i>	Calcio (Ca)	0,301	0,272	-2,058	-0,549	0,04
5	Nematodos <i>Pratylenchus</i>	Potasio (K)	0,324	0,296	-96,477	-0,57	0,002
6	Nematodos de Vida Libre	DDS	0,362	0,335	0,958	0,602	0,001
7	Nematodos de <i>Meloidogyne</i>	DDS	0,234	0,202	0,483	0,115	0,12
8	Nematodos de <i>Helicotylenchus</i>	Manganeso (Mn)	0,302	0,273	0,49	0,55	0,004

En el Modelo 7 (Cuadro 19) los nematodos del género *Meloidogyne* spp. en muestras de suelo, presentó un ajuste de un coeficiente de determinación ajustado de 20% de variabilidad. En este modelo las variables que afectaron la dinámica poblacional de nematodos del género *Meloidogyne* spp. son los días de siembra (DDS), donde el efecto de influencia **Beta es de 0,11** la variable es altamente significativa.

En el Modelo 8 (Cuadro 19) se encontró que la variable del género *Meloidogyne* spp. presentó un coeficiente de determinación ajustado de un 27%, esto ayuda a que la constante que en este caso son los días de siembra (DDS), permita explicar que existe variabilidad sobre los nematodos *Meloidogyne* spp. en las muestras de suelo. El de **Valor B (coeficiente no estandarizado)** es de 0,49, o sea que por cada día de siembra habrá 0,49 nematodos de este género en el suelo, el porcentaje de influencia Beta (0,55) sobre la dinámica poblacional de este género. Este modelo es altamente significativo.

En el análisis de regresión lineal múltiple realizado en muestras de suelo versus las variables cuantitativas del análisis de suelo, se encontró que para el modelo 1(Cuadro 19), el coeficiente de determinación ajustado es de 29 % de variabilidad de las poblaciones, el Valor B es de 0,45, esto quiere decir que por cada día de siembra (DDS) del cultivo, existirá 0,45 nematodos en el suelo y su influencia significativa sobre la dinámica poblacional de nematodos es de Beta (0,57).

En los Modelos de las muestras de suelo 2, 3, 4 y 5 (Cuadro 19) el de mayor ajuste es el de la constante el Fósforo con un 29%, seguido por el Potasio, Magnesio y Calcio. De estos modelos el valor de B más alto es el elemento Potasio, que al aumentar la concentración de este elemento en el suelo, se reducirá el número de nematodos del género *Pratylenchus* spp. en 96,477 y su influencia significativa es de un 57 % en la dinámica poblacional.

En relación a los Modelos de regresión lineal múltiple de las poblaciones de nematodos en el suelo vs las variables cuantitativas del análisis de suelo, solamente se encontró una relación positiva entre la población de *Pratylenchus* spp. con el contenido de Fe. El modelo presentó un bajo  $R^2$  ajustado (0,132) lo que evidencia que el modelo solo justifica el 13% de la variación que presentan los datos de esta población. Además de acuerdo a la prueba t el coeficiente beta no fue significativo (Cuadro 19).

Los Modelo 6 y 7 (Cuadro 19) explica la influencia que tiene la constante Días de siembra (DDS), en los géneros *Helicotylenchus* spp. y nematodos de Vida Libre, donde el mayor porcentaje de influencia significativa en la dinámica poblacional es para los nematodos de Vida Libre con un **Beta** (0,6).

El Modelo 8 (Cuadro 19) se observa que el género *Helicotylenchus* spp. es afectado positivamente ,con el aumento del elemento Manganeseo (Mn) en el suelo lo cual hace que su población crezca, con una influencia significativa de este elemento de un **Beta (0,55)**.

**5.7. Incidencia de los dos géneros de mayor importancia económica en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*), en los Cantones de San Carlos y Los Chiles, de Costa Rica, Junio a Noviembre 2007.**

Se creó una escala para estimar el nivel de incidencia de estos nematodos, esta escala presenta valores de cero a cuatro, a partir de valores mínimos y máximos, así como la edad promedio en cada uno de los muestreos realizados. Se tomó el valor de cero como nivel no problemático y cuatro como nivel crítico. Se tomo los valores promedio de cada muestreo, para establecer la escala sobre la dinámica poblacional de estos dos géneros, además de una ecuación que permita mantener los niveles de infección por debajo de este nivel (Cuadro 20 y 21).

**Cuadro 20.** Escala para la estimación de la incidencia del género *Pratylenchus* spp. en arroz (*Oryza sativa*), en muestras de raíz, en los cantones de San Carlos y de Los Chiles de la Región Huetar Norte 2007.

DDS	Valores	<i>Pratylenchus</i> spp.	Escala	<i>Pratylenchus</i> spp.
25	mínimo	48,00	0	2699,71
	máximo	5351		
37	mínimo	694,61	1	4991,75
	máximo	9288,89		
65	mínimo	2548,15	2	17249,07
	máximo	31950,00		
92	mínimo	7209,00	3	25339,50
	máximo	43470		
122	mínimo	6986,67	4	15820,83
	máximo	24655,00		

En la Figura 23, se muestra la dinámica poblacional de nematodos del género *Pratylenchus* spp. en las muestras de raíz obtenidas en las cinco fincas que se muestrearon en la Región Huetar Norte de Costa Rica de Junio a Noviembre del 2007. Se observa que existe un alto crecimiento de este género durante todo el ciclo del cultivo por lo cual va a representar un nematodo de gran importancia económica.

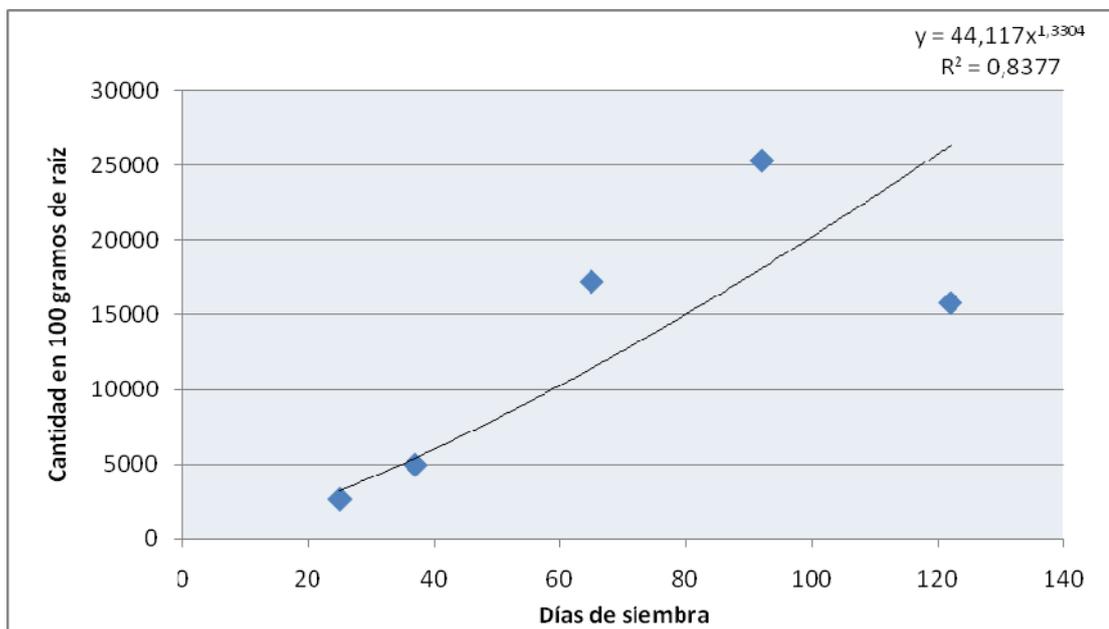


Figura 23. Escala de incidencia del género *Pratylenchus* spp. en muestras de raíz en el cultivo de arroz en los cantones de San Carlos y de Los Chiles de la Región Huetar Norte. 2007.

En la Figura 24, se muestra un comportamiento en el crecimiento en la poblacional de nematodos del género *Meloidogyne* spp. en las muestras de raíz obtenidas en las fincas que se muestrearon en la Región Huetar Norte de Costa Rica de Junio a Noviembre del 2007. Se observa que entre mayor sea los días de siembra, existirá un alto crecimiento de este género durante todo el ciclo del cultivo lo que representa un nematodo de gran importancia económica.

**Cuadro 21:** Escala para la estimación de la incidencia del género *Meloidogyne* spp en arroz (*Oryza sativa*), en muestras de raíz, en los cantones de San Carlos y de Los Chiles de la Región Huetar Norte 2007.

DDS	Escala	<i>Meloidogyne</i> spp.	Escala	<i>Meloidogyne</i> spp.
25	mínimo	0,0	0	2818,518519
	máximo	5637,04		
37	mínimo	22,22	1	8985,185185
	máximo	17948,15		
65	mínimo	5,93	2	17188,14815
	máximo	34370,37		
92	mínimo	0,0	3	25029,8103
	máximo	50059,62		
122	mínimo	106,67	4	21280,34327
	máximo	42454,02		

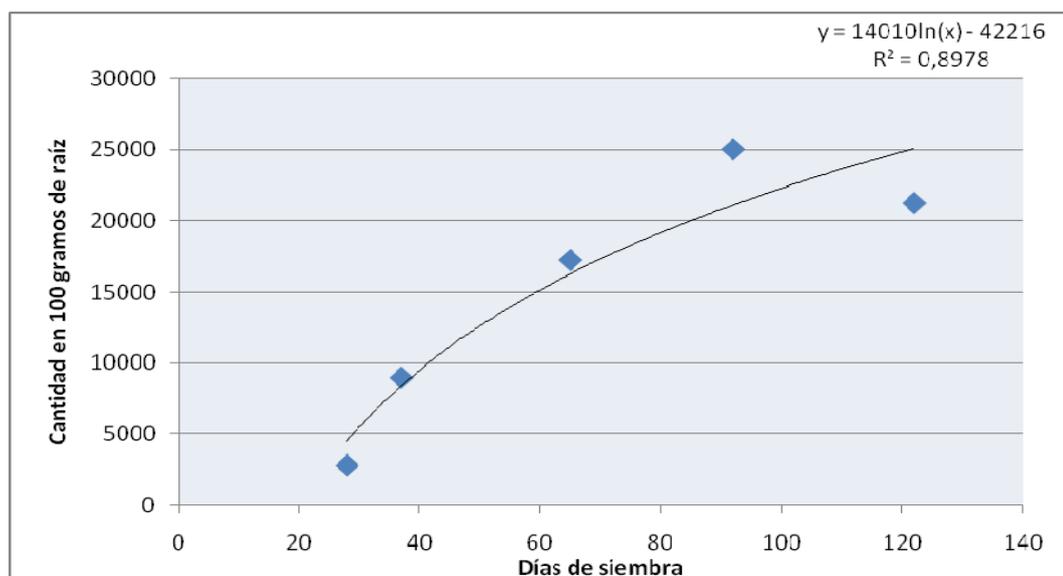


Figura 24. Escala de incidencia del género *Meloidogyne* spp. en muestras de raíz en el cultivo de arroz en los cantones de San Carlos y de Los Chiles de la Región Huetar Norte. 2007.

Lo que concuerda con, Sánchez y Salazar (1985) que elaboraron un trabajo de reconocimiento de los nematodos parásitos del arroz en el sureste de Costa Rica, y donde determinaron que *Pratylenchus zae* y *Meloidogyne salasi* estaban presentes a nivel de raíces y que eran de mayor importancia económica.

## 6. CONCLUSIONES

De acuerdo a las condiciones en las que se desarrolló este experimento se dan las siguientes conclusiones:

1. Los géneros de nematodos que están asociados al cultivo de Arroz en la región Huetar Norte (en los cantones de Los Chiles y San Carlos) de Costa Rica son: *Pratylenchus* spp., *Meloidogyne* spp., *Helicotylenchus* spp. y nematodos de *Vida Libre*.
2. El género *Pratylenchus* spp. fue el nematodo de mayor densidad poblacional dentro de las muestras de raíz, de las cinco fincas muestreadas de arroz (*Oryza sativa*), le siguió nematodos de vida libre, después géneros de nematodos *Meloidogyne* spp. y de ultimo nematodos *Helicotylenchus* spp.
3. Los nematodos de Vida Libre son los de mayor densidad poblacional encontrado en muestras de suelo, seguidos por nematodos *Helicotylenchus* spp., *Pratylenchus* spp. y *Meloidogyne* spp., pero en menores cantidades.
4. En los análisis de regresión múltiple se observa que los días de siembra y la acidez del suelo influyen en el promedio general de nematodos en raíz.
5. Se determinó que a mayor cantidad de mg/L del elemento Cobre (Cu) y Hierro (Fe) en el suelo, mayor va ser la cantidad de nematodos de Vida Libre en muestras de raíz y menores cantidades del género *Meloidogyne* spp.

6. A mayor cantidad de días de edad del arroz, mayor es la cantidad de nematodos en promedio general para raíz y suelo respectivamente.
7. Mayor cantidad de Mg/L de los elementos Manganeseo (Mn) y Zinc (Zn) presentes, mayor es la cantidad de nematodos *Meloidogyne* spp. en muestras de raíz.
8. Los elementos Fósforo (P), Magnesio (Mg), Calcio (Ca) y Potasio (k), influyen directamente en la población de nematodos del género *Pratylenchus* spp. reduciendo su cantidad.
9. Existe competencia entre los géneros de nematodos presentes en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*) en muestras de raíz y suelo.

## 7. RECOMENDACIONES

1. Realizar diseños experimentales donde se controlan variables climáticas como (temperatura, humedad, precipitación) y variables de fertilidad del suelo, para poder estudiar la dinámica poblacional de nematodos y así medir el rendimiento del cultivo del arroz (*Oryza sativa*).
2. Realizar más estudios para determinar el efecto de los géneros de nematodos encontrados en el cultivo de arroz en la Zona Huetar Norte con respecto a la pérdida de rendimiento por hectárea del cultivo de arroz.

## 8. Literatura Consultada y Citada

- Alvarado, M; López, R. 1985. Extracción de algunos nematodos fitoparásitos mediante modificaciones de las técnicas de centrifugación- flotación y embudo de Baermann modificado. *Agronomía Costarricense (Costa Rica)*, 9(2):175-180.
- Aragón, M.1991. Determinación de géneros y densidades poblacionales de nematodos asociados a la pimienta negra (*Pipiper nigrum*) en dos zonas de la Región Huetar Norte.
- Araya, M. 1995. Comparación de tres métodos de recuperación de nematos en raíces de banano (*Musa sp*). *Corbana, CR* 20(44):67-73.
- Bray, RH. and Kurtz, LT. 1947. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci.* (59):39-45.
- Canto, M S. 2000. Nematología. Curso de Post Grado. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. Pp. 30 – 35
- Carrera, M. 2001. Reconocimiento y Manejo de las principales enfermedades del arroz en Costa Rica. Oficina del arroz, San José, CR. 80p.
- 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](http://web.catie.ac.cr/informacion/RMIP/rmip52/nht52-1.htm).
- Chandler, R. 1984. Arroz en los trópicos. San José, CR. IICA. 304 p.
- Chávez, G. 1992. El cultivo del arroz: Curso de Granos Básicos. San Carlos, C.R., ITCR. 50 p.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CO). 1985. Arroz: Investigación y Producción. Cali, CO. pp. 90 – 96.
- CONARROZ (Corporación arroceras Nacional). 2004. Informe Anual Estadístico 2002/2003. San José, CR. 63p.
- CONITTA. 1991. (Comisión Nacional de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria, CR). 1991. Arroz. San José. CR. 44p.

- Cordero, A. 1993. Fertilización y nutrición mineral del arroz. Editorial de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. pp. 9,:61-74.
- Datta, S. 1986. Fertilización del Arroz, fundamentos y prácticas. México, DF. s.e. 72p.
- DGETA (Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria). 1982. Arroz: Manuales para Educación Agropecuaria. Churubusco, México. 62 p.
- Duncan, LW. y Cohn, E. 1990. Nematodos parasites of citrus. In. Plant Parasitic Nematodos in Subtropical.
- LUC, M.; SIKORA, R. A.; BRIDGE, J. Editores. CAB internacional print. Walligford. Reino Unido.
- Esquivel, A. 1996. Influencia del suelo sobre las poblaciones de nematodos. X Congreso Nacional Agronómico, II Congreso de Suelos. San José, Costa Rica.
- Esquivel, A. 2005. Manual de identificación de géneros de nemátodos Importantes en Costa Rica. Universidad Nacional. 50 p.
- Fernández, M; Ortega, J. 1982 .Comportamiento de las poblaciones de nematodos fitoparasitos en plátano enano Cavendish. Ciencias de la Agricultura, 13:7-17.
- Fernández, O; Quesada, A; Perlaza, F. 2002. Principales nematodos 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>.
- Figueroa, A. 1973. Estudio morfométrico y biológico sobre el nematodo cecidógeno del arroz *Hypsoperine* 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.
- González, J. 1982. Origen, taxonomía y anatomía de la planta de arroz (*Oryza sativa* L.). Investigación y Producción. Cali, CO, CIAT.: 47 – 64.

- 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.
- Grist, D. 1982. Arroz. México, DF, Editorial Continental. 715p.
- Hollins, R y Keoboonrueng, H 1984. Nematode parasites of rice. In Nickle, W.R. ed. *Plant and insect Nematodes*. New York, Marcel Dekker. P 95-146.
- Hutton, D.1978. Influence on rainfall on some plantain nematodes in Jamaica. *Nematropica*. 8(2):34-39.
- Ishicawa, M. (1965). Relation between fertilization and the rice root nematode. *Proc. Kantô Tôsan Pl. Prot. Soc.*, 12:115
- Jackson, MC. 1976. Análisis químico de suelos. 2ª. Edición. Ed. Omega. Barcelona, España.
- Jennings, P. 1985. El mejoramiento del arroz. *Investigación y Producción*. Cali, Colombia, CIAT.: pp. 205 – 235
- Jiménez, A. 1991. Determinación de la Densidad poblacional de Nemátodos fitoparásitos asociados al cultivo del Plátano (*Musa AAB*) en La Región Huetar Norte. Informe Bach. Ing. Agr. San Carlos, Costa Rica. ITCR. 53p.
- Jiménez, J. 2006. El control biológico de plagas en banano (en línea). Consultado 14 mayo 2006. Disponible en: <http://www.aguascalientes.gob.mx/codagea/produce/BANA-BIO.htm>
- Jiménez, M.1972.Fluctuaciones anuales de la población de *Radopholus similis* en la zona bananera de Pocosí, Costa Rica. *Nematropica*. 2(2):33-40.
- López, R. 1992. Estimación de la densidad crítica de *Meloidogyne salasi* (Nemata:Heteroderidae) en arroz. Proyecto N° 813-92-581 presentado a la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica. 23p. (sin publicar)
- López, R; Salazar, L.; Azofeifa, J. 1987. Nemátodos asociados al arroz (*Oryza sativa* L.) en Costa Rica. V. Frecuencia y densidades poblacionales en las principales zonas productoras. *Agronomía Costarricense*. 11(2):215-220.

- 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.
- 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#MRC000000000000001537](http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/indice_documentos_texto_completo.html#MRC000000000000001537).
- Mai, W F. y Lyon, H H. 1960. Pictorial key to genera of plant-parasitic nematodes. Edit: Comstock Publishing Associates.
- Manser, P. 1968. *Meloidogyne graminicola*: a cause of root-knot of rice. F.A.O. Plant Protection Bulletin 16 (1):11.
- Marbán, M. 1987. Fitonematología: Manual de Laboratorio. Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza. Turrialba, C. R.
- Mathur, V K. JZ Prasads, K. (1972). Role of the rice root nematode *Hirschmanniella oryzae* in rice culture. *Indian J. Nematol.*, 2:158-168.
- Monge, L. 1987. Cultivo de Arroz. San José, CR, EUNED. 145p.
- 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.
- Morera, G. 1990. Il curso regional de fitonematología. AID-ROCAP. CATIE (Centro Agronómico Tropical de investigación y enseñanza). Turrialba, Costa Rica. 70p.
- Mundo Agropecuario, 1991. Nemátodos y fitoparasitos. *Mundo Agropecuario*. C.R.(15): 9-11
- Murillo, J. 1982. Manual de Producción de Arroz de Secano en Costa Rica. 2 ed. Compañía Costarricense de Café. San José, CR. 115 p.

- National Academy of Science. 1978. Control de Nemátodos parásitos de plantas. Limusa, México. 209p.
- Ou, SH. 1972. Rice Diseases. Commonwealth Mycological Institute, London, Eastern Press. 368p.
- Radewald, JD; Takeshita, G. 1964. Desiccation studies on five species of plant-parasitic nematodes of Hawaii. *Phytopathology* (54):903-904.
- Ramírez, J. 2001. Comportamiento Agronómico, Productivo e Industrial de Arroz (*Oryza sativa*) Variedad SETESA-9 en La Vega, San Carlos, Costa Rica. Informe Bach. Ing. Agr. San Carlos, Costa Rica. ITCR. 69p.
- Rao, Y. S. & ISRAEL P. (1971). Studies on nematodes of rice and rice soils. V. Influence of soil chemical properties on the activity of *Meloidogyne graminicola*, the rice root-knot nematode. *Oryza*,(8):33-38.
- Reynolds, W; Sleet, B.1955. Root knot nematode infestation as influenced by soil texture. *Soil Science*.(80):459-461.
- Román, J. 1978. Fitonematología Tropical. Universidad de Puerto Rico. Estación Experimental Agrícola. Río Piedras. Puerto Rico. Pp 7-8, 21, 141-158.
- 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. 74p.
- Sancho, C; Salazar, L. 1985. Nemátodos parásitos del arroz (*Oryza sativa* L.) en el sureste de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 9(2):161-163.
- 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>.
- Soltanpour, P N; Schwab, P. A. 1977. A New soil test for simultaneous extraction of macro and micro- nutrients in alkaline soils. *Communications*. In: *Soil Science and Plant Analysis*, 8 (3): 195-207.

- Speijer, P & De Waele, D. 1997. Screening of Musa germoplasm for resistance and tolerance to nematodes. Francia. INIBAP. 47p.
- 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](http://www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n6/arti/suarez_z/arti/suarez_z.htm).
- 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.
- Tarjan, A C.; O´bannon, J. 1984. Nematodo Parasites of citrus,. In: Plant and Insects Nematodos. W. R. NICKLE. USDA, Agricultural research Service, Maryland, USA. Ed. Marcel dekkirin. pp. 395-433.
- 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.
- Tinareli, A. 1989. El Arroz. Mundi Prensa. Madrid, España. 575p.
- Tomonaga,T &. Kurokawah,.(1964). New information on the rice root nematode. Proc. Assoc. Pl.Prot. Hokyriku,(12) 74-76.
- Union Carabidae Agricultural. 1995, Sf. Los nemátodos y su control. 39p.
- Universidad de Filipinas, 1975. Cultivo del Arroz. Manual de Producción. México, LIMUSA. 426p.
- Van Der Wal, A. F.1994.Nematology; summary nematology lectures. Editorial: International course on integrated pest management. Mar 20, Jul 2, pag 25-29
- Van Gundy, S. D.; MARTIN, J. P. 1964. Some soil factors influencing reproduction of the citrus nematodo and growth reduction of sweet nematodo and growth reduction of sweet orange seedlings. Phytopathology (54):294.

## 9. Anexos

**Anexo 1.** Primer muestreo de nematodos presentes en muestras de raíz de las los géneros y nematodos presentes en el cultivo de arroz (*Oryza Sativa*) de Junio a Noviembre del 2007.

Numero de nemátodos en 100 gr de raíz								
Finca	Tratamiento	Días de Siembra	Muestra	Lote	Pratylenchus	Vida libre	Meloidogyne	Helycotylenchus
Caño Negro	Convencional	20	1	1	89	0	0	44
				2	55	0	0	110
				3	0	0	0	0
El Amparo	Convencional	20	1	1	2770	0	0	365
				2	6778	0	0	111
				3	6506	0	0	23
Ulimas	Convencional	35	1	1	867	0	933	0
				2	956	0	9756	0
				3	1733	0	6222	1000
La Vega 1	Convencional	17	1	1	528	667	25	22
				2	622	667	67	0
				3	933	1000	44	111
La Vega 2	Convencional	17	1	1	778	244	1044	178
				2	2800	1178	0	133
				3	1311	1222	67	156

**Anexo 2.** Segundo muestreo de nematodos presentes en muestras de raíz de las los géneros y nematodos presentes en el cultivo de arroz (*Oryza Sativa*) de Junio a Noviembre del 2007.

Numero de nemátodos en 100 gr de raíz								
Finca	Tratamiento	Días de Siembra	Muestra	Lote	Pratylenchus	Vida Libre	Meloydogyne	Helycotylenchus
Caño Negro	Convencional	42	2	1	333	689	22	111
				2	1711	1222	89	356
				3	3000	2667	0	289
El Amparo	Convencional	42	2	1	10956	489	67	400
				2	9000	733	0	800
				3	7911	200	0	778
Ulimas	Convencional	67	2	1	422	333	15289	44
				2	378	356	7378	67
				3	1578	333	31178	156
La Vega 1	Convencional	47	2	1	3191	1982	0	0
				2	2284	711	0	142
				3	2951	1769	18	107
La Vega 2	Convencional	47	2	1	2889	1449	124	27
				2	6098	1467	338	89
				3	15164	1867	693	364

**Anexo 3.** Tercer muestreo de nematodos presentes en muestras de raíz de las los géneros y nematodos presentes en el cultivo de arroz (*Oryza Sativa*) de Junio a Noviembre del 2007.

Finca	Tratamiento	Días de Siembra	Muestra	Lote	Pratylenchus	Vida Libre	Meloydogyne	Helycotylenchus
Caño Negro	Convencional	68	3	1	5716	6347	124	453
				2	1876	3307	80	418
				3	8560	5333	36	916
El Amparo	Convencional	68	3	1	22302	676	27	258
				2	30773	1147	0	400
				3	42773	1556	9	329
Ulimas	Convencional	97	3	1	3689	1787	15289	284
				2	960	2649	7378	53
				3	2996	5707	80444	427
La Vega 1	Convencional	73	3	1	60436	7698	0	18
				2	36418	6284	0	436
				3	33556	6489	0	187
La Vega 2	Convencional	73	3	1	6124	2836	391	36
				2	13867	5449	4711	267
				3	8551	3262	373	27

**Anexo 4.** Cuarto muestreo de nematodos presentes en muestras de raíz de los géneros y nematodos presentes en el cultivo de arroz (*Oryza Sativa*) de Junio a Noviembre del 2007.

Finca	Tratamiento	Días de Siembra	Muestra	Lote	Pratylenchus	Vida libre	Meloydogyne	Helycotylenchus
Caño Negro	Convencional	96	4	1	13760	7867	4400	222
				2	8711	8089	2622	151
				3	7991	7422	1724	80
El Amparo	Convencional	96	4	1	8844	8053	0	53
				2	6489	7511	0	53
				3	6293	1556	0	62
Ulimas	Convencional	125	4	1	13760	2667	15289	98
				2	12522	3856	7378	56
				3	9420	9073	127512	347
La Vega 1	Convencional	101	4	1	15840	3138	1653	0
				2	9582	1796	293	89
				3	10960	4720	9298	116
La Vega 2	Convencional	101	4	1	10364	2329	533	311
				2	2498	1831	151	0
				3	8098	1493	711	0

**Anexo 5.** Quinto muestreo de nematodos presentes en muestras de raíz de los géneros y nematodos presentes en el cultivo de arroz (*Oryza Sativa*) de Junio a Noviembre del 2007.

Numero de nemátodos en 100 gr de raíz								
Finca	Tratamiento	Dias de Siembra	Muestra	Lote	Pratylenchus	Vida libre	Meloydogyne	Helycotylenchus
Caño Negro	Convencional	127	5	1	14640	25271	4400	3342
				2	7049	8667	2622	178
				3	27707	11316	1724	240
El Amparo	Convencional	127	5	1	24560	7849	302	124
				2	27511	8996	18	187
				3	21893	8551	0	71
Ulimas	Convencional	155	5	1	8427	6320	15289	0
				2	7800	8111	18556	0
				3	5474	13084	93518	791
La Vega 1	Convencional	131	5	1	5531	1616	18	9
				2	3573	1156	0	9
				3	6951	1600	969	0
La Vega 2	Convencional	131	5	1	18384	8677	596	0
				2	6960	5156	151	0
				3	9920	6720	5911	0

**Anexo 6:** Tabla del sexto muestreo de nematodos presentes en muestras de raíz de las los géneros y nematodos de Vida Libre presentes en el cultivo de arroz, (*Oryza Sativa*) de Junio a Noviembre del 2007.

Numero de nemátodos en 100 gr de raíz								
Finca	Tratamiento	Dias de Siembra	Muestra	Lote	Pratylenchus	Vida libre	Meloydogyne	Helycotylenchus
Caño Negro	Convencional	162	6	1	7031	45022	12818	8676
				2	7138	7138	7440	2924
				3	19182	19182	1973	1893

**Anexo 7.** Primer muestreo de nematodos presentes en muestras de suelo de los géneros y nematodos presentes en el cultivo de arroz (*Oryza Sativa*) de Junio a Noviembre del 2007.

Numero de nemátodos en 100 gr de suelo								
Finca	Tratamiento	Días de Siembra	Muestra	Lote	Pratylenchus	Vida libre	Meloydogyne	Helicotylenchus
Caño Negro	Convencional	20	1	1	7	0	2	47
				2	269	0	0	518
				3	0	0	0	7
El Amparo	Convencional	20	1	1	11	0	0	38
				2	24	4	0	60
				3	9	0	2	73
Ulimas	Convencional	35	1	1	0	2	7	20
				2	2	4	11	7
				3	0	4	4	27
La Vega 1	Convencional	0	1	1	7	4	2	0
				2	9	13	0	0
				3	4	2	2	16
La Vega 2	Convencional	0	1	1	0	0	4	11
				2	0	0	4	9
				3	0	0	0	9

**Anexo 8.** Tabla del segundo muestreo de nematodos presentes en muestras de suelo de las los géneros y nematodos presentes en el cultivo de arroz (*Oryza Sativa*) de Junio a Noviembre del 2007.

Numero de nemátodos en 100 gr de suelo								
Finca	Tratamiento	Días de Siembra	Muestra	Lote	Pratylenchus	Vida libre	Meloydogyne	Helicotylenchus
Caño Negro	Convencional	42	2	1	0	44	0	9
				2	0	29	0	0
				3	0	33	0	2
El Amparo	Convencional	42	2	1	2	109	0	2
				2	16	202	0	18
				3	0	44	0	2
Ulimas	Convencional	67	2	1	0	27	4	0
				2	0	33	0	0
				3	2	49	0	0
La Vega 1	Convencional	17	2	1	0	22	0	0
				2	0	42	0	2
				3	0	107	0	0
La Vega 2	Convencional	17	2	1	0	40	0	0
				2	0	44	0	0
				3	0	44	0	0

**Anexo 9.** Tercer muestreo de nematodos presentes en muestras de suelo de los géneros y nematodos presentes en el cultivo de arroz (*Oryza Sativa*) de Junio a Noviembre del 2007.

Numero de nemátodos en 100 gr de suelo								
Finca	Tratamiento	Dias de Siembra	Muestra	Lote	Pratylenchus	Vida libre	Meloydogyne	Helicotylenchus
Caño Negro	Convencional	68	3	1	16	62	4	0
				2	16	122	0	13
				3	24	131	0	2
El Amparo	Convencional	68	3	1	0	53	0	4
				2	0	27	0	0
				3	0	27	0	0
Ulimas	Convencional	97	3	1	0	22	2	0
				2	0	27	2	2
				3	0	33	0	0
La Vega 1	Convencional	47	3	1	0	244	33	0
				2	0	89	0	2
				3	0	178	0	0
La Vega 2	Convencional	47	3	1	0	53	0	0
				2	0	18	0	0
				3	0	87	0	0

**Anexo 10:** Cuarto muestreo de nematodos presentes en muestras de suelo de los géneros y nematodos presentes en el cultivo de arroz (*Oryza Sativa*) de Junio a Noviembre del 2007.

Numero de nemátodos en 100 gr de suelo								
Finca	Tratamiento	Dias de Siembra	Muestra	Lote	Pratylenchus	Vida libre	Meloydogyne	Helicotylenchus
Caño Negro	Convencional	96	4	1	93	71	4	7
				2	0	69	18	13
				3	4	76	0	18
El Amparo	Convencional	96	4	1	109	347	0	16
				2	62	109	2	11
				3	47	49	2	16
Ulimas	Convencional	125	4	1	31	391	29	2
				2	9	58	0	0
				3	7	231	0	2
La Vega 1	Convencional	73	4	1	0	7	0	0
				2	7	111	0	27
				3	0	13	0	0
La Vega 2	Convencional	73	4	1	7	156	0	2
				2	7	64	0	7
				3	0	116	0	0

**Anexo 11.** Quinto muestreo de nematodos presentes en muestras de suelo de los géneros y nematodos presentes en el cultivo de arroz (*Oryza Sativa*) de Junio a Noviembre del 2007.

Numero de nemátodos en 100 gr de suelo								
Finca	Tratamiento	Dias de Siembra	Muestra	Lote	Pratylenchus	Vida libre	Meloydogyne	Helicotylenchus
Akemar	Convencional	127	5	1	67	544	0	384
				2	4	109	0	100
				3	0	73	0	84
El Amparo	Convencional	127	5	1	109	111	0	29
				2	62	140	0	20
				3	47	53	0	2
Ulimas	Convencional	155	5	1	0	391	29	2
				2	4	58	0	0
				3	0	231	0	2
La Vega 1	Convencional	101	5	1	0	20	0	2
				2	0	29	0	0
				3	0	29	0	0
La Vega 2	Convencional	101	5	1	29	71	36	0
				2	4	49	2	2
				3	0	27	0	0

**Anexo 12.** Sexto muestreo de nematodos presentes en muestras de suelo los géneros y nematodos presentes en el cultivo de arroz (*Oryza Sativa*) de Junio a Noviembre del 2007.

Numero de nemátodos en 100 gr de suelo								
Finca	Tratamiento	Dias de Siembra	Muestra	Lote	Pratylenchus	Vida libre	Meloydogyne	Helicotylenchus
Akemar	Convencional	162	6	1	4	78	4	80
				2	7	0	160	0
				3	49	124	0	42
La Vega 1	Convencional	131	6	1	10	79	0	7
				2	11	88	0	11
				3	29	96	11	16
La Vega 2	Convencional	131	6	1	7	51	0	0
				2	2	38	0	2
				3	4	73	0	2

**Anexo 13.** Análisis químico y físico del suelo de las diferentes fincas del cultivo del arroz (*Oryza sativa*), utilizadas en el presente estudio en la Región Huetar Norte (Cantones de Los Chiles y San Carlos). 2007.

Finca	Textura	ph	Acidez (Ext)	k (mg/l)	Ca (cmol/l)	Mg (cmol/l)	P (mg/l)	Fe (mg/l)	Cu (mg/l)	Zn (mg/l)	Mn (mg/l)
Roger Murillo	Arcilloso	5	0,32	.20	6	2	5	22	8	4	188
Marconi Rodríguez	Arcilloso	5	0,4	.20	4	1	4	186	7	2	63
Oscar Sancho	Arcilloso	6	0,12	.54	20	4	19	128	7	2	36
La Vega (ITCR) Lote 1	Franco arcillo arenoso	5	0,4	.46	20	4	16	183	11	4	73
La Vega (ITCR) Lote 2	Franco arcillo arenoso	5	0,38	.48	13	3	16	192	10	3	60

**Anexo 14.** Variables climáticas del Cantón de San Carlos de Costa Rica. 2007.

Mes	Temperatura Promedio (° C)		Precipitación (mm)	Promedio de días de lluvia	Humedad Relativa Promedio
	Máximo	Mínimo			
<b>Enero</b>	17	24,1	421,6	19	84
<b>Febrero</b>	16,6	25,5	135	11	81
<b>Marzo</b>	17,4	26,7	80,9	10	80
<b>Abril</b>	17,8	26,9	137,8	10	83
<b>Mayo</b>	18,9	26,8	354	23	89
<b>Junio</b>	19,3	26,1	416,2	25	88
<b>Julio</b>	19	25,6	418,7	26	91
<b>Agosto</b>	19	25,9	359,2	27	85
<b>Septiembre</b>	18,5	25,9	444,4	29	90
<b>Octubre</b>	19	26,4	336,5	25	83
<b>Noviembre</b>	18,3	24,5	572,6	25	82
<b>Diciembre</b>	17,8	24,4	408,1	21	81

Fuente: SIRZEE (2007).

**Anexo 13.** Variables climáticas del Cantón de Los Chiles de Costa Rica. 2007.

Mes	Temperatura Promedio (° C)		Precipitación (mm)	Promedio de días de lluvia	Humedad Relativa Promedio
	Maximo	Minimo			
<b>Enero</b>	20,7	29,9	90	21	89
<b>Febrero</b>	20,3	31	39,3	16	87
<b>Marzo</b>	20,4	32,7	28,6	12	81
<b>Abril</b>	21,2	33,9	38,7	10	85
<b>Mayo</b>	22,7	32,7	170	21	87
<b>Junio</b>	23,1	31,5	238,4	26	88
<b>Julio</b>	22,8	30,8	259,7	26	82
<b>Agosto</b>	22,9	31,5	223,7	25	85
<b>Septiembre</b>	22,8	32,3	200,7	23	88
<b>Octubre</b>	22,8	31,8	206,5	24	80
<b>Noviembre</b>	22,2	30,5	186,4	23	86
<b>Diciembre</b>	21,4	30	134,2	22	91

Fuente: SIRZEE (2007).