

**DINAMICA POBLACIONAL DE NEMATODOS Y SU RELACION
CON EL PESO DE GRANO, EN EL CULTIVO DEL ARROZ
(*Oryza sativa*), EN LA REGION HUETAR NORTE Y HUETAR
ATLANTICA DE COSTA RICA**

CLAUDIO ALBERTO VARGAS VÍQUEZ

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

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

2009

**DINAMICA POBLACIONAL DE NEMATODOS Y SU RELACION
CON EL PESO DE GRANO, EN EL CULTIVO DEL ARROZ
(*Oryza sativa*), EN LA REGION HUETAR NORTE Y HUETAR
ATLANTICA DE COSTA RICA**

CLAUDIO ALBERTO VARGAS VÍQUEZ

Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador:

Ing. Agr. Tomás Guzmán Hernández, PhD.

Asesor

Ing. Agr. Joaquín Durán Mora, M. Sc.

Jurado

Ing. Agr. Carlos Muñoz Ruiz, PhD.

Jurado

Ing. Agr. Fernando Gómez Sánchez, MAE.

Coordinador Trabajos Finales de
Graduación

Ing. Agr. Arnoldo Gadea Rivas, M. Sc.

Director Escuela de Agronomía

2009

DEDICATORIA

Primero a Dios todopoderoso por la fuerza que me ha brindado y todas las bendiciones que me ha otorgado en la vida.

A mis padres Claudio Vargas Rojas y Olga Víquez Barrantes por el apoyo incondicional, sus sabios consejos y sacrificios durante la realización de mis estudios, además por hacer de mi todo lo que soy hoy.

A mi hermana Vanessa y sobrino Felipe por ser parte de mi vida y gracias por su apoyo en mi formación como profesional y como persona.

También a Stephanie Campos Quesada por estar cuando siempre te necesite y gracias por su ayuda en cada momento, además por todos esos momentos de felicidad que hemos compartido.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Tomás de Jesús Guzmán Hernández, al Ingeniero Joaquín Duran Mora y al Dr. Carlos Muñoz Ruiz por su dedicación, apoyo y por brindarme la oportunidad de realizar este trabajo de especialidad.

A todos los profesores y funcionarios del ITCR que me ayudaron y fueron parte de mi formación como profesional.

A los compañeros de CONARROZ, por su colaboración brindadas durante el desarrollo de la investigación.

También al Instituto Tecnológico de Costa Rica por la excelente formación de profesionales y darme la oportunidad de ser parte de este selecto grupo.

Un gran agradecimiento a todos mis compañeros y amigos por su ayuda y apoyo durante todos los años que hemos estado juntos. Y por todos los momentos de alegría que hemos vivido. Especialmente a Mario Arias, José David Ruiz, Yendrix Jiménez, la familia Acuña Correa, Melissa Campos, Mauricio Rodríguez, Erick Vargas, Fabián Vargas y Marcos Soto, junto con el resto de los M.P.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
TABLA DE CONTENIDOS	v
LISTA DE CUADROS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xvi
1.INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo general	2
1.2.2 Objetivos específicos:.....	3
2.REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Generalidades del cultivo del arroz (<i>Oryza sativa</i>)	4
2.1.1 Origen.....	4
2.1.2 Taxonomía	4
2.1.3 Morfología	5
2.2 Aspectos ecológicos del cultivo del arroz (<i>Oryza sativa</i>).....	5
2.2.1 Factores agroclimáticos.....	5
2.2.2 Factores edáficos	6
2.3 Generalidades de los nematodos fitoparásitos.....	7
2.4 Modo de acción de los nematodos	7
2.5 Clasificación biológica de los nematodos	7

2.6 Distribución de los nematodos.....	8
2.7 Factores que afectan el desarrollo y reproducción de los nematodos.....	8
2.8 Nematodos asociados al cultivo del arroz	9
2.9 Otros Nematodos relacionados al cultivo de arroz (<i>Oryza sativa</i>)	9
2.9.1 <i>Hirschmaniella orizae</i> :	9
2.9.2 <i>Ditylenchus angustus</i> :	9
2.9.3 <i>Aphelenchoides besseyi</i> :.....	9
2.9.4 <i>Meloidogyne graminicola</i> , <i>M. incognita</i> , <i>M. javanica</i> y <i>M. arenaria</i> :..	10
2.9.5 <i>Pratylenchus indicus</i> y <i>Pratylenchus zaeae</i> :	10
2.10 Lista de todos los nematodos asociados al cultivo de Arroz (<i>Oryza sativa</i>) en Costa Rica	10
3.MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
3.1 Localización del estudio.....	11
3.2 Población a estudiar	11
3.3 Toma de muestras.....	12
3.4 Análisis de muestras en laboratorio.....	13
3.4.1 Raíces:	13
3.4.2 Suelo:	14
3.5 Variables a evaluar	14
3.6 Descripción del estudio.....	15
3.7 Análisis de resultados.....	16
4.RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
4.1 Estadística descriptiva de nematodos fitoparásitos y de vida libre asociados al cultivo del Arroz, Zona Huetar Norte.....	17
4.2 Frecuencia relativa de los nematodos fitoparásitos y de vida libre asociados al cultivo del Arroz, Zona Huetar Norte.....	19

4.3 Dinámica poblacional de nematodos fitoparásitos y de vida libre asociados al cultivo del Arroz, Zona Huetar Norte.....	21
4.4 Estadística descriptiva de nematodos fitoparásitos y de vida libre asociados al cultivo del arroz, Zona Huetar Atlántica	35
4.5 Frecuencia relativa de nematodos fitoparásitos y de vida libre asociados al cultivo del Arroz, Zona Huetar Atlántica	37
4.6 Dinámica poblacional de nematodos fitoparásitos y de vida libre asociados al cultivo del Arroz, Zona Huetar Atlántica.....	40
4.7 Frecuencias relativas de las poblaciones de nematodos entre los años 2006, 2007 y 2008, Zonas Huetar Atlántica y Huetar Norte.	49
4.8 Estadística descriptiva de nematodos fitoparásitos y de vida libre asociados al cultivo del Arroz, Zona Huetar Norte y Atlántica, 2009	51
4.9 Frecuencia relativa de nematodos fitoparásitos y de vida libre asociados al cultivo del Arroz, Zona Huetar Norte y Atlántica, 2009	52
4.10 Correlación entre la población de nematodos y la producción de grano, Zonas Huetar Norte y Huetar Atlántica, 2009	55
4.11 Análisis de regresión lineal	68
4.12 Escala de incidencia	69
5.CONCLUSIONES.....	75
6.RECOMENDACIONES.....	77
7.LITERATURA CITADA	78
8.ANEXO	82

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1	Fincas asociadas a CONARROZ muestreadas durante el estudio durante el año 2008.....	12
2	Fincas asociadas a CONARROZ muestreadas durante el estudio durante el año 2009.....	12
3	Población de nematodos presentes en raíz para el cultivo de arroz (<i>Oryza sativa</i>). Zona Huetar Norte, 2008.....	18
4	Población de nematodos presentes en suelo para el cultivo de arroz (<i>Oryza sativa</i>). Zona Huetar Norte, 2008.....	18
5	Población de nematodos presentes en raíz para el cultivo de arroz (<i>Oryza sativa</i>). Zona Huetar Atlántica, 2008.....	36
6	Estadística Descriptiva de los principales géneros de nematodos presentes en suelo para el cultivo de arroz (<i>Oryza sativa</i>). Zona Huetar Atlántica, 2008.....	37
7	Población de nematodos presentes en raíz para el cultivo de arroz (<i>Oryza sativa</i>) en las fincas muestreadas, 2009.....	51
8	Resultados análisis de regresión lineal de los principales géneros contra las variables año y días después de siembra, Zona Huetar Norte y Zona Huetar Atlántica.....	68
9	Escala empírica para la estimación de la incidencia del género <i>Meloidogyne</i> en el cultivo de arroz, región Huetar Norte.....	70
10	Escala empírica para la estimación de la incidencia del género <i>Pratylenchus</i> en el cultivo de arroz, región Huetar Norte.....	72
11	Escala empírica para la estimación de la incidencia del género <i>Meloidogyne</i> en el cultivo de arroz, región Huetar Atlántica.....	73
12	Escala empírica para la estimación de la incidencia del género <i>Pratylenchus</i> en el cultivo de arroz, región Huetar Atlántica.....	74

LISTA DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1	Promedios de frecuencias relativas de los nematodos en raíces y suelo de arroz, Zona Huétar Norte, 2008.....	19
2	Frecuencias relativas de nematodos en raíces de arroz, Zona Huétar Norte, 2008.....	20
3	Frecuencias relativas de nematodos en suelo, Zona Huétar Norte, 2008.....	21
4	Comportamiento poblacional de nematodos totales en raíz de arroz (<i>Oryza sativa</i>). Región Huétar Norte, 2008.....	22
5	Comportamiento poblacional de nematodos totales en suelo. Región Huétar Norte, 2008.....	23
6	Comportamiento poblacional de huevos de nematodos en raíz de arroz (<i>Oryza sativa</i>). Región Huétar Norte, 2008.....	23
7	Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en raíces de arroz, Félix Artavia, Upala, 2008.....	24
8	Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en suelo, Félix Artavia, Upala, 2008.....	25
9	Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en raíz de arroz, Helmer Varela lote 1, Los Chiles, 2008.....	26
10	Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en suelo, Helmer Varela lote 1, Los Chiles, 2008.....	26
11	Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en raíz de arroz, Helmer Varela lote 2, Los Chiles, 2008.....	27
12	Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en suelo, Helmer Varela lote 2, Los Chiles, 2008.....	26

13	Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en raíz de arroz, Jorge Dueck lote 1, Los Chiles, 2008.....	29
14	Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en suelo, Jorge Dueck lote 1, Los Chiles, 2008.....	29
15	Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en raíz de arroz, Jorge Dueck lote 2, Los Chiles, 2008.....	30
16	Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en suelo, Jorge Dueck lote 2, Los Chiles, 2008.....	31
17	Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en raíz de arroz, Soporro lote 1, San José de Upala, 2008.....	32
18	Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en suelo, Soporro lote 1, Upala, 2008.....	32
19	Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en raíz de arroz, Soporro lote 2, Upala, 2008.....	33
20	Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en suelo, Soporro lote 2, Upala, 2008.....	34
21	Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en raíz de arroz, Soporro lote 3, Upala, 2008.....	34
22	Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en suelo, Soporro lote 3, Upala, 2008.....	35
23	Promedios de frecuencias relativas de las poblaciones de nematodos en suelo y raíces de arroz. Zona Huetar Atlántica, 2008.....	38
24	Frecuencias relativas de las poblaciones de nematodos en raíces de arroz, Zona Huetar Atlántica, 2008.....	39

25	Frecuencias relativas de las poblaciones de nematodos en suelo, Zona Huetar Atlántica, 2008.....	39
26	Comportamiento poblacional de nematodos totales en raíz de arroz (<i>Oryza sativa</i>). Región Huetar Atlántica, 2008.....	40
27	Comportamiento poblacional de nematodos totales en suelo (<i>Oryza sativa</i>). Región Huetar Atlántica, 2008.....	41
28	Comportamiento poblacional de huevos de nematodos en raíz de arroz (<i>Oryza sativa</i>). Región Huetar Atlántica, 2008.....	42
29	Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en raíces de arroz, Allen Mena, Sarapiquí, 2008.....	43
30	Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en suelo, Allen Mena, Sarapiquí, 2008.....	44
31	Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en raíces de arroz, Álvaro Garita, Matina, 2008.....	44
32	Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en suelo, Álvaro Garita, Matina, 2008.....	45
33	Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en raíces de arroz, Jorge Dueck, Sarapiquí, 2008.....	46
34	Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en suelo, Jorge Dueck, Sarapiquí, 2008.....	47
35	Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en raíces de arroz, Héctor Alvarado, Batán, 2008.....	48
36	Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en suelo, Héctor Alvarado, Batán, 2008.....	48
37	Frecuencias relativas de las poblaciones de nematodos en raíces de arroz, Zona Huetar Norte, 2006-2008.....	49

38	Frecuencias relativas de las poblaciones de nematodos en raíces de arroz, Zona Huetar Atlántica, 2006-2008.....	50
39	Frecuencias relativas de las poblaciones de nematodos en suelo y raíces de arroz (<i>Oryza sativa</i>), 2009.....	52
40	Frecuencias relativas de las poblaciones de nematodos en raíces de arroz (<i>Oryza sativa</i>) presentes en las fincas muestreadas, 2009.	54
41	Comparación entre población de nematodos totales en raíz y peso de grano de arroz (<i>Oryza sativa</i>). Félix Artavia (lote 1). Región Huetar Norte, 2009.....	55
42	Comparación entre población de nematodos en raíz y peso de grano de arroz (<i>Oryza sativa</i>). Félix Artavia (lote 1). Región Huetar Norte, 2009.....	56
43	Comparación entre población de nematodos en raíz y peso de grano de arroz (<i>Oryza sativa</i>). Félix Artavia (lote 2). Región Huetar Norte, 2009.....	57
44	Comparación entre población de nematodos en raíz y peso de grano de arroz (<i>Oryza sativa</i>). Félix Artavia (lote 2). Región Huetar Norte, 2009.....	58
45	Comparación entre población de nematodos totales en raíz y peso de grano de arroz (<i>Oryza sativa</i>). Jorge Dueck. Región Huetar Atlántica, 2009.....	59
46	Comparación entre población de nematodos en raíz y peso de grano de arroz (<i>Oryza sativa</i>). Jorge Dueck. Región Huetar Atlántica, 2009.....	60
47	Comparación entre población de nematodos totales en raíz y peso de grano de arroz (<i>Oryza sativa</i>). Fidel Villalobos. Región Huetar Atlántica, 2009.....	61
48	Comparación entre población de nematodos en raíz y peso de grano de arroz (<i>Oryza sativa</i>). Fidel Villalobos. Región Huetar Atlántica, 2009.....	61
49	Comparación entre población de nematodos totales en raíz y peso de grano de arroz (<i>Oryza sativa</i>). Giovanni Rodríguez. Región Huetar Atlántica, 2009.....	62

50	Comparación entre población de nematodos en raíz y peso de grano de arroz (<i>Oryza sativa</i>). Giovanni Rodríguez. Región Huetar Atlántica, 2009.....	63
51	Comparación entre población de nematodos totales en raíz y peso de grano de arroz (<i>Oryza sativa</i>). Claudio Sánchez (lote 1). Región Huetar Atlántica, 2009.....	64
52	Comparación entre población de nematodos totales en raíz y peso de grano de arroz (<i>Oryza sativa</i>). Claudio Sánchez (lote 1). Región Huetar Atlántica, 2009.....	65
53	Comparación entre población de nematodos totales en raíz y peso de grano de arroz (<i>Oryza sativa</i>). Claudio Sánchez (lote 2). Región Huetar Atlántica, 2009.....	66
54	Comparación entre población de nematodos en raíz y peso de grano de arroz (<i>Oryza sativa</i>). Claudio Sánchez (lote 2). Región Huetar Atlántica, 2009.....	67
55	Comportamiento de la población <i>Meloidogyne</i> en raíz de arroz, en la región Huetar Norte.....	71
56	Comportamiento de la población <i>Pratylenchus</i> en raíz de arroz, en la región Huetar Norte.....	72
57	Comportamiento de la población <i>Meloidogyne</i> en raíz de arroz, en la región Huetar Atlántica.....	73
58	Comportamiento de la población <i>Pratylenchus</i> en raíz de arroz, en la región Huetar Atlántica.....	74

RESUMEN

El siguiente estudio fue realizado entre los meses comprendidos a abril y julio para el 2008 y el mes de abril del 2009, en las regiones Huetar Norte y Huetar Atlántica, en fincas arroceras de productores asociados a CONARROZ, con el objetivo de determinar la poblacional de nematodos asociadas al cultivo del arroz.

En el año 2008 se realizaron muestreos para 6 fincas en la Zona Huetar Norte y 4 fincas en la Zona Huetar Atlántica, y parte en el 2009 los muestreos fueron realizados en 7 fincas correspondientes a la Zona Norte y Atlántica respectivamente.

Los principales géneros de nematodos encontrados en el 2006 en la zona Huetar Norte y Huetar Atlántica en raíz y suelo corresponden a *Pratylenchus* sp., *Meloidogyne* sp. y *Helicotylenchus* sp., además de nematodos de vida libre. El estudio reveló que el principal género encontrado en la zona Huetar Norte corresponde a *Pratylenchus* con valores poblacionales medios de 104 789 nematodos por cada 100 gramos de raíz, seguido de *Meloidogyne* sp. (69.635 nem/100 gr. de raíz) y *Helicotylenchus* sp. (1.063 nem/100 gr. de raíz). En suelo los géneros predominantes fueron nematodos de Vida Libre, seguido por *Pratylenchus*, *Helicotylenchus* y *Meloidogyne*.

Para la zona Huetar Atlántica el principal género corresponde a *Meloidogyne* sp. con una media de 124.024 nematodos por cada 100 gramos de raíz seguido de *Pratylenchus* sp. (28.914 nem) y *Helicotylenchus* sp. (277 nem).

La tendencia de las poblaciones fue creciente a través del tiempo para la mayoría de los casos, y esta fue definida por un arreglo de ecuación lineal.

En los que corresponde a los análisis del 2009 el principal género corresponde a *Pratylenchus* sp. (54.444 nem/100 gr. de raíz), junto con poblaciones de *Aphelenchoides* sp., *Criconomella* sp., *Helicotylenchus* sp., *Meloidogyne* sp., *Pratylenchus* sp., *Tylenchus* sp. y nematodos de vida libre. En este año se dedujo una estrecha relación entre la población de nematodos y el peso de granos según el cálculo de estadística de correlación, concluyendo

preliminarmente que bajo peso de grano ante una alta población de nematodos fitoparásitos.

Además, en el estudio de análisis de regresión lineal, se pudo concluir que los géneros de nematodos fitoparásitos obtienen un comportamiento similar a través de los años 2006, 2007 y 2008, principalmente los géneros *Pratylenchus* sp. y *Meloidogyne* sp. en la zona norte y *Pratylenchus* sp.; en la zona Atlántica.

Palabras claves: arroz, nematodo, dinámica poblacional, producción de grano.

ABSTRACT

The following study was realised between the months included July and April for the 2008 and month of April of the 2009, in the regions Huetar Norte and Atlantic Huetar, in rice property of associated producers to CONARROZ, with the aim of determining the population one of nematodes associated to the culture of the rice.

In year 2008 i realised samplings for 6 property in North the Huetar Zone and 4 property in Atlantic the Huetar Zone, on the other hand in the 2009 samplings they were realised in 7 property corresponding to the North and Atlantic Zone.

The main sorts of nematodes found in 2006 in the zone Huetar Norte and Atlantic Huetar in root and ground correspond to *Pratylenchus* sp., *Meloidogyne* sp. and *Helicotylenchus* sp., besides nematodes of free life.

The study I reveal that the main sort found in North the Huetar zone corresponds to *Pratylenchus* with average population values of 104.789 nematodes by each 100 grams by followed root, followed of *Meloidogyne* sp. (69.635 nem) and *Helicotylenchus* sp. (1.063 nem).

In ground the predominant sorts were nematodes of Free Life, followed by *Pratylenchus*, *Helicotylenchus* and *Meloidogyne*. For Atlantic the Huetar zone the main one I generate corresponds to *Meloidogyne* sp. with an average of 124.024 nematodes by each 100 grams by followed root of *Pratylenchus* sp. (28.914 nem/100 gr. by root) and *Helicotylenchus* sp. (277 nem/100 gr. by root).

The tendency of the populations was increasing through time for the majority of the cases, and this was defined by an adjustment of linear equation. In that it corresponds to the analyses of the 2009 main one I generate corresponds to *Pratylenchus* sp. (54 444 nem/100 gr. by root), along with populations of *Aphelenchoides* sp., *Criconomella* sp., *Helicotylenchus* sp., *Meloidogyne* sp., *Pratylenchus* sp., *Tylenchus* sp. and nematodes of free life.

Where it was deduced one close relation between the population of nematodes and the weight of grains according to the calculation of correlation

statistic, concluding preliminarily low weight of grain before a high population of fitoparasites nematodes.

In addition in the study to linear regression analisys it was possible to be mainly concluded that the sorts of nematodes fitoparasites obtain a similar behavior through years 2006, 2007 and 2008, the *Pratylenchus* sp. sorts and *Meloidogyne* sp. in the North zone and *Pratylenchus* sp. in the Atlantic zone.

Key words: rice, nematode, population dynamics, grain production.

1. INTRODUCCIÓN

El arroz ha sido considerado el cereal básico en la alimentación diaria del costarricense, por lo que tiene una notable importancia en nuestro país; lo anterior justifica plenamente la necesidad de conocer detalladamente aquellos factores que afectan su producción (Salazar 2003).

Entre los factores que afectan el rendimiento de este importante cereal se encuentran los nematodos fitoparásitos. Se conocen que más de 100 especies de nematodos fitoparásitos han sido encontrados asociados al arroz en muchos países del mundo y que su frecuencia e importancia son muy variables (Salazar 2003).

Hollis y Keoboonrueng (1984) citado por Salazar (2003), estiman que, a nivel mundial, un 76% del área dedicada a este cultivo se encuentra infestada con densidades dañinas de estos parásitos. Los estimados de pérdidas atribuidas a ellos varían entre el 10 y 90% de la cosecha, según la especie de nematodo.

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 determinará la severidad de la enfermedad y consecuentemente, la disminución en la producción (CATIE 2006).

Además, cabe destacar que las heridas o lesiones causadas por los nematodos debilitan a los tejidos vegetales y también sirven de foco de ingreso de patógenos fúngicos, bacterianos y virus (Castaño 1994).

En Costa Rica un estudio realizado hace varios años (López *et al.* 1987) permitió identificar 20 géneros de nematodos fitoparásitos en suelos arroceros y 11 en las raíces de esta planta. Dentro de este grupo de nematodos, destaca *Meloidogyne salasi* (López 1984), como la única especie cuya patogenicidad en el cultivo ha podido ser demostrada en condiciones locales (Sancho *et al.* 1985).

M. salasi es un patógeno del arroz descrito en 1984 y encontrado infectando este cereal en áreas productoras de Costa Rica y Panamá (López 1984), citado por Salazar 2003).

Reconocimientos realizados en Costa Rica (Sancho y Salazar 1985, López *et al.* 1987) han permitido concluir que esta especie es endémica de la región Brunca del país. Adicionalmente ha sido detectada en la región noroeste, en la zona del Pacífico Central (Parrita), en Paso Hondo de Cañas- Guanacaste y más recientemente en la zona de Upala, y en Liberia (Finca Pelón de la Bajura y Hacienda Mojica) (Salazar 2003).

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

Esta investigación se justifica por la necesidad de identificar los géneros, el grado de incidencia y las oscilaciones poblacionales de nematodos en el ciclo de vida del cultivo de arroz, además de relacionar la población de nematodos contra el peso de grano en las plantaciones, esperando obtener resultados valiosos que sirvan como herramienta para la toma de decisiones involucradas en un manejo más eficiente. Asimismo este estudio servirá como base en los futuros proyectos de investigación sobre los nematodos relacionados al cultivo en la Zona Huetar Norte y Atlántica de Costa Rica, dichos estudios ayudaran en su momento a mejorar el control de estos parásitos y disminuir la aplicación de agroquímicos.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

- Determinar la dinámica poblacional de nematodos y relación que existe entre peso del grano y población de nematodos fitoparásitos, en el cultivo de Arroz (*Oryza sativa*) en las regiones Huetar Norte y Atlántico de Costa Rica.

1.2.2 Objetivos específicos:

- Identificar y cuantificar los géneros de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de Arroz en las regiones Huetar Norte y Atlántica de Costa Rica.
- Determinar la oscilación en las poblaciones de nematodos en el ciclo de vida del cultivo del arroz (*Oryza sativa*).
- Comparar los géneros encontrados en el diagnóstico con géneros reportados en la literatura así como su comportamiento poblacional.
- Encontrar la relación que existe entre el peso del grano de arroz (*Oryza sativa*) y las poblaciones de nematodos fitoparásitos encontrados en raíz.
- Relacionar las poblaciones de nematodos fitoparásitos a través de los años 2006, 2007 y 2008.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades del cultivo del arroz (*Oryza sativa*)

2.1.1 Origen

Por ser el arroz una de las plantas más antiguas, ha sido difícil establecer con exactitud la época en que el hombre inició su propagación. Se cree que el cultivo se inició en el 3000 A.C. en la China, paralelamente se admite que el arroz se propagó en el sureste asiático, pero superior a los 3000 A.C. fue introducido a Corea y de allí, o desde China, fue introducido al Japón (González 1985).

Según González (1985), no ha sido posible establecer con exactitud dónde vino y cuando llegó el arroz al Hemisferio Occidental, algunos autores afirman que Cristóbal Colón, en su segundo viaje en 1493, trajo semillas pero no germinaron. Además de ello, se afirma que en el valle del Magdalena en Colombia hubo siembras en 1580.

Los holandeses y los portugueses a finales del siglo XVII introdujeron el arroz a América del Norte, más exactamente en Carolina probablemente proveniente de Madagascar (González 1985).

2.1.2 Taxonomía

Según González (1985), el arroz es una Fanerógama, Tipo espermatofita, Sub Tipo Angiosperma, la cual se clasifica taxonómicamente de la siguiente manera:

Clase: Monocotiledónea

Orden: Glumiflora

Familia: Poaceae

Subfamilia: Panicoideae

Tribu: Orizae

Subtribu: Orizineas

Género: *Oryza*

Especies: *glaberrima*, *sativa*, *japónica* e *indica* que son las más cultivadas (Chávez 1992).

2.1.3 Morfología

La planta de arroz es una hierba anual con tallo redondo, que consiste en entrenudos huecos, unidos por medio de nudos sólidos; hojas bastante planas y una panoja terminal. Esta adaptada para crecer en suelos inundados; pero puede también hacerlo muy bien en suelos no anegados (Sánchez 1975).

Según Sánchez (1975), las partes de la planta de arroz pueden dividirse como sigue:

- Órganos vegetativos: comprende las raíces, los tallos y las hojas.
- Órganos florales: comprende la panoja que, en realidad, es un conjunto de espiguillas.

2.2 Aspectos ecológicos del cultivo del arroz (*Oryza sativa*)

2.2.1 Factores agroclimáticos

2.2.1.1 Temperatura

El rango general de temperatura varía entre 18 y 35°C, siendo más adecuadas las temperaturas mayores, sin embargo, las temperaturas bajas durante la fase de floración pueden causar debilitamiento de las plantas predisponiéndolas al ataque de plagas (Monge 1987).

2.2.1.2 Radiación solar

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

2.2.1.3 Viento

La condición de viento que favorece el cultivo es el de velocidad lenta, aumenta los rendimientos por acción de la turbulencia dentro de la comunidad de las plantas. Esto contribuye a un mejor suministro de CO₂, materia prima de la fotosíntesis (CIAT 1985).

2.2.1.4 Humedad relativa

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

2.2.1.5 Precipitación

El arroz no solamente se cultiva en condiciones de irrigación, sino también en zonas bajas con alta precipitación, zonas con láminas de agua profunda y en seco con condiciones regularmente drenadas (CIAT 1985).

Chávez (1992) indica que se está en un seco 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.

2.2.1.6 Altura

Se afirma que el cultivo del arroz se puede cultivar desde el nivel del mar hasta los 2500 metros de altitud (CIAT 1985).

2.2.2 Factores edáficos

La característica más importante que debe tener el suelo es su capacidad de absorción y retención de agua. Por tanto, los suelos de textura arcillosa por su poca permeabilidad son preferibles, con un índice máximo de permeabilidad de 0,5 mm por hora.

Con lo que respecta a las condiciones químicas en suelos arroceros, son de suma importancia porque permiten planificar la fertilización y prevenir los problemas ocasionados por el exceso o deficiencias de algunos elementos del suelo.

Los terrenos con una pendiente de 0,05% o menos son los más apropiados para la siembra de arroz, pendientes mayores pueden adecuarse pero el costo de producción será mayor (CIAT 1985).

2.3 Generalidades de los nematodos fitoparásitos

Los nematodos constituyen un grupo claramente definido dentro de los invertebrados. Castaño (1994) indica que los nematodos fitoparásitos pertenecen al Fylum Nematelminthos, clases Secernentea y Adenophorea. Los nematodos fitoparásitos pueden ser ectoparásitos o endoparásitos, aéreos o subterráneos, constituyendo uno de los grupos de fitoparásitos más importantes de la agricultura. Raramente un cultivo se encuentra libre de nematodos fitoparásitos y su presencia generalmente pasa desapercibida debido a su tamaño microscópico y posición protegida en el suelo.

El cuerpo de los nematodos es más o menos transparente y está cubierto por una cutícula incolora, que generalmente está marcada por estrías. Todos los nematodos parásitos de plantas están provistos de un estilete, que emplea para perforar el tejido de las raíces de las plantas (Castaño 1994).

2.4 Modo de acción de los nematodos

Los nematodos atacan tanto partes aéreas como subterráneas de las plantas. Entre los órganos invadidos están: raíces, hojas, flores y frutos. El ataque al sistema radical es el más frecuente e importante (Colbert 1979).

Según Colbert (1979) el modo de acción de los nematodos sobre las plantas hospederas, se manifiesta de tres maneras.

- a) Acción traumática: ocasionada por los nematodos fitoparásitos a provocar lesiones en los tejidos.
- b) Acción expoliadora: los nematodos fitoparásitos se aprovecha de elementos nutritivos ya elaborados por las plantas.
- c) Acción tóxica: es la producida por sustancias químicas tóxicas que secretan o vehiculan a los nematodos fitoparásitos.

2.5 Clasificación biológica de los nematodos

Los nematodos fitoparásitos se pueden dividir en tres categorías:

- a. Endoparásitos: cuando penetra el órgano vegetal

- b. Semi - endoparásitos o semi – ectoparásitos: se dividen en sedentarios y migratorios. Se considera sedentario el nematodo que penetra los tejidos en estado de larva, y se instala definitivamente por el resto de su ciclo; y migratorio el que penetra en el tejido vegetal y luego lo abandona. Esta migración se produce debido a que la condición allí reinante se tornó desfavorable. En algunos casos el nematodo deja parte de su cuerpo fuera de la raíz, en este caso se considera Semi - endoparásitos o semi - ectoparásitos.
- c. Ectoparásitos: Cuando el nematodo solo introduce el estilete en el tejido vegetal se le conoce como ectoparásito (Castaño 1994).

2.6 Distribución de los nematodos

La densidad y composición de una población no está determinada solamente por el tipo de suelo y clima, sino también por el cultivo que se está desarrollando.

Cuando las raíces de las plantas mueren los nematodos salen y migran a otras raíces sanas o permanecen vivos en el suelo en espera de la siguiente cosecha.

La difusión de los nematodos por sí mismos puede considerarse casi nula. La mayoría son incapaces de desplazarse más de algunos centímetros en toda su vida (González 1978).

2.7 Factores que afectan el desarrollo y reproducción de los nematodos

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 (Jiménez 1991). Entre los factores que afectan las poblaciones de nematodos están:

- Las condiciones de clima y suelo
- La fisiología de la planta
- La presencia de otros organismos y las variaciones patogénicas de los nematodos

2.8 Nematodos asociados al cultivo del arroz

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

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 de nematodo formador de nódulos radicales. Este nematodo es el cecidógeno del arroz *Hypsoperine* spp. (Figueroa 1973).

Sancho y Salazar (1985) realizaron un estudio 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 zae* y *Meloidogyne salasi*. En lo referente a los análisis de raíces, estos investigadores determinaron que únicamente *Pratylenchus zae* y *Meloidogyne salasi* estaban presentes a nivel de raíces.

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

2.9.1 *Hirschmaniella orizae*:

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

2.9.2 *Ditylenchus angustus*:

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

2.9.3 *Aphelenchoides besseyi*:

Está presente en todos los ecosistemas del arroz, alimentándose de forma ectoparásita del meristemo apical del tallo, emigrando seguidamente 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).

2.9.4 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).

2.9.5 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:

- a) Eliminar los restos de cosechas anteriores
- b) 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
- c) La rotación de cultivos puede reducir notoriamente los niveles de población del parásito (InfoAgro 2002).

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

Según (Fernández y Quesada 2009) los nematodos asociados al cultivo de arroz en Costa Rica son *Aphelenchoides besseyi*, *Criconemella* spp., *Helicotylenchus* spp., *Hirschmaniella oryzae*, *Longidorus* spp., *Meloidogyne arenaria*, *Meloidogyne exigua*, *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne salasi*, *Paratrichodorus* spp., *Pratylenchus zae*, *Rotylenchulus* spp., *Trichodorus* spp., *Tylenchorhynchus* spp., *Xiphinema* spp.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del estudio

El estudio se realizó en diversas fincas productoras de arroz, de las zonas Huetar Norte y Atlántica de Costa Rica durante los meses de abril a julio del 2008 y el mes de abril del 2009 (Cuadro 1 y 2).

La zona Huetar Norte 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).

La precipitación es variable, en promedio oscila entre los 2.000 mm/año en las llanuras de Guatuso, Upala y Los Chiles hasta 5.000 mm/año en los macizos volcánicos. La evapotranspiración real en promedio es de 900 a 1000 mm/año. La temperatura para la zona Huetar Norte varía entre los 20°C, a los 26°C. La humedad relativa es de 80-90% y una radiación solar de 3 a 5 horas diarias (SIRZEE 2006).

Para la zona Atlántica que presenta una estación lluviosa todo el año, la precipitación anual es de 3.525 milímetros a 5 m de altitud para la provincia de Limón (Mena 2006).

La Temperatura promedio de esta región, varía a lo largo del año entre los 25° C y 27° C en toda la costa, las temperaturas varía de 20°C, en los meses más fríos, a 31°C en los meses más cálidos (Mena 2006).

3.2 Población a estudiar

Para el correspondiente estudio se evaluaron 5 fincas, las cuales están asociadas a la Corporación Arrocera Nacional (CONARROZ). Estas se ubican en la zona Huetar Norte, específicamente los cantones de Upala y Los Chiles. Por último se realizaron muestreos de fincas en la zona Atlántica específicamente en Matina, Batán y Sarapiquí.

Cuadro 1. Fincas asociadas a CONARROZ muestreadas durante el estudio durante el año 2008.

Zona	Región	Propietario	Variedad	Periodo de evaluación
Huetar Norte	Villa Hermosa, Upala	Félix Artavia	CR-4477	Abril-Julio
Huetar Norte	San José, Upala	Soporro del Norte (lote 1)	CR-4477	Abril-Julio
Huetar Norte	San José, Upala	Soporro del Norte (lote 2)	CR-4477	Abril-Julio
Huetar Norte	San José, Upala	Soporro del Norte (lote 3)	Palmar 18	Abril-Julio
Huetar Norte	Las Tablillas, Los Chiles	Jorge Dueck	CR-4477	Abril-Julio
Huetar Norte	Las Tablillas, Los Chiles	Helmer Varela	Palmar 18	Abril-Julio
Huetar Atlántica	Batán	Héctor Alvarado	Palmar 18	Abril-Julio
Huetar Atlántica	Sarapiquí	Allen Mena	Palmar 18	Abril-Julio
Huetar Atlántica	Matina	Álvaro Garita	Palmar 18	Abril-Julio
Huetar Atlántica	Sarapiquí	Jorge Dueck	Palmar 18	Abril-Julio

Cuadro 2. Fincas asociadas a CONARROZ muestreadas durante el estudio durante el año 2009.

Zona	Región	Propietario	Variedad	Periodo de evaluación
Huetar Norte	Upala	Félix Artavia (lote 1)	CR-4477	Abril
Huetar Norte	Upala	Félix Artavia (lote 2)	CR-4477	Abril
Huetar Atlántica	Sarapiquí	Jorge Dueck	CR-4477	Abril
Huetar Atlántica	Sarapiquí	Fidel Villalobos	CR-4477	Abril
Huetar Atlántica	Sarapiquí	Claudio Sánchez (lote1)	CR-4477	Abril
Huetar Atlántica	Sarapiquí	Claudio Sánchez (lote2)	Palmar 18	Abril
Huetar Atlántica	Sarapiquí	Giovanni Rodríguez	CR-4477	Abril

3.3 Toma de muestras

En las fincas se tomaron muestras en 1 hectárea de terreno, con cinco puntos fijos (4 x 4 metros) de muestreo formando una diagonal, en cada punto se tomaron tres muestras de plantas (raíz) y una muestra compuesta (de 10 puntos, profundidad del barreno 20 cm) de suelo siguiendo el patrón sistemático.

Para los muestreos realizados en el 2009 se tomó la muestra sistémicamente, al igual que en los muestreos del 2008, pero a diferencia que se tomó en cada uno de los cinco puntos fijos una planta y en cada finca 10

muestras, correspondientes a 10 hectáreas. Además se tomó la planta completa para el peso de los granos y la biomasa.

3.4 Análisis de muestras en laboratorio

Las Muestras obtenidas en campo se analizaron en el laboratorio de Nematología de la Escuela de Agronomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede San Carlos. Se utilizó los procedimientos de extracción de Esquivel (2005) que se detallan a continuación:

3.4.1 Raíces:

Se lavaron las raíces, y se seleccionaron las raíces funcionales, con el fin de cortarlas en trozos pequeños de aproximadamente 1 cm, se pesaron 25 gramos, estos se procesaron por el método de Licuado-tamizado-centrifugado en solución azucarada como se describe a continuación: la raíces se licuaron en 50 ml de agua durante dos fases 15 segundos a velocidad baja y 15 segundos a velocidad alta, luego se pasaron por un juego de cribas superpuesto de 35, 100,170 y 400 mesh, el material que se obtuvo en la criba de 400 mesh se paso a un Beacker con la ayuda de una piceta para evitar pérdidas de nematodos, así también se obtuvo el material obtenido en la criba de 635 mesh para conteo de los huevos. Esta solución se homogenizó y paso a tubos de centrifugación donde se centrifugó durante cinco minutos a 3000 rpm, después se eliminó el sobrenadante con residuos orgánicos (los nematodos se van al fondo), después se volvió a llenar los tubos con solución azucarada (454 g/litro) para realizar una segunda centrifugación a 3000 rpm por cinco minutos, con esto los nematodos flotaron en la solución azucarada la cual se vertió en el tamiz de 400 mesh el cual se lavó para eliminar el azúcar , por último se recolectó los nematodos del tamiz; además se hizo una recolección en el tamiz de 635 mesh para huevos de nematodos.

El conteo se realizó aforando a 40 ml la solución obtenida del último tamiz y homogenizando estas solución de donde se obtuvo una alícuota de 3 ml la cual se vertió en un cuenta de 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 Marban (1987), Manual de identificación de géneros de nematodos importantes en Costa Rica del Dr. Alejandro Esquivel (2005). Se realizaron tres conteos por muestra para obtener después un promedio.

3.4.2 Suelo:

Las muestras de suelo provenientes de campo se homogenizaron, se eliminan las raíces, y piedras, se pesaron 25 gramos y se colocaron en un papel filtro, luego se colocó en un embudo previamente preparado que consiste en un embudo de plástico con una manguera adherida a la parte inferior y en la cual se acopló un pequeño recipiente conocido como “*vial*” para recoger los nematodos. A la muestra se le adicionó agua hasta un centímetro bajo la parte superior del embudo y se dejó reposar durante al menos 72 horas. Después de este periodo se recogió el Vial que contiene aproximadamente 5 ml de solución, esta muestra se homogenizó y se tomó una alícuota de 3 ml, que se colocó en la cuadrícula cuenta nematodos; el conteo e identificación se realizó igual que para la muestra de raíz.

Con lo que respecta a las plantas de arroz se pesaron las plantas en fresco. Además se secaron durante 72 horas para materia seca, pero 12 horas después de sacarlas del horno.

3.5 Variables a evaluar

Las variables evaluadas fueron:

1. Géneros de nematodos según Zuckerman *et al.* (1990).
2. Densidades de nematodos presentes en suelo y raíz según las técnicas de extracción de nematodos de Esquivel (2005) aplicadas al cultivo de Arroz en la Zona Huetar Norte de Costa Rica.
3. Conteo de huevos de nematodos en raíz, por medio del método de Licuado-tamizado-centrifugado.
4. Frecuencias absolutas de nematodos presentes en suelo y raíz.

5. Variaciones de género y poblacionales encontradas en un periodo definido de tiempo.
6. Peso plantas de arroz y granos de arroz.
7. Correlación entre la población de nematodos en 100 gramos de raíz y el peso de grano.
8. Análisis de regresión de las poblaciones de nematodos fitoparásitos a través de los años 2006, 2007 y 2008.

3.6 Descripción del estudio

Las fincas evaluadas fueron asignadas por CONARROZ ya que se tratan de fincas comerciales, además estas fueron escogidas por criterios dirigidos a los intereses de la institución. Estas fincas fueron muestreadas cada tres semanas ya que se consideró la capacidad de almacenamiento y procesamiento de las muestras.

Para los nuestros del 2008 se tomó una muestra por finca, estas muestras corresponden a una hectárea de la finca y para los nuestros realizados en el 2009 se tomaron 10 muestras de cada finca, cada una de estas muestras equivalen a una hectárea de la finca. Cada una de estas muestras está conformada por cinco plantas con raíz y suelo adherido.

Las muestras se procesaron y almacenaron en el Laboratorio de Nematología de la Sede Regional del Instituto Tecnológico de Costa Rica, ubicado en Santa Clara de San Carlos. Inmediatamente de realizadas las extracciones de nematodos en raíz y suelo, se realizó el conteo y clasificación de los géneros encontrados en cada una de las muestras de las distintas fincas.

Se extrajeron para la investigación datos de estudios realizados en el 2006 por Araya (2006) y López (2006); para el 2007 los datos se obtuvieron de estudios realizados por parte de Araya (2008), Dye (2008) y Vargas (2008), correspondientes tanto a la región Huetar Norte como la región Huetar Atlántica.

3.7 Análisis de resultados

Los géneros y densidades presentes se analizaron por medio de estadística descriptiva (Promedios y Frecuencias).

Además se efectuó un análisis de correlación para establecer si existe alguna relación entre la población de nematodos y el peso del grano.

Por último se realizó un análisis de regresión lineal para conocer si existe una relación entre las poblaciones de los diferentes géneros de nematodos fitoparásitos a través de los años 2006, 2007 y 2008. Los datos de los años 2006 y 2007 se extrajeron de investigaciones anteriores sobre poblaciones de nematodos en las regiones Huetar Norte y Huetar Atlántica de Costa Rica.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente estudio se encontraron tres géneros de nematodos fitoparásitos de importancia asociados al cultivo del arroz junto con nematodos de vida libre, entre los principales géneros encontrados en la región Huetar Norte y Atlántica destacan *Pratylenchus* sp., *Meloidogyne* sp., y *Helicotylenchus* sp.

Ya adecuadamente identificados los géneros de nematodos presentes en las regiones del estudio se procedió a su cuantificación, mostrando los niveles de infección de cada uno de ellos, así para la región Huetar Norte se encontró que el principal genero corresponde a *Pratylenchus* sp. y en la región Huetar Atlántica el principal genero es *Meloidogyne* sp.

Además preliminarmente se halló relación entre las poblaciones de nematodos fitoparásitos con el peso de grano en las distintas fincas estudiadas en el 2009. Del mismo modo se descubrió una estrecha relación entre la dinámica poblacional de algunos de los principales géneros de nematodos fitoparásitos durante los años 2006, 2007 y 2008 en la región Huetar Norte y Huetar Atlántica.

4.1 Estadística descriptiva de nematodos fitoparásitos y de vida libre asociados al cultivo del Arroz, Zona Huetar Norte

Se encontró que los géneros fitoparásitos con mayor incidencia en la región Huetar Norte equivalen a *Pratylenchus*, *Meloidogyne*, y *Helicotylenchus*, como los géneros predominantes; además cabe destacar la presencia de nematodos de vida libre, junto con géneros que se presentaron en muy baja cantidad como los son: *Tylenchorhynchus* y *Criconomella*.

El Cuadro 3 muestra la población de nematodos en donde, la mayor población la presentó *Pratylenchus* con una media de 104.789,81 nem/100 gr. de raíz, presentándose con un mínimo de 6.061,76 nem/100 gr. de raíz y un máximo de 222.822,09 nem/100 gr. de raíz. La siguiente mayor población le corresponde a *Meloidogyne* con una media de 69.635,52 nem/100 gr. de raíz, mínimo de

2.099,76 nem/100 gr. de suelo y máximo de 178.512,89 nem/ 100 gr. de raíz. Por último *Helicotylenchus* obtuvo una población media de 1.063 nem/100 gr. de raíz, con un mínimo de 387,21 nem/100 gr. de suelo y un máximo de 2.384,89 nem/100 gr. de raíz.

Cuadro 3. Población de nematodos presentes en 100 gramos de raíz para el cultivo de arroz (*Oryza sativa*). Zona Huetar Norte, 2008.

Genero	n	Media	Mínimo	Máximo	Mediana
<i>Helicotylenchus</i>	46	1.063,28	387,21	2.384,89	608,25
<i>Meloidogyne</i>	72	69.635,52	2.099,76	17.8512,89	30.454,69
<i>Pratylenchus</i>	77	104.789,81	6.061,76	222.822,09	76.303,49
Vida libre	70	93.918,76	2.087,22	435.519,11	10.083,51

Para el caso del suelo (Cuadro 4) la mayor población encontrada es para los nematodos de vida libre, con una media de 2.363,48 nem/100gr. de suelo, en donde se observa un mínimo de 1.429 nem/100gr. de suelo y un máximo de 4.093,33 nem/100 gr. de suelo. En lo que respecta a nematodos fitoparásitos el mayor número es para *Pratylenchus* con una media de 600,1 nem/100 gr. de suelo con un mínimo de 122,86 nem/100gr. de suelo y un máximo de 1.597,71 nem/gr. de suelo.

Cuadro 4. Población de nematodos presentes en 100 gramos de suelo para el cultivo de arroz (*Oryza sativa*). Zona Huetar Norte, 2008.

Genero	n	Media	Mínimo	Máximo	Mediana
<i>Helicotylenchus</i>	46	442,62	15,27	838,48	432,6
<i>Meloidogyne</i>	30	371,96	142,6	510,48	419,85
<i>Pratylenchus</i>	28	600,41	122,86	1.597,71	506
Vida libre	80	2.363,48	1.429	4.093,33	2.158,14

Cabe destacar la presencia de los mismo géneros tanto para raíz como para suelo, a diferencia que la incidencia de nematodos en suelo es mucho menor en comparación a la incidencia de nematodos en raíz.

4.2 Frecuencia relativa de los nematodos fitoparásitos y de vida libre asociados al cultivo del Arroz, Zona Huetar Norte

En la Figura 1, se muestra el promedio de la frecuencia relativa para los nematodos tanto en raíz como en suelo, se puede observar como en raíz la mayor incidencia la tiene *Pratylenchus* con un 38,9%, seguido de nematodos de vida libre (34,8%), *Meloidogyne* (25,85%) y por último *Helicotylenchus* (0,39%).

En suelo predominan los de nematodos de vida libre (62,15%), a diferencia de géneros de nematodos fitoparásitos, que la mayor frecuencia es para *Pratylenchus* al casi alcanzar el 16% de frecuencia cada uno de ellos.

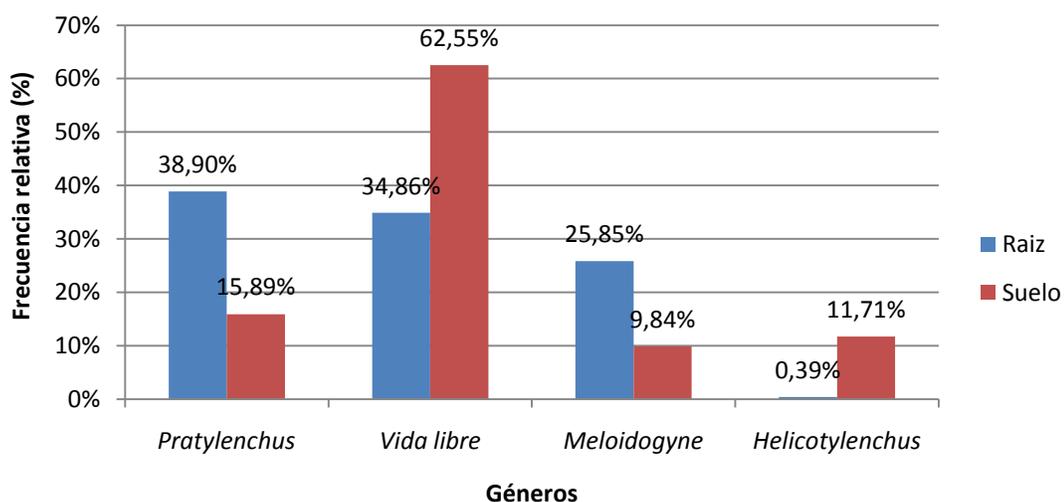


Figura 1. Promedios de frecuencias relativas de los nematodos en suelo y raíces de arroz, Zona Huetar Norte, 2008.

Con respecto a la frecuencia relativa de nematodos extraídos en raíz según las fincas estudiadas, se puede observar en la Figura 2 como *Pratylenchus* es dominante en al menos cinco fincas de ocho fincas estudiadas y como este género

es mucho mayor en las fincas de Helmer Varela y Jorge Dueck, ubicadas en Los Chiles. Además se debe tomar en cuenta la población de *Meloidogyne* como género importante sobre todo en la finca de Soporro del Norte, específicamente en los lotes 1 y 2, además de la finca de Félix Artavia las cuales se localizan en San José de Upala y Villa Hermosa de Upala respectivamente.

Del mismo modo se puede observar el antagonismo que existe entre los géneros *Meloidogyne* y *Pratylenchus*, ya que la frecuencia de las poblaciones contrastan en cada una de las fincas muestreadas.

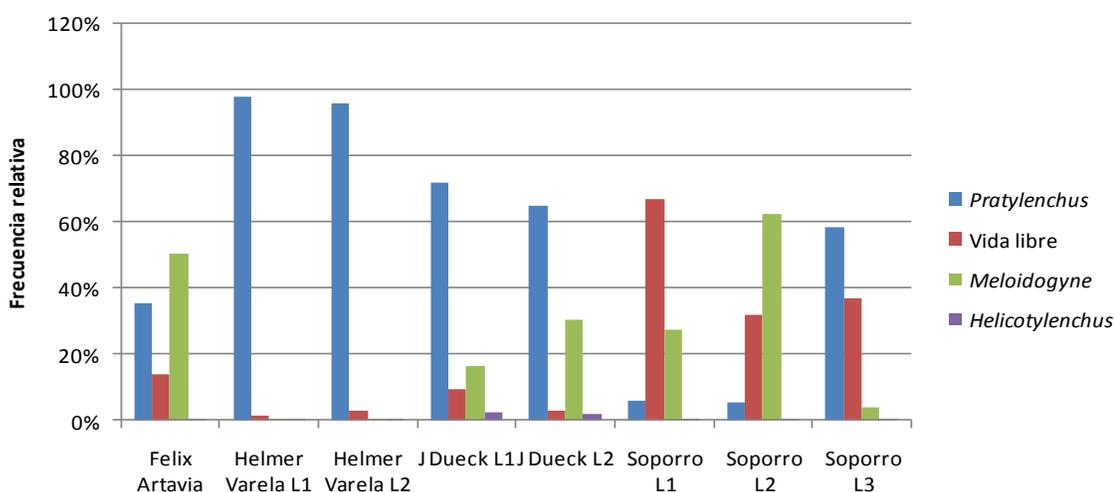


Figura 2. Frecuencias relativas de nematodos en raíces de arroz, Zona Huetaar Norte, 2008.

La Figura 3, describe la frecuencia relativa de las poblaciones de nematodos en suelo en cada una de las fincas, en donde se puede observar el dominio de los nematodos de vida libre con respecto a los demás géneros, según Ramón de Lara *et al.* (2003), los nematodos de vida libre se encuentran prácticamente en todos los medios y su abundancia está en relación con la presencia de materia orgánica, por lo que su función esta intrínsecamente relacionada con el flujo energético debido a los procesos de desintegración de la materia orgánica, la cual es

fundamental para que se cumplan los ciclos biogeoquímicos de los nutrientes de los que dependen todos los organismos de un ecosistema.

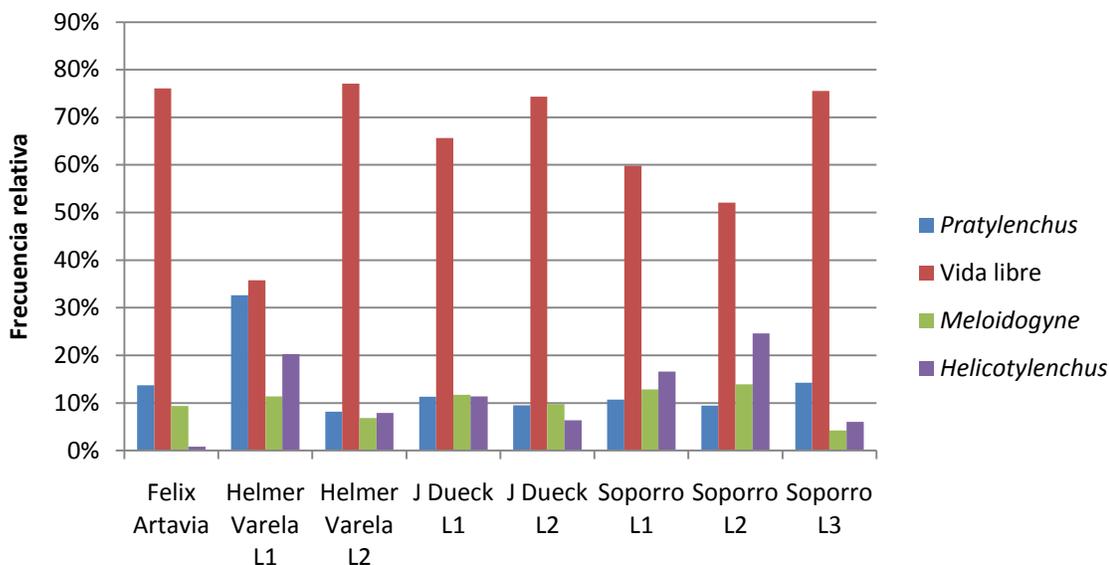


Figura 3. Frecuencias relativas de nematodos en suelo, Zona Hueta Norte, 2008.

Sin embargo la finca de Helmer Varela lote 1, la población de *Pratylenchus* sp. casi iguala la población de nematodos de vida libre, lo que es reforzado con el hecho que la mayoría de nematodos en raíz de esta finca pertenecen al género *Pratylenchus* (Figura 3).

4.3 Dinámica poblacional de nematodos fitoparásitos y de vida libre asociados al cultivo del Arroz, Zona Hueta Norte

En términos generales se puede observar una tendencia de crecimiento de la población total de nematodos, esto se puede explicar gracias al aumento en la cantidad de raíz de las plantas de arroz lo cual permite que exista una mayor cantidad de alimento y áreas de colonización de los nematodos. Se puede observar como los nematodos de vida libre obtienen una mayor tasa de crecimiento luego del día 120 después de la siembra, además existe una disminución en la población de *Meloidogyne* a partir de la última etapa de cultivo,

lo que está en contraste con la población de *Pratylenchus* que mantiene un crecimiento constante (Figura 4).

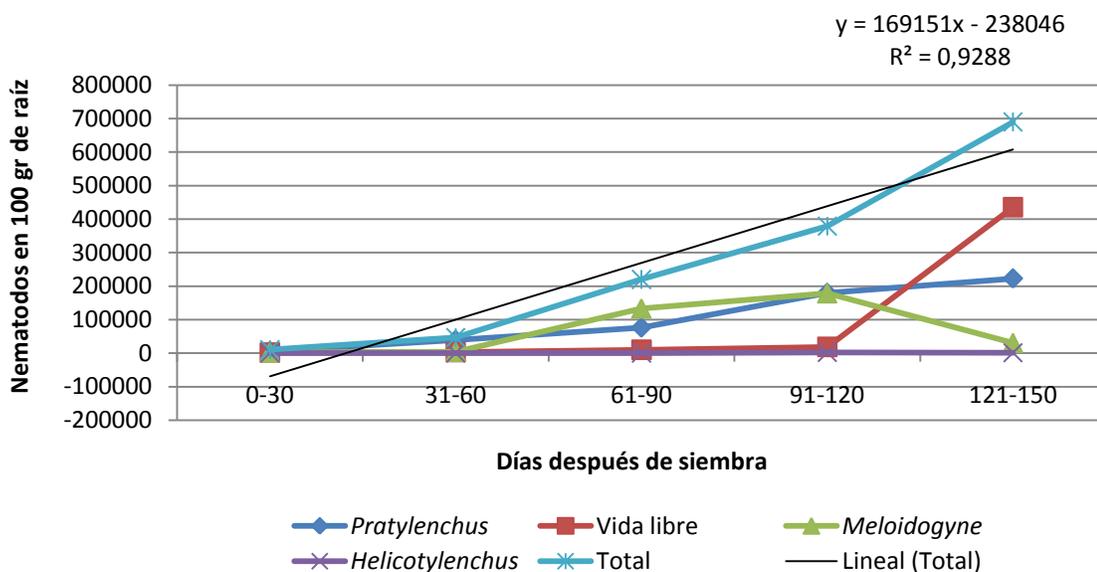


Figura 4. Comportamiento poblacional de nematodos totales en raíz de arroz (*Oryza sativa*). Región Huetar Norte, 2008.

El análisis de regresión para este caso, revela un ajuste lineal con un R^2 de 0,92 lo que lo define como de crecimiento constante a través del tiempo con un ajuste muy adecuado de todos los puntos (Figura 4).

Para la Figura 5, se observa un comportamiento irregular en la dinámica poblacional de nematodos en suelo, ya que se aprecia una tendencia de crecimiento hasta el día 90 después de la siembra, y a partir de éste comienza una marcada disminución de la población para todos los géneros de nematodos involucrados. Por esta tendencia desigual se observa una ajuste lineal de 0,08 lo que nos indica que no es significativo.

Se puede observar que la mayor población pertenece a nematodos de vida libre, ya que estos se encuentran en mayor ocurrencia en el suelo por su comportamiento habitual (Figura 5).

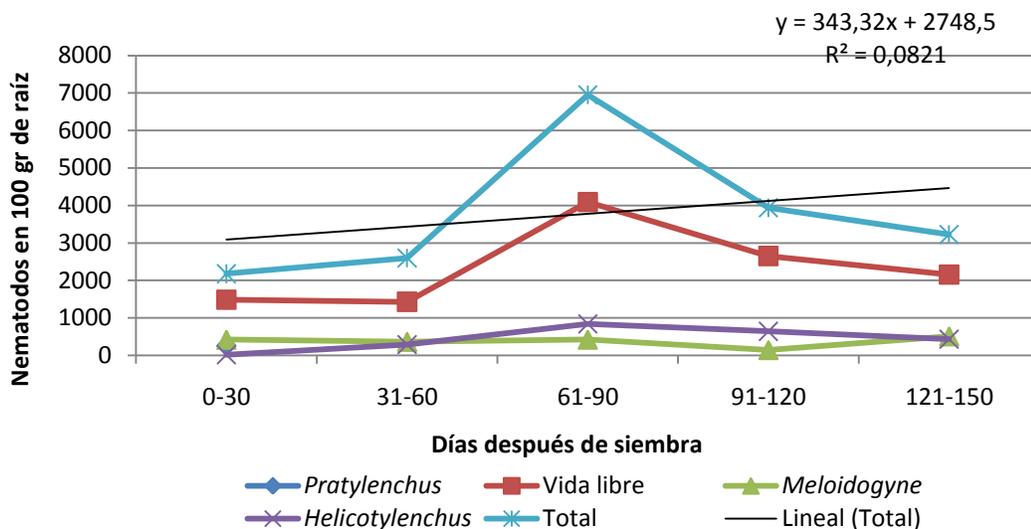


Figura 5. Comportamiento poblacional de nematodos totales en suelo. Región Huatar Norte, 2008.

La Figura 6, muestra la dinámica de los huevos de los nematodos, tanto totales como por fincas correspondientes a la zona norte, aquí se puede observar como el total posee un crecimiento a través del tiempo, además destaca como la finca de Soporro lote 3 posee la mayor concentración de huevos en cada 100 gr de raíz.

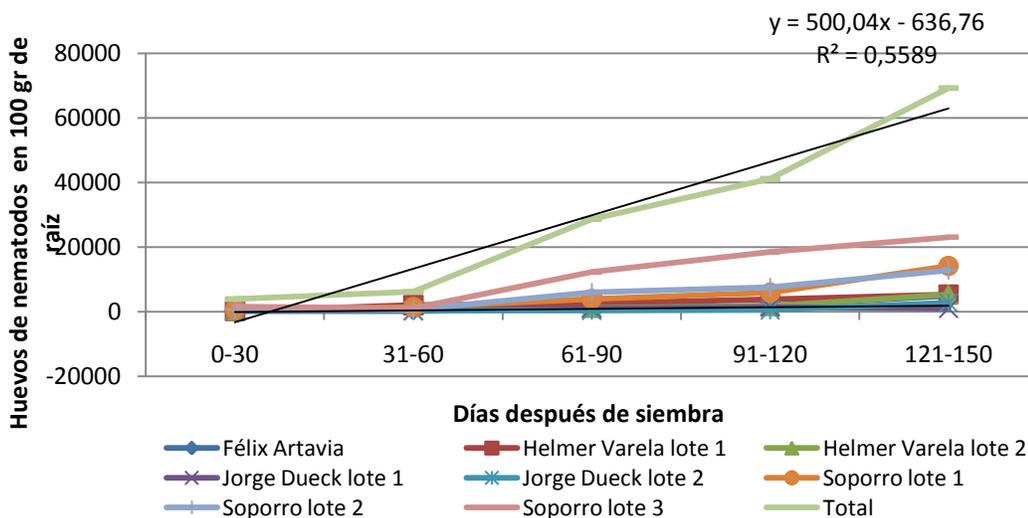


Figura 6. Comportamiento poblacional de huevos de nematodos en raíz de arroz (*Oryza sativa*). Región Huatar Norte, 2008.

Del mismo modo las fincas Soporro lote 1 y Soporro lote 2, poseen alta cantidad de huevos pero seguidas de Soporro lote 3. Las demás fincas contienen las menores cantidades de número de huevos en raíz encontradas en la zona (Figura 6).

En la Finca de Félix Artavia en Upala (Figura 7), se hace énfasis en la dinámica de los nematodos, en donde se observa una tendencia de crecimiento hasta el día 120, a partir del cual solo los nematodos de vida libre continúan en crecimiento y los demás géneros mantienen una disminución de su población. Cabe destacar como los géneros más importante para la Región Norte mantienen un comportamiento similar de crecimiento y disminución. El R^2 , muestra que no es significativo este comportamiento, ya que obtuvo 0,3 lo que indica que no se comporta en forma lineal.

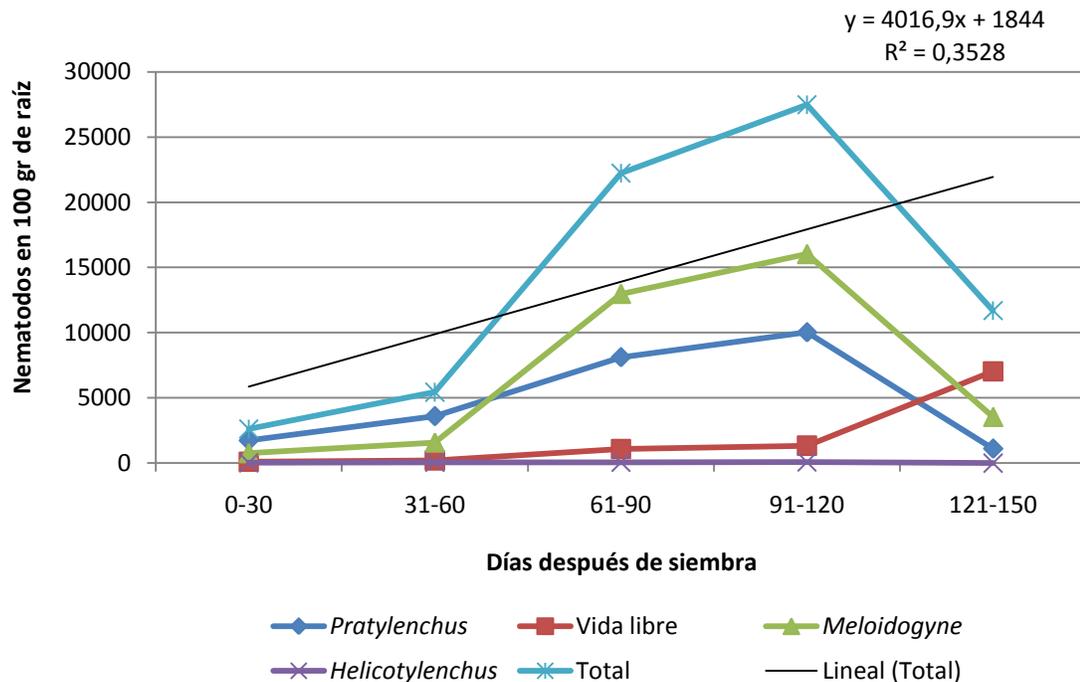


Figura 7. Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en raíces de arroz, Félix Artavia, Upala, 2008.

Para la población en suelo de la finca de Félix Artavia (Figura 8) se puede observar un ajuste lineal de 0,8 indicando que posee un comportamiento lineal a través del tiempo, pero a diferencia del comportamiento de los distintos géneros y vida libre es hacia la disminución del número de nematodos por cada 100 gramos de suelo, lo que hace única esta conducta, en comparación a las demás aéreas muestreadas.

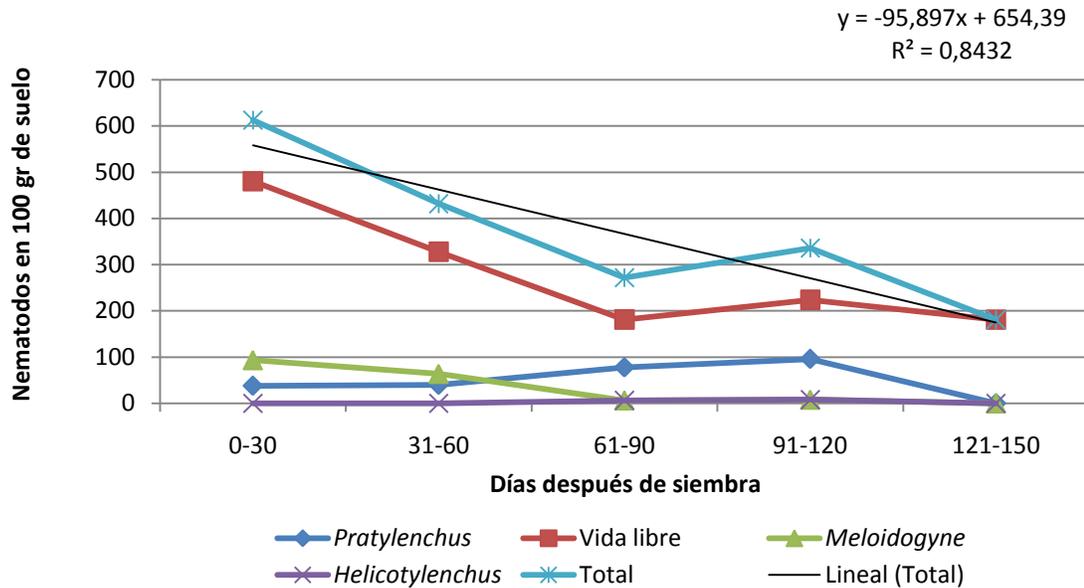


Figura 8. Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en suelo, Félix Artavia, Upala, 2008.

En la Figura 9, perteneciente a la finca de Helmer Varela (Los Chiles, Lote 1), la mayor población de nematodos son del género *Pratylenchus* y además se puede observar como los demás géneros y los nematodos de vida libre son insignificantes comparables con el género *Pratylenchus* marcando este último una gran población existente en esta finca.

En cuanto al comportamiento, se obtuvo un ajuste lineal de 0,6, lo que indica que no es significativo por su comportamiento, especialmente en la última etapa donde decae la población de nematodos del género *Pratylenchus* (Figura 9).

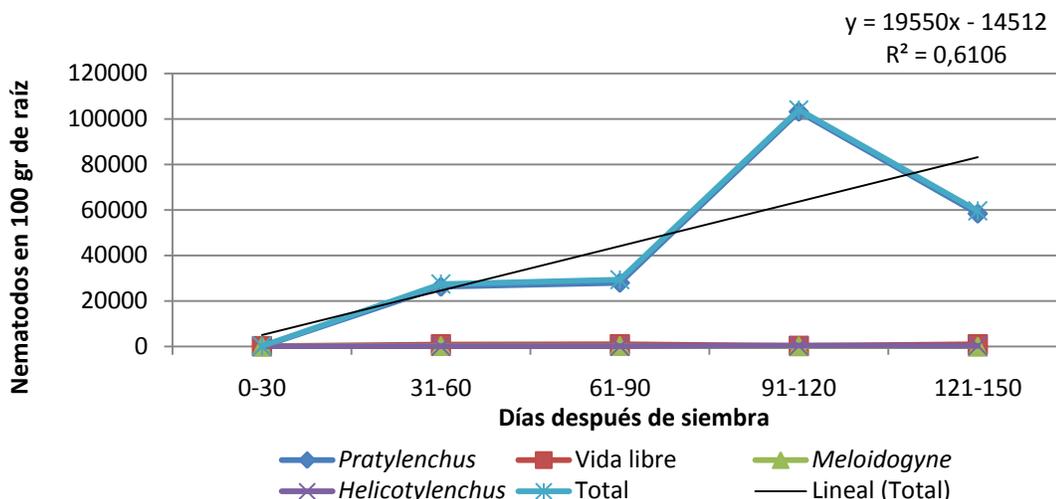


Figura 9. Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en raíz de arroz, Helmer Varela lote 1, Los Chiles, 2008.

En cuanto a los nematodos en suelo de la finca de Helmer Varela, se observa como la población total disminuye a partir del día 91, marcando un comportamiento no lineal o no significativo ($R^2 = 0,1$) (Figura 10).

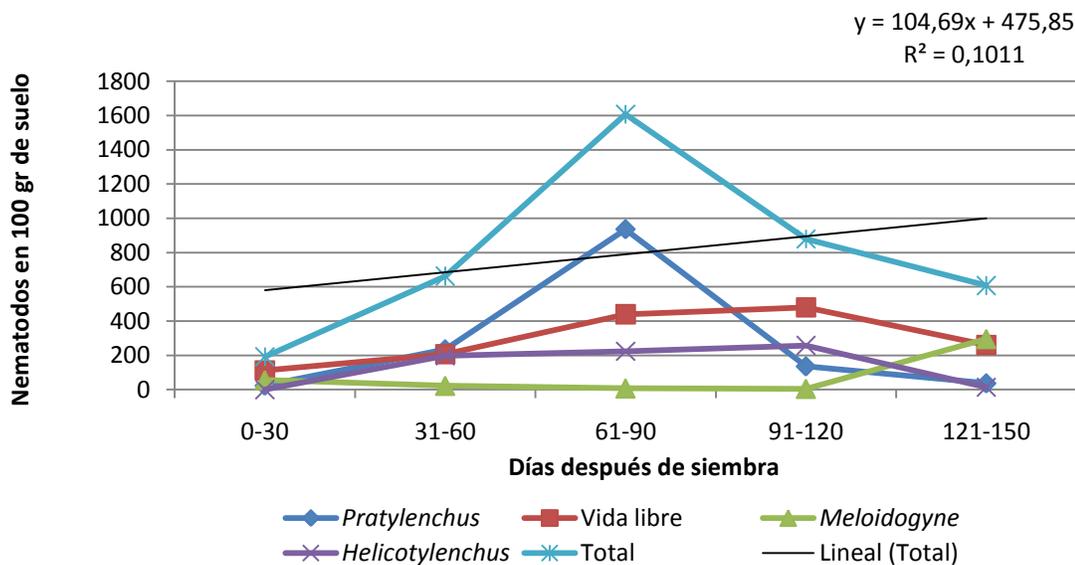


Figura 10. Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en suelo, Helmer Varela lote 1, Los Chiles, 2008.

Además cabe destacar como el género *Meloidogyne* si posee un crecimiento a través del tiempo, en especial aumentando de población en la última etapa del cultivo, justo cuando la población de *Pratylenchus* es menor (Figura 10).

Para el caso del lote 2 de Helmer Varela, en Los Chiles se muestra una ecuación lineal ($R^2 = 0,6$) (Figura 11) lo que indica que no hay significancia en cuanto a la ecuación lineal ajustada para el total de nematodos de la población, además se muestra una alta población del género *Pratylenchus*, el cual conforma casi el total de los nematodos encontrados en esta finca y se observan bajas poblaciones de los demás géneros de nematodos involucrados.

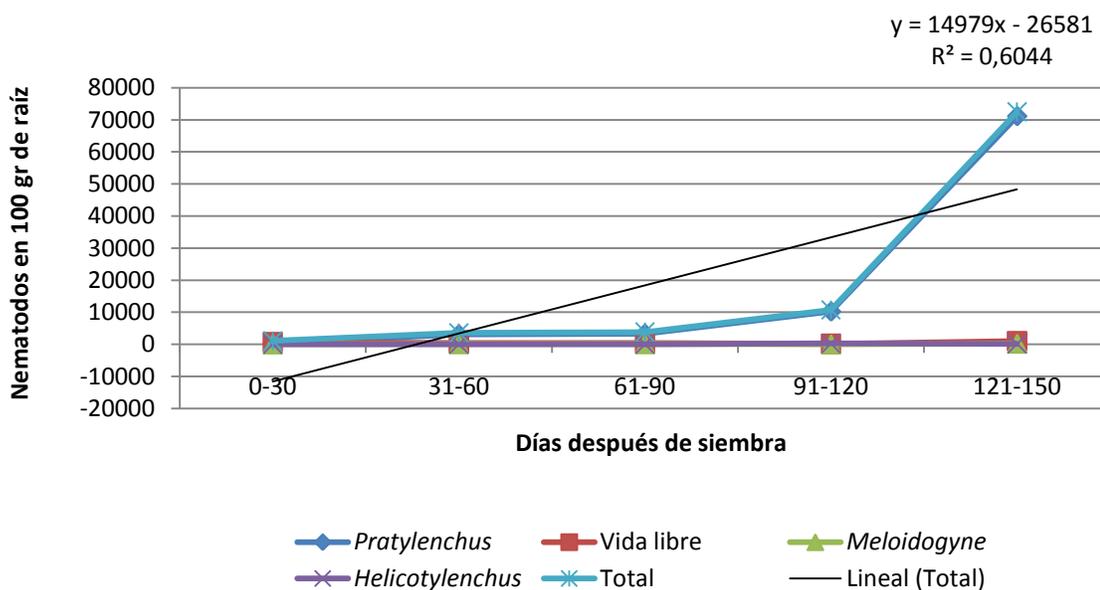


Figura 11. Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en raíz de arroz, Helmer Varela lote 2, Los Chiles, 2008.

En la Figura 12 que representa las poblaciones de nematodos para la finca de Helmer Varela (Los Chiles) se puede observar un $R^2 = 0,09$ lo que indica que no es significativo, en la cual los nematodos de vida libre poseen una mayor población y los fitoparásitos no son de suma relevancia por su baja población.

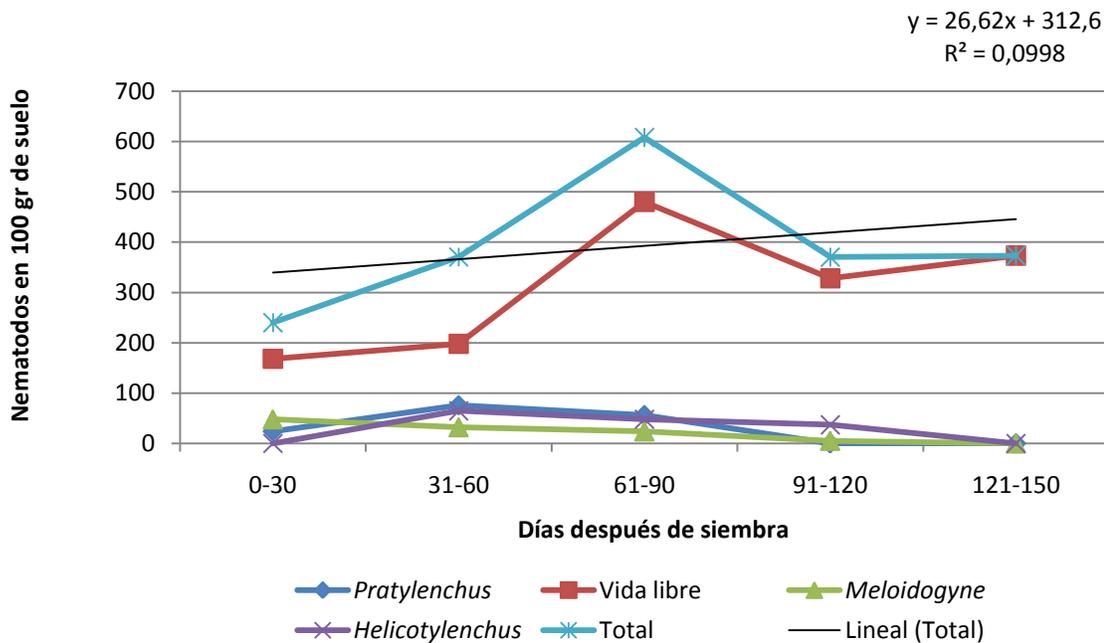


Figura 12. Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en suelo, Helmer Varela lote 2, Los Chiles, 2008.

El total de nematodos de la finca de Jorge Dueck (Los Chiles, Figura 13), muestra una tendencia lineal (0,9) significativa, en donde se observa cómo hay un comportamiento creciente de los distintos géneros de nematodos y en especial de *Pratylenchus*, haciendo de éste el de mayor población comparado con los otros géneros así como en la mayor cantidad poblacional determinados a nivel de raíz.

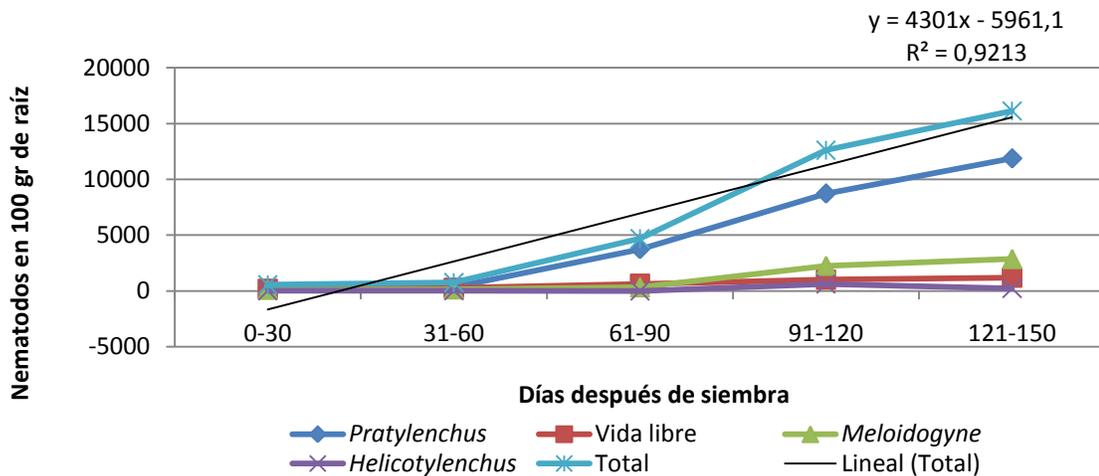


Figura 13. Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en raíz de arroz, Jorge Dueck lote 1, Los Chiles, 2008.

Para el caso de la finca de Jorge Dueck lote 1 (Figura 14), el comportamiento no es lineal y no es confiable ($R^2 = 0,007$), pero se puede observar que los nematodos de vida libre poseen mayor cantidad por cada 100 gramos de suelo, lo que indica su tendencia a un mayor número de nematodos en suelo con respecto a los demás géneros.

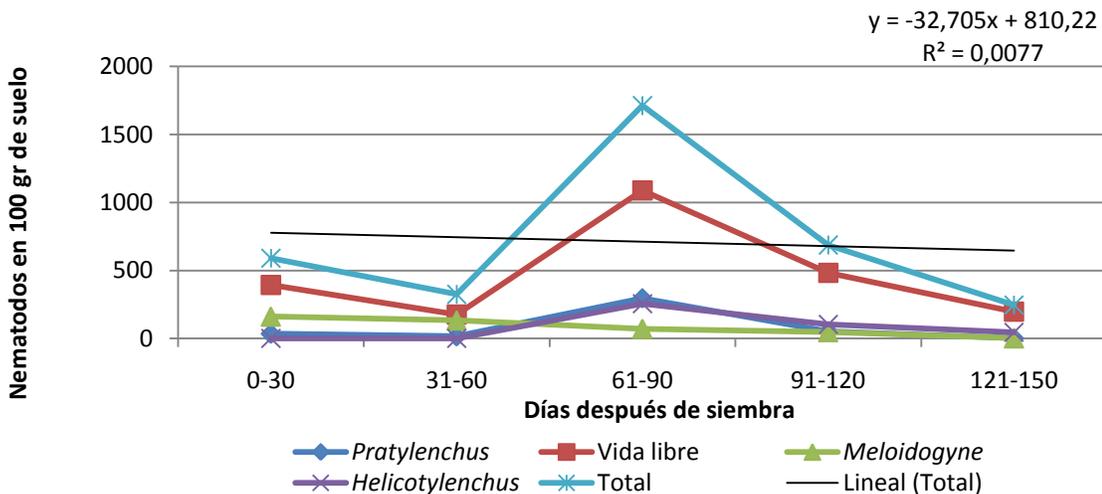


Figura 14. Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en suelo, Jorge Dueck lote 1, Los Chiles, 2008.

El R^2 de la Figura 15 (Jorge Dueck, Lote 2, Los Chiles) es igual a 0,6 implicando un comportamiento poblacional no significativo, observándose además como los géneros más importantes en esta zona procuran un crecimiento, en especial en la última etapa del cultivo, es decir que su población aumentó drásticamente a partir de los 120 días después de la siembra.

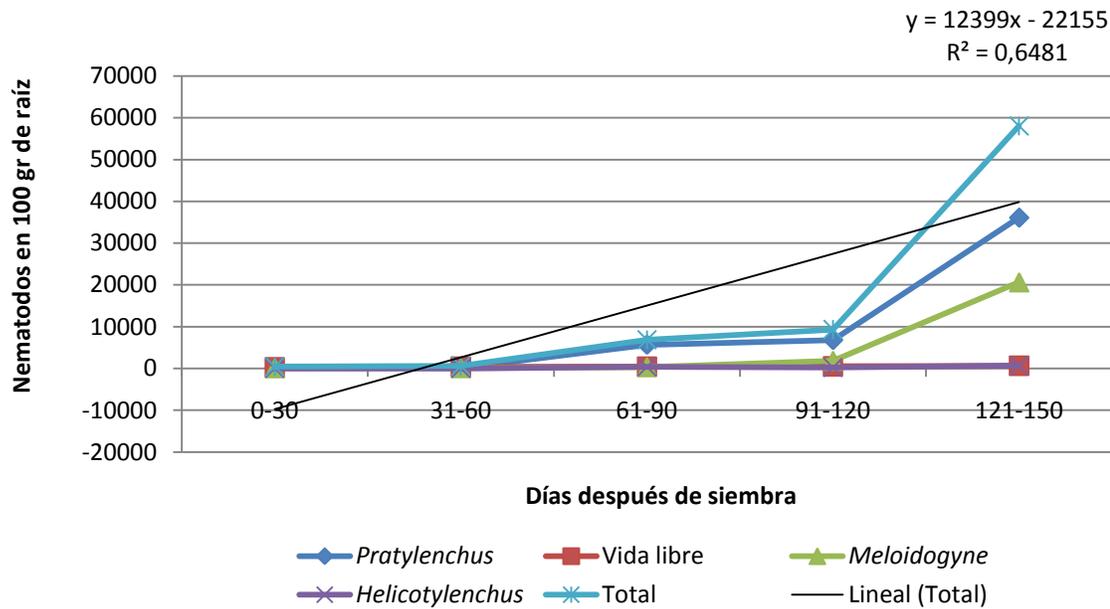


Figura 15. Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en raíz de arroz, Jorge Dueck lote 2, Los Chiles, 2008.

Del mismo modo que en las poblaciones de las demás fincas la Figura 16 muestra un mayor número de nematodos de vida libre en el suelo, y se puede mirar como las poblaciones de *Meloidogyne* y *Pratylenchus* se contrastan en las últimas etapas del cultivo, ya que para los días entre el 90 y 120 después de siembra la población de *Pratylenchus* es mayor a la de *Meloidogyne*, pero luego de los 120 días se anteponen. El modelo de R^2 se muestra altamente significativo.

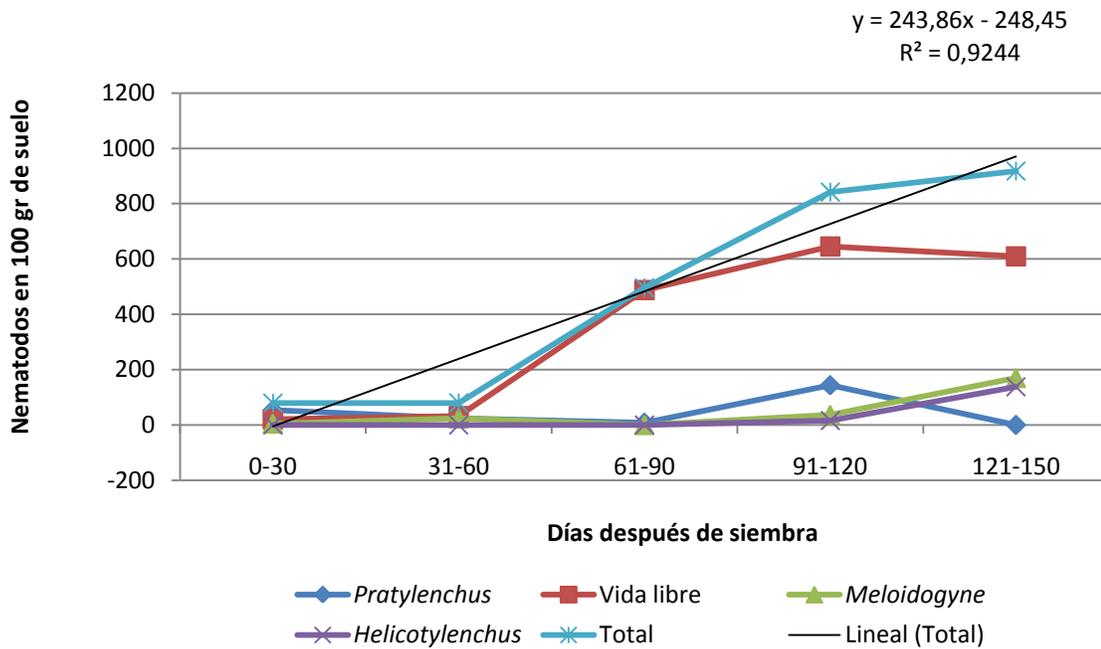


Figura 16. Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en suelo, Jorge Dueck lote 2, Los Chiles, 2008.

Para la finca en Soporro (San José, Upala, lote 1) el ajuste lineal es poco significativo (0,7) y se destaca una mayor población de nematodos de vida libre a partir del día 121 después de la siembra con cantidades relativamente altas en comparación, solo del género *Meloidogyne* posee un número significativo de nematodos fitoparásitos en esta finca durante un tiempo (61-90 DDS), pero este número se ve disminuido conforme pasa el ciclo del cultivo (Figura 17).

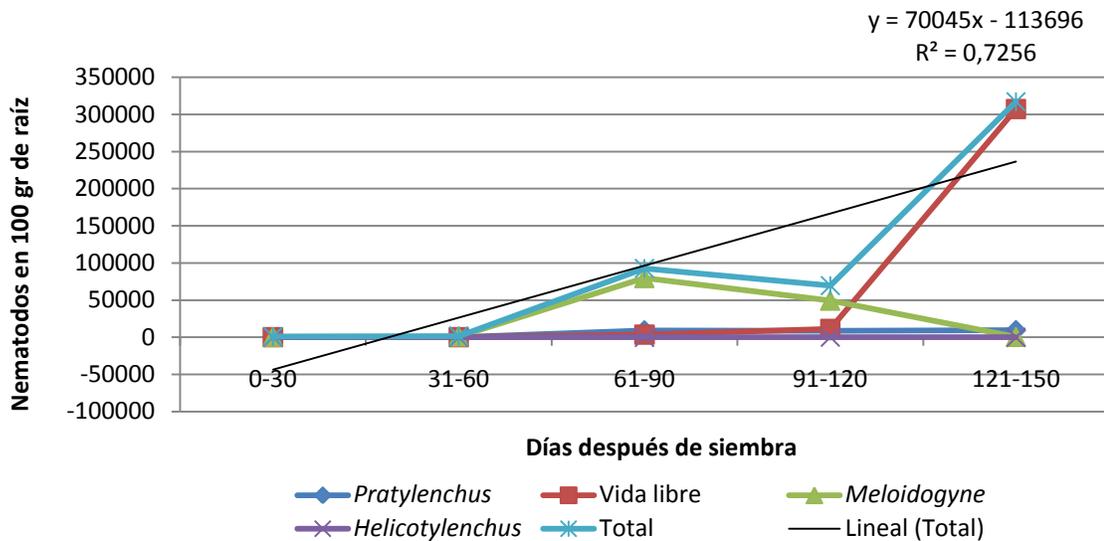


Figura 17. Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en raíz de arroz, Soporro lote 1, Upala, 2008.

En la Figura 18, se observa un comportamiento inusual el cual indica un alto crecimiento de la población de nematodos de vida libre entre los 61 días y 90 días después de la siembra, además según el coeficiente cuadrático (0,012) no es confiable la distribución de los datos.

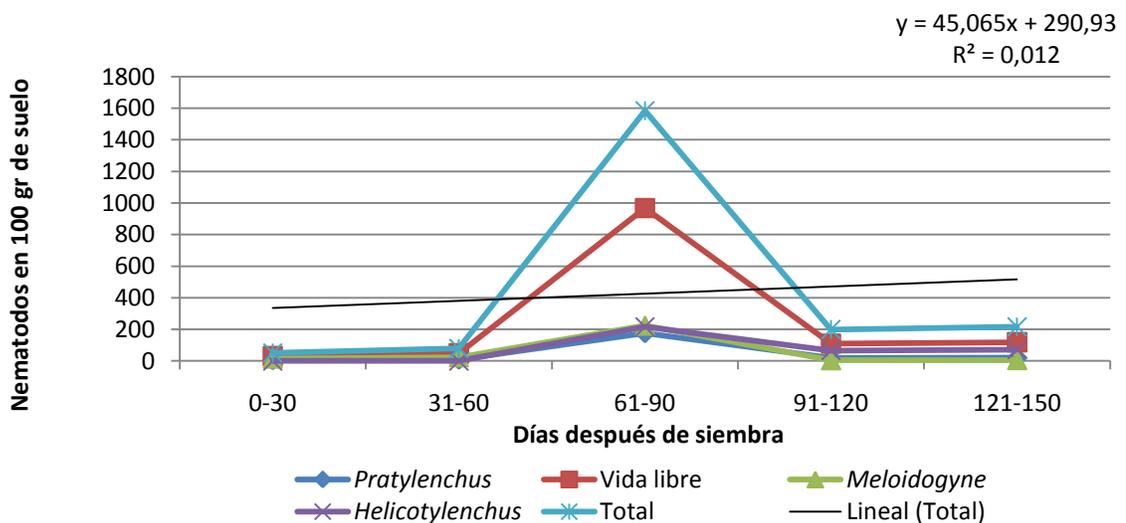


Figura 18. Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en suelo, Soporro lote 1, Upala, 2008.

Para el lote 2 de la finca Soporro se obtiene un coeficiente de $R^2 = 0,7$ lo que indica que es poco confiable pero es importante observar el contraste que existe entre *Meloidogyne* y nematodos de vida libre en las últimas dos etapas ya que parece indicar que cuando la población de los nematodos fitoparásitos disminuyó; los nematodos de vida libre aumentaron en número lo que puede mostrar un antagonismo entre estos (Figura 19).

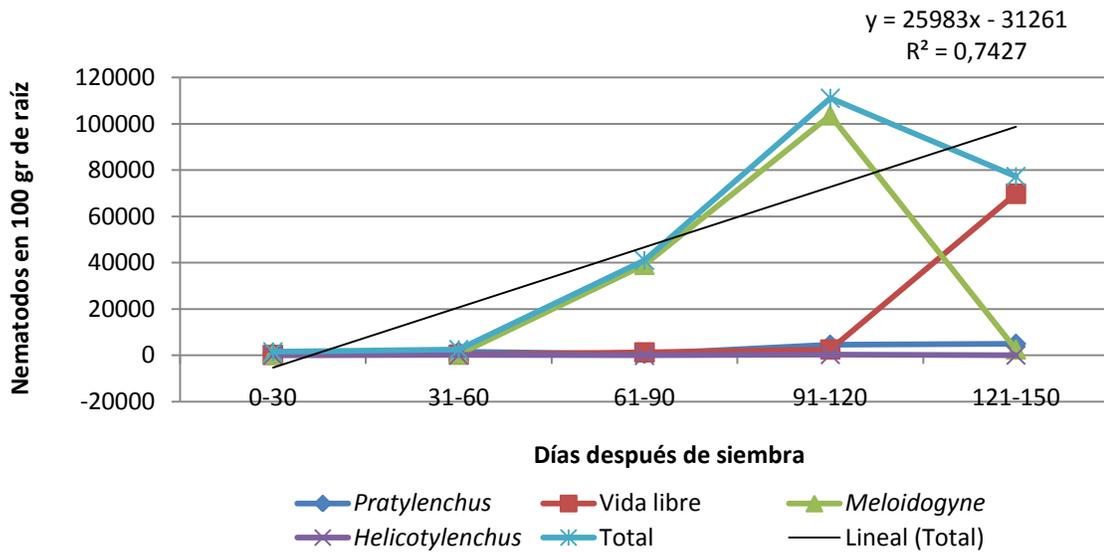


Figura 19. Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en raíz de arroz, Soporro lote 2, Upala, 2008.

Para la muestra de suelo de la finca Soporro lote 2 se nota un coeficiente altamente confiable ($R^2=0,9$), además se nota la tendencia que tiene los nematodos de vida libre a superar los demás en suelo, además se nota que el género *Helicotylenchus* sobresale sobre los otros fitonematodos (Figura 20).

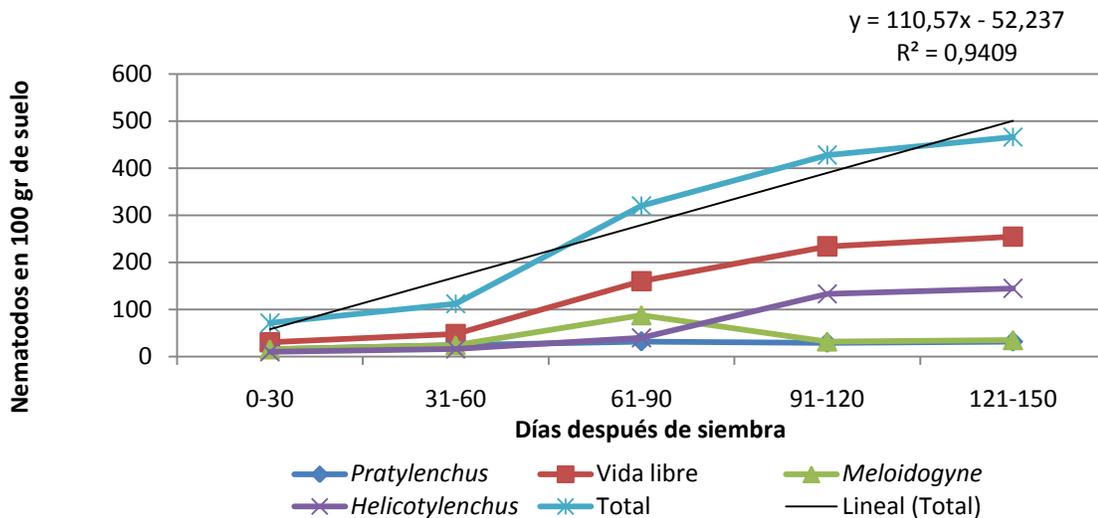


Figura 20. Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en suelos, Soporro lote 2, Upala, 2008.

Para el lote 3 de la finca Soporro (Figura 21), se nota una tendencia en el crecimiento de la población de *Pratylenchus* ($R^2=0.8$), pero ésta es sobrepasada en la última etapa por los nematodos de vida libre, además se nota el antagonismo que existe entre *Pratylenchus* y *Meloidogyne* en donde la población de este último se mantiene bajo un margen menor.

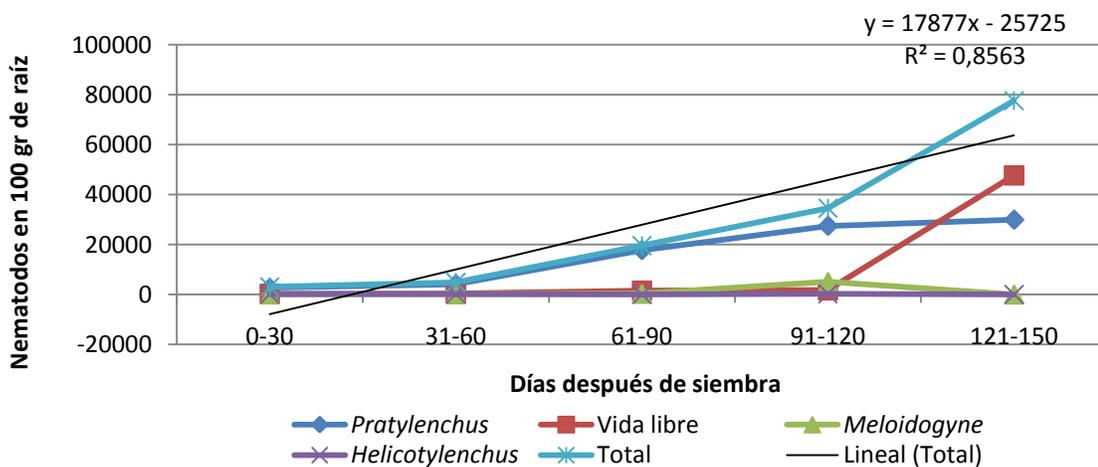


Figura 21. Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en raíz de arroz, Soporro lote 3, Upala, 2008.

Para la población de nematodos en suelo (lote 3, finca Soporro, Figura 22), se aprecia en forma similar que en las fincas anteriores la tendencia es una mayoría de nematodos de vida libre con una baja población de fitoparásitos.

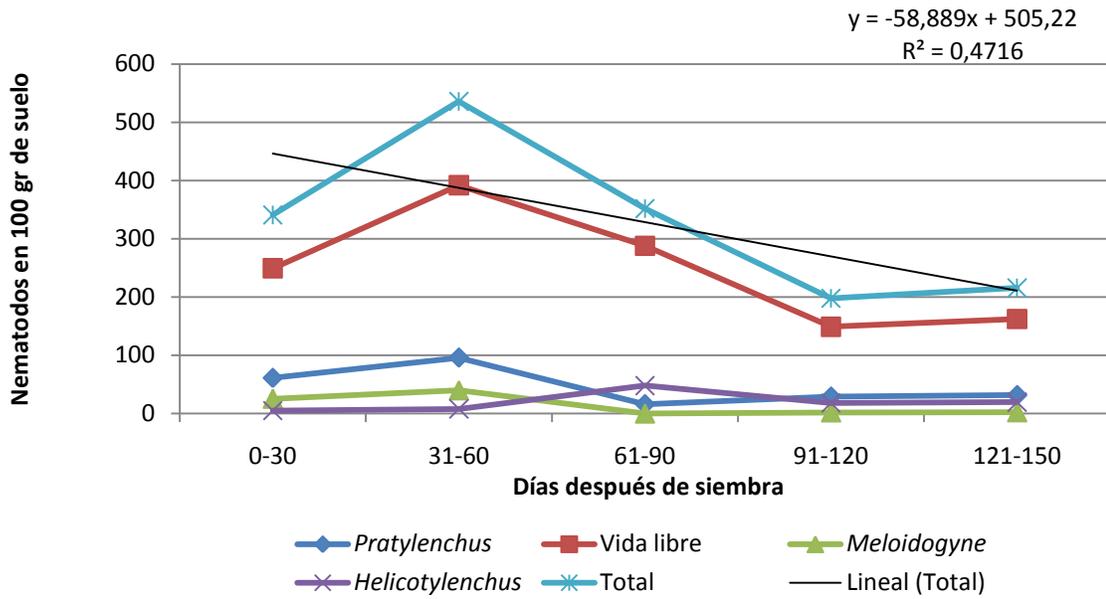


Figura 22. Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en suelo, Soporro lote 3, Upala, 2008.

4.4 Estadística descriptiva de nematodos fitoparásitos y de vida libre asociados al cultivo del arroz, Zona Huetar Atlántica

A nivel de raíz de plantas de arroz, los géneros de nematodos identificados para la zona Huetar Atlántica durante el diagnóstico fueron especialmente: *Helicotylenchus*, *Meloidogyne*, *Pratylenchus* y nematodos de vida libre, presentando poblaciones medias de 277,38; 124.024,04; 28.914,33; y 14.230,77 respectivamente (Cuadro 5). Del mismo modo cabe destacar entre los nematodos fitoparásitos como la población *Meloidogyne* obtuvo un mínimo de 24.285,8 nem/100 gr. de raíz y un máximo 256.222,22 nem/100 gr. de raíz, colocando a este género con la mayor cantidad de nematodos encontrados en la zona en raíz. Además y no de menos importancia como *Pratylenchus*, logró una alta población

con un máximo de 49.786,6 nem/100 gr. de raíz y un mínimo de 15.285,31 nem/100 gr. de raíz, junto con *Helicotylenchus* obteniendo un máximo de 437,49 nem/100 gr. de raíz y un mínimo de 121,37 nem/100 gr. de raíz (Cuadro 5).

La población de nematodos de vida libre también fue importante ya que se logró observar una alta población y obtuvo 34.240 nem/100 gr. de raíz como máximo y mínimo de 5.336 nem/100 gr. de raíz.

Cuadro 5. Población de nematodos presentes en raíz para el cultivo de arroz (*Oryza sativa*). Zona Huetar Atlántica, 2008.

Genero	n	Media	Mínimo	Máximo	Mediana
<i>Helicotylenchus</i>	20	277,38	121,37	437,49	257,33
<i>Meloidogyne</i>	36	124.024,04	24.285,8	256.222,22	107.794,07
<i>Pratylenchus</i>	28	28.914,33	15.285,31	49.786,6	25.292,66
Vida libre	32	14.230,77	5336	34.240	8.673,54

En la muestra de suelo predomina los nematodos de vida libre con una población media de 767,2 nem/100 gr. de raíz, un mínimo de 190,56 nem/100 gr. de suelo y un máximo de 1.464 nem/100 gr. de raíz, esta tendencia es evidente en todas las muestras tomadas a través del estudio.

En lo que respecta a nematodos fitoparásitos, *Meloidogyne* posee la mayor cantidad de individuos por cada 100 gramos de suelo, así se obtuvo un media poblacional de 160,79, con máximo de 279,33 y un mínimo de 45,82. Los demás géneros como lo son *Helicotylenchus* y *Pratylenchus* se presentaron en muy baja población con una media de 51,23/100 gr. de suelo y 43,82/100 gr. de suelo respectivamente (Cuadro 6).

Cuadro 6. Estadística Descriptiva de los principales géneros de nematodos presentes en suelo para el cultivo de arroz (*Oryza sativa*). Zona Huetar Atlántica, 2008.

Genero	n	Media	Mínimo	Máximo	Mediana
<i>Helicotylenchus</i>	28	51,23	7,75	114	41,58
<i>Meloidogyne</i>	30	160,79	45,82	279,33	159
<i>Pratylenchus</i>	31	43,2	20,9	69	41,45
Vida libre	42	767,2	190,56	1.464,26	707

4.5 Frecuencia relativa de nematodos fitoparásitos y de vida libre asociados al cultivo del Arroz, Zona Huetar Atlántica

En la Figura 23 se puede observar evidentemente como dos poblaciones de nematodos son los que poseen una gran mayoría respecto a los demás, para el caso del género *Meloidogyne*, este obtiene hasta un 80,63% de frecuencia en raíz opacando los demás géneros y los nematodos de vida libre tienen gran persistencia en la frecuencia de los muestreos realizados con un 76,71% de frecuencia encontrados en la solución de suelo.

En los que respecta a los demás géneros *Pratylenchus*, apenas obtiene un poco más del 9% y *Pratylenchus* no llega al 1% en las muestras de raíz, pero para las muestras de suelo *Helicotylenchus* es más frecuente con un 5,12% comparado con *Pratylenchus* con un 2,09%.

Las especies de *Helicotylenchus* son ectoparásitos, pero pueden comportarse como endoparásitos migratorios, completando su ciclo en la raíz; lo cual explica que su densidad sea alta en suelo y baja en raíz si se compara con *Pratylenchus*. El género *Pratylenchus* son endoparásitos, encontrándose su población mayormente en las raíces, además *Pratylenchus* puede sobrevivir en el suelo hasta seis meses en barbecho (Suárez y Rosales 2004).

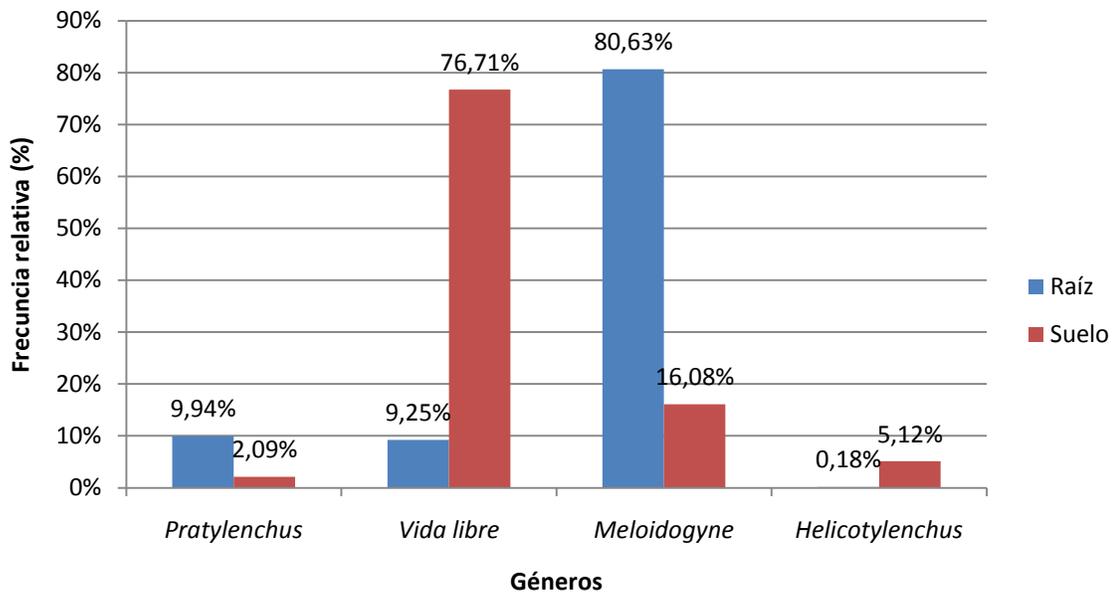


Figura 23. Promedios de frecuencias relativas de las poblaciones de nematodos en suelo y raíces de arroz. Zona Huetar Atlántica, 2008.

Para la frecuencia relativa de las poblaciones de nematodos en raíz encontrados en las diferentes fincas (Figura 24), se observa el antagonismo que posee los géneros *Meloidogyne* y *Pratylenchus*, ya que en la finca de Allen Mena donde se encontraron altas poblaciones de *Pratylenchus*, se observaron bajas poblaciones de *Meloidogyne*; mientras que en la finca de Álvaro Garita altas poblaciones de *Meloidogyne* con bajas de *Pratylenchus*, lo que indica que no existe una tendencia a un género de nematodo dominante para la zona Huetar Atlántica, destacando que las fincas con mayor número de nematodos del género *Pratylenchus* se encuentran en la zona de Sarapiquí. También se encontraron poblaciones importantes de nematodos de vida libre en las diferentes fincas.

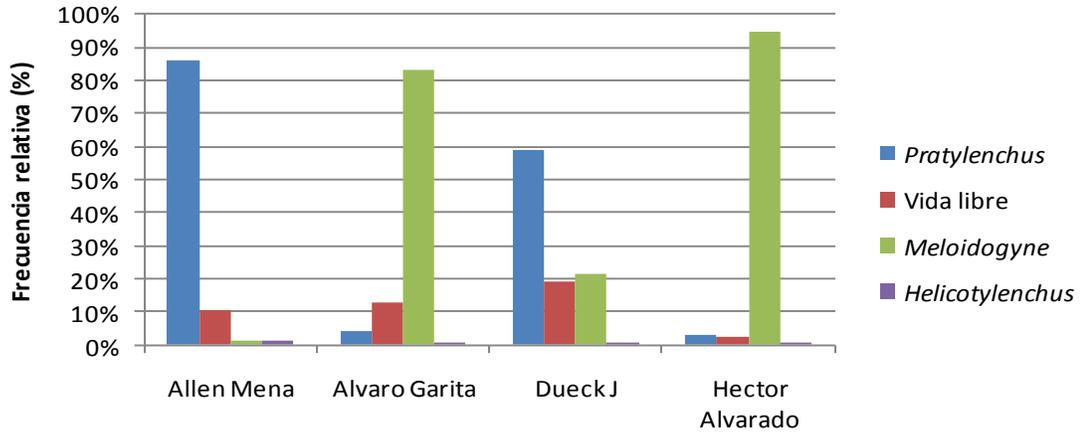


Figura 24. Frecuencias relativas de las poblaciones de nematodos en raíces de arroz, Zona Hueta Atlántica, 2008.

En lo que respecta a la frecuencia relativa de nematodos en la solución de suelo, se marca una tendencia de persistencia de los nematodos de vida libre, siendo estos los de mayor conglomeración en las distintas fincas, así mismo se observa que la población de *Meloidogyne* es importante para todas las fincas siendo este el segundo grupo con respecto a la frecuencia relativa en suelo (Figura 25).

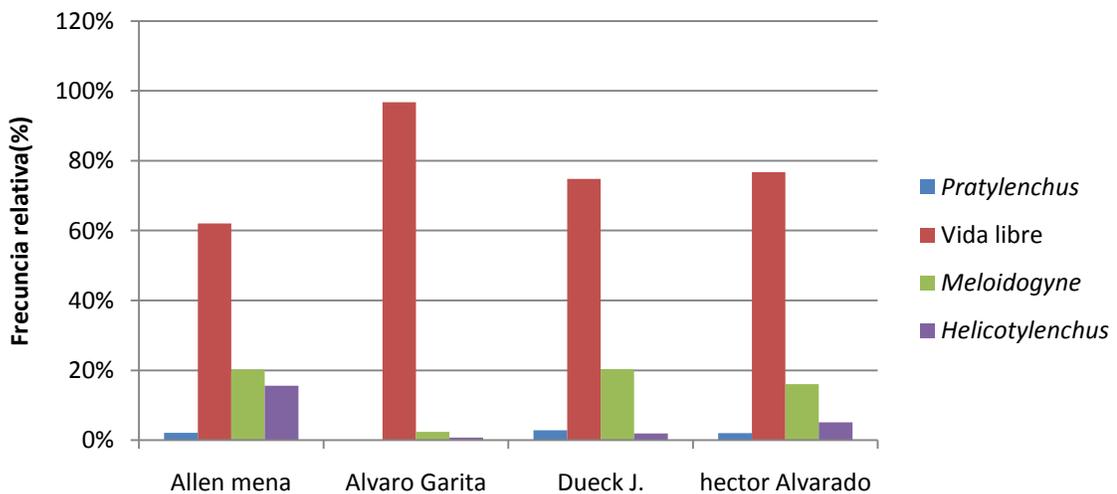


Figura 25. Frecuencias relativas de las poblaciones de nematodos en suelo de arroz, Zona Hueta Atlántica, 2008.

4.6 Dinámica poblacional de nematodos fitoparásitos y de vida libre asociados al cultivo del Arroz, Zona Huetar Atlántica

La población de nematodos en general para las muestras de raíz se mantiene en crecimiento hasta los 80 días, de aquí todos los géneros de nematodos tienden a una disminución de su población, pero en la última etapa del cultivo las poblaciones aumentan rápidamente, como se puede observar en la Figura 4. Además se observa como *Meloidogyne* es el género de fitonematodos con mayor afluencia en la dinámica de la población para la zona Huetar Atlántica, alcanzando los más altos niveles en comparación con los demás géneros de nematodos.

En lo que respecta al análisis de regresión en este caso, se obtiene un ajuste lineal ($R^2=0,7$) lo que indica que es poco significativa la tendencia a través del tiempo (Figura 26).

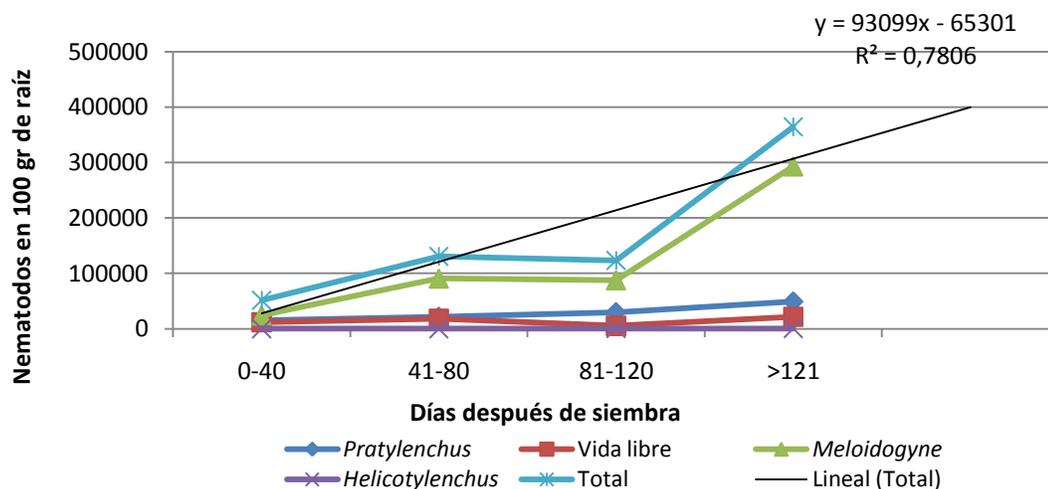


Figura 26. Comportamiento poblacional de nematodos totales en raíz de arroz (*Oryza sativa*). Región Huetar Atlántica, 2008.

El comportamiento poblacional de nematodos en suelo revela un ajuste de $R^2=0,9$ lo que indica alta confiabilidad (Figura 27) en donde se observa un

crecimiento constante y lineal respecto a la ecuación. Los nematodos de vida libre poseen la mayor población y dominan ante los demás géneros, obteniendo una curva de crecimiento aceptable a través del tiempo, en la cual *Meloidogyne* y *Helicotylenchus* mantienen una población baja a través del ciclo del cultivo.

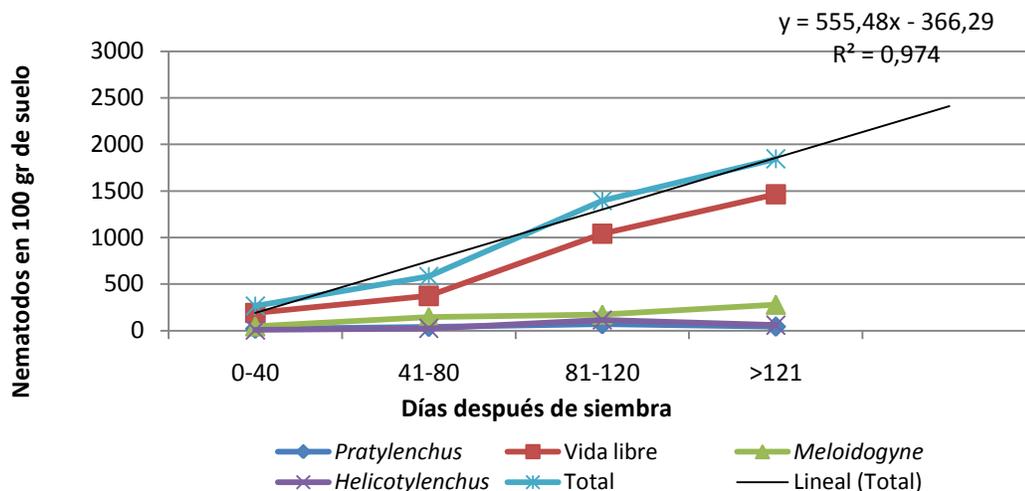


Figura 27. Comportamiento poblacional de nematodos totales en suelo (*Oryza sativa*). Región Huetar Atlántica, 2008.

La Figura 28 muestra el comportamiento en el tiempo de la cantidad de huevos de nematodos en raíz, y en la cual se observa como aumenta conforme avanzan los días después de la siembra, manteniendo un crecimiento lineal y constante. El R^2 tiene como resultado 0,9 lo que nos indica una alta confiabilidad de la normalidad lineal de esta población.

Además cabe rescatar que la mayor población la muestra la finca de Jorge Dueck seguida de Allen Mena con altas poblaciones de huevos de nematodos lo que se puede traducir en alta incidencias de nematodos fitoparásitos en próximas cosechas.

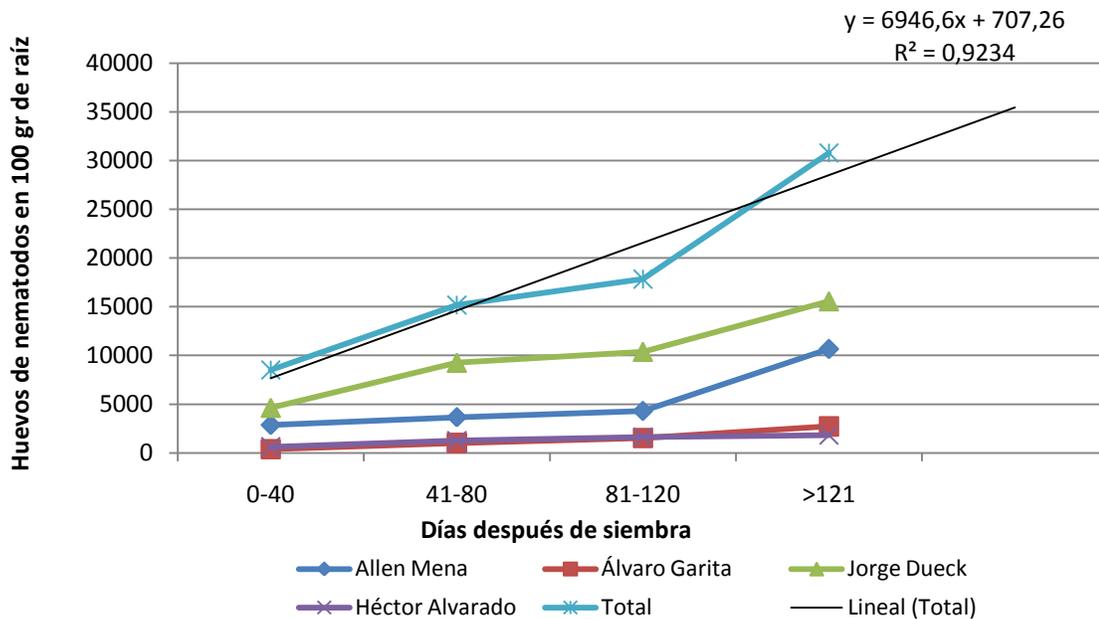


Figura 28. Comportamiento poblacional de huevos de nematodos en raíz de arroz (*Oryza sativa*). Región Huasteca Atlántica, 2008

Para la dinámica poblacional evaluando las fincas, se puede prestar atención a la finca de Allen Mena (Figura 29), donde se obtiene un crecimiento constante hasta la última etapa del cultivo, donde la población de los géneros más importantes (*Pratylenchus*) desciende drásticamente y la ecuación de R^2 que es marcada más que todo por el número de nematodos del género *Pratylenchus*; no es significativa por obtener un valor de R^2 de 0,3.

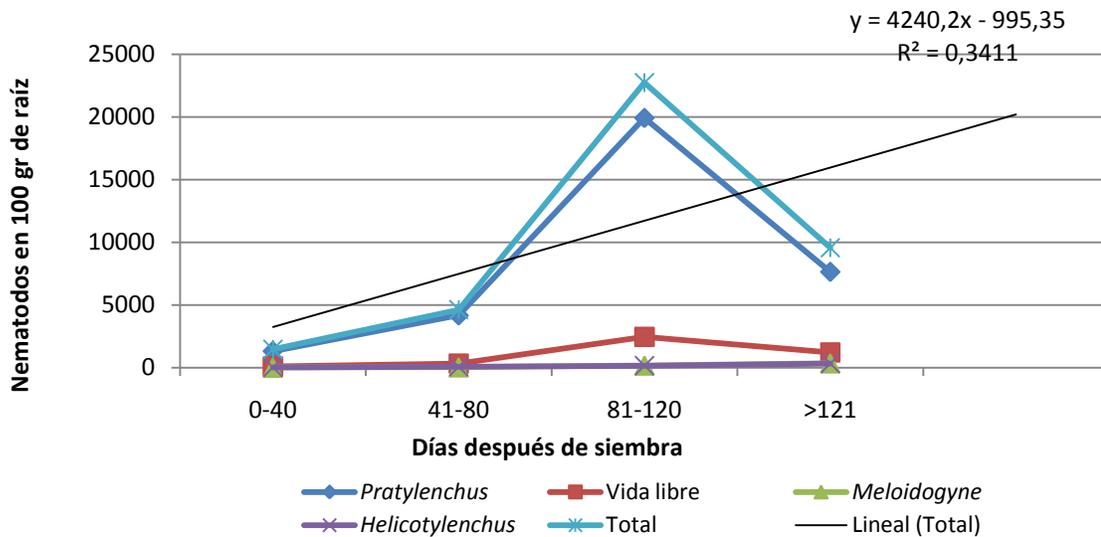


Figura 29. Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en raíces de arroz, Allen Mena, Sarapiquí, 2008.

En la Figura 30, se logra observar la disminución de los distintos géneros, pero al mismo tiempo se deduce que el género *Meloidogyne* tuvo un ascenso entre los días 81 en adelante a diferencia de los nematodos de vida libre y *Helicotylenchus* que se redujeron para la última etapa del cultivo.

El R^2 calculado (0,4) muestra que la dinámica en esta finca no es significativo y se puede observar a través de la figura anterior como la población no tiende a mantener un constante crecimiento (Figura 30).

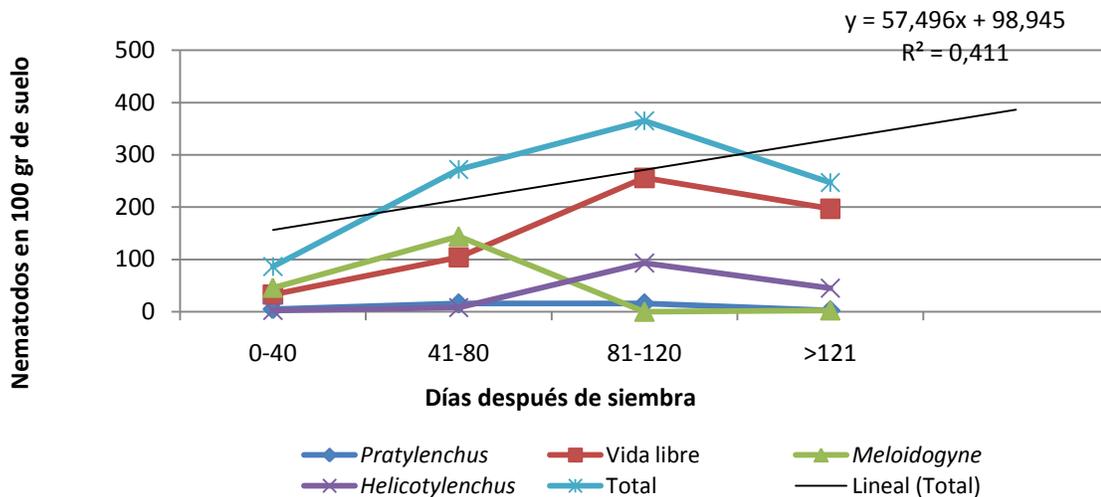


Figura 30. Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en suelo, Allen Mena, Sarapiquí, 2008.

Lo que respecta a la dinámica poblacional de la finca de Álvaro Garita (Figura 31) se muestra como el género *Meloidogyne* posee una tendencia lineal de crecimiento a través del tiempo lo que ayuda a que la ecuación R^2 sea igual a 0,8 haciendo a esta dinámica altamente significativa.

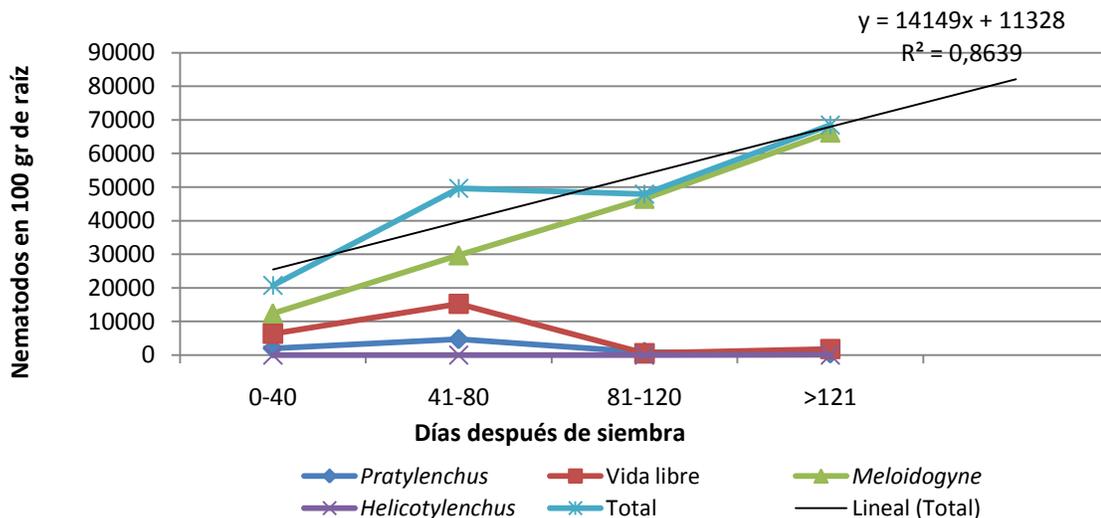


Figura 31. Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en raíces de arroz, Álvaro Garita, Matina, 2008.

Además se puede observar como la población de vida libre desciende a partir del día 80 y el género *Pratylenchus* tiende a disminuir conforme pasa el tiempo, junto con el género *Helicotylenchus* que no poseen una gran población (Figura 31).

También en la finca de Álvaro Garita (Figura 32), pero esta vez en la muestra de suelo, se puede apreciar como existe un crecimiento constante de los nematodos de vida libre hasta la última etapa del cultivo donde se obtiene un ascenso; además, los demás géneros fitoparásitos no poseen alta población e incluso en la primera etapa están ausentes.

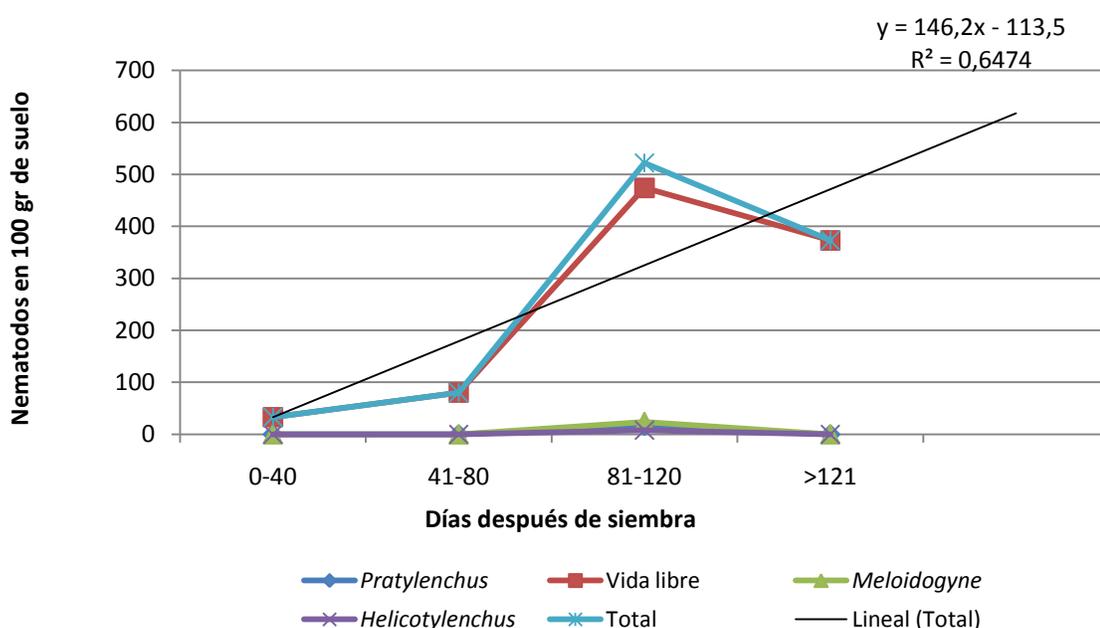


Figura 32. Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en suelo, Álvaro Garita, Matina, 2008.

La ecuación lineal señala un R^2 igual a 0,6 lo que demuestra que no es significativo el comportamiento poblacional (Figura 32).

En cuanto a la Figura 33, que muestra la finca de Jorge Dueck (Sarapiquí) las poblaciones de nematodos tuvieron un descenso entre los días 81 y 120 lo que desajusta la tendencia lineal por tanto con R^2 de 0,3 por tanto no es significativo.

Pero nuevamente se puede observar la contraposición que poseen los géneros *Meloidogyne* y *Pratylenchus*, ya que entre los días 41 y 80 *Meloidogyne* que se encontraba en mayor cantidad y justamente cuando *Pratylenchus* aumenta la población para la última etapa del cultivo *Meloidogyne* disminuye en su población desproporcionalmente. Cabe destacar la influencia de los nematodos de vida libre, tanto es así que logra superar los demás géneros de nematodos fitoparásitos a excepción de *Pratylenchus*.

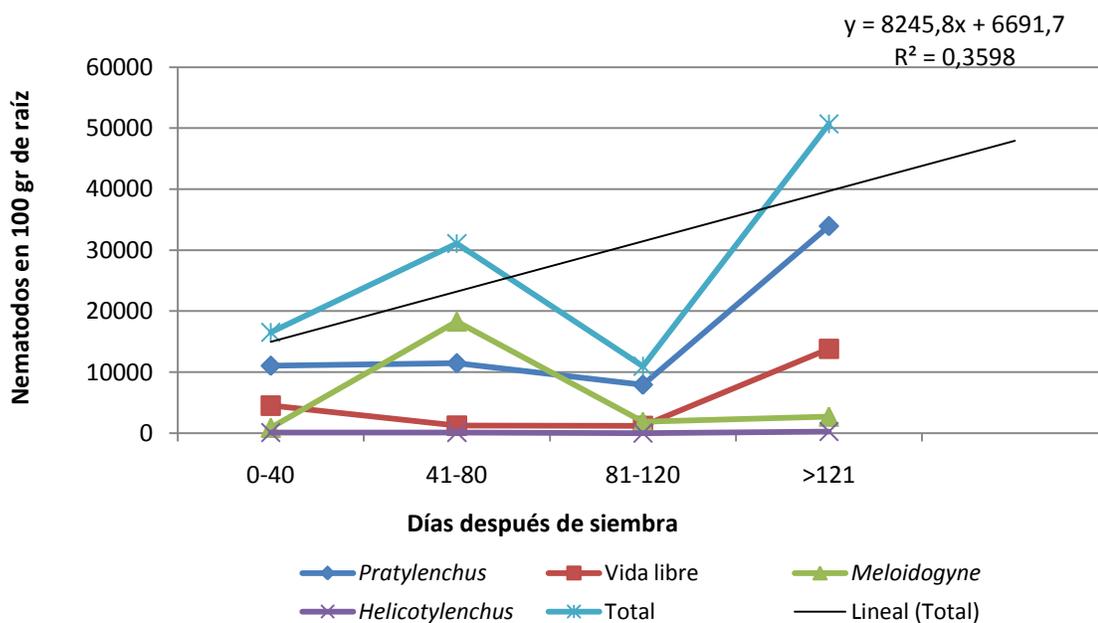


Figura 33. Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en raíces de arroz, Jorge Dueck, Sarapiquí, 2008.

En la Figura 34 se muestra una ligera disminución en la dinámica para los días 81-120, pero se puede observar como en la última etapa del cultivo como estas poblaciones aumentan, al igual que las demás muestras de suelo los nematodos de vida libre son los que predominan. El coeficiente de la ecuación (0,6) deduce que el comportamiento de la población no es significativo.

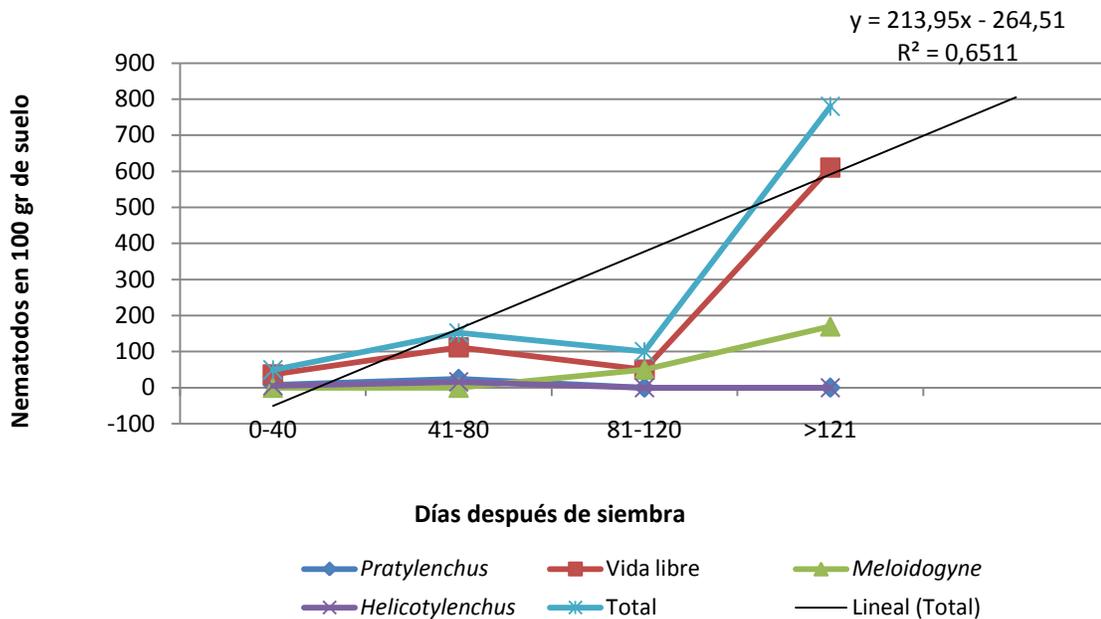


Figura 34. Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en suelo, Jorge Dueck, Sarapiquí, 2008.

A nivel de raíz en plantas de arroz en la finca de Jorge Dueck (Sarapiquí), la población de nematodos del género *Meloidogyne* experimenta un bajo crecimiento poblacional casi nulo desde la siembra, luego asciende levemente para los días 81-120 días después de la siembra, y luego aumenta la población significativamente para la última etapa del cultivo (Figura 34).

En cuanto a nematodos en suelo para la finca de Héctor Alvarado (Batan), se puede observar como todos los géneros de nematodos mantienen un crecimiento constante durante todo el ciclo del cultivo, del mismo modo que anteriores muestras de suelo la gran mayoría de nematodos lo conforman los de vida libre, seguido de *Meloidogyne* y por último *Pratylenchus* y *Helicotylenchus* (Figura 35 y 36).

Los demás géneros se mantienen con niveles bajos durante todo el ciclo del cultivo, además se puede observar que R^2 es igual a 0,7 los que indica que la tendencia de crecimiento es poco significativa (Figura 35).

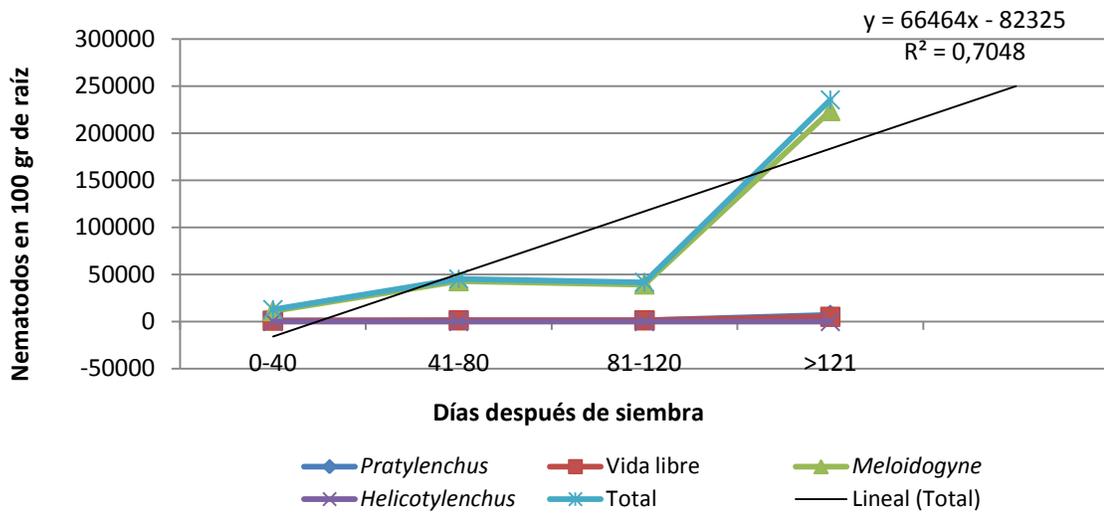


Figura 35. Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en raíces de arroz, Héctor Alvarado, Batán, 2008.

Para el modelo R^2 se muestra como este es igual a $R^2=0,8$ lo que da gran confiabilidad a los datos, y además muestra una tendencia lineal de crecimiento en su crecimiento (Figura 36).

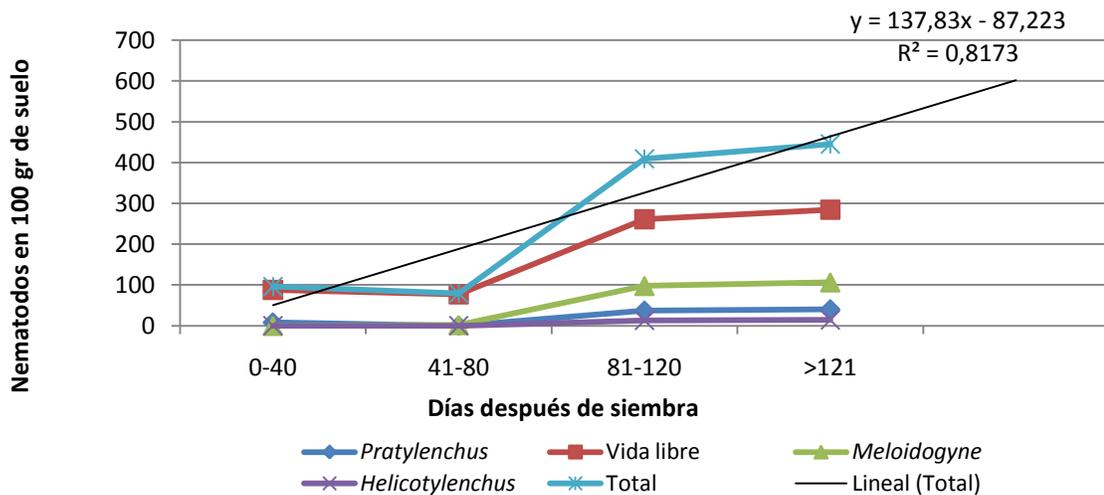


Figura 36. Comportamiento poblacional de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en suelo, Héctor Alvarado, Batán, 2008.

4.7 Frecuencias relativas de las poblaciones de nematodos entre los años 2006, 2007 y 2008, Zonas Huetar Atlántica y Huetar Norte.

Con respecto a los nematodos en raíz encontrados a través de los años 2006, 2007 y 2008 en la zona Huetar Norte, se puede observar en la Figura 37, como el género *Pratylenchus* es quien ha predominado durante los tres años de muestreos, así en el año 2006 *Pratylenchus* obtuvo un 56,31% de frecuencia, en el 2007, alcanzó el 63,56% de periodicidad y en el 2008 un 56,62% de frecuencia. Además de esto se mira como *Meloidogyne* alcanzó la siguiente población en tamaño, siendo este inferior a *Pratylenchus* pero con una importante población, así en el año 2006 se produjo una repetición relativa del 42,9%, para el año 2007 se observó un 32,45% y por último en el 2008 logró un 42,76% con respecto a la población de nematodos fitoparásitos mas importantes.

La población de *Pratylenchus* presentó porcentajes relativamente altos para las frecuencias encontradas. Como se puede ver el mayor porcentaje obtenido fue para el año 2007 con un 3,99% observado y para los años 2006 y 2008 las poblaciones no alcanzaron el 1% con respecto al total de la población (Figura 37).

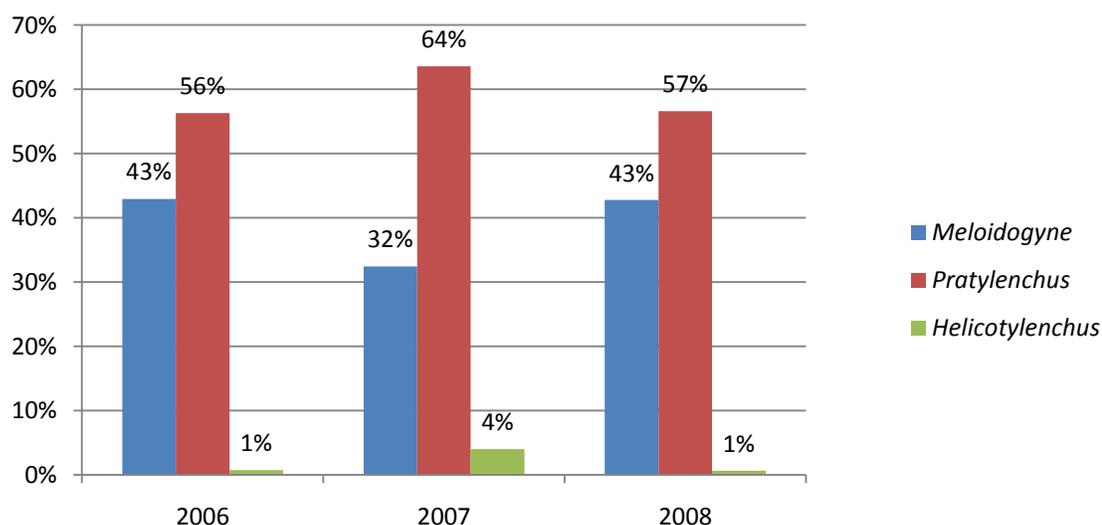


Figura 37. Frecuencias relativas de las poblaciones de nematodos en raíces de arroz, Zona Huetar Norte, 2006-2008.

Para la frecuencia relativa de las poblaciones de nematodos encontrados en la zona Huetar Atlántica se puede observar (Figura 38), como para el año 2006 *Meloidogyne* obtuvo un 86,54% de frecuencia relativa, ante un 13,42% de observaciones del género *Pratylenchus* y por último con un bajo porcentaje *Helicotylenchus* con un 0,04% de frecuencia relativa.

Para el año 2007 la población de *Pratylenchus* fue mayor, caso contrario en los años 2006 y 2008, por tanto para este año el género *Pratylenchus* alcanzó el 54,59% de observaciones seguido por *Meloidogyne* con un 41,56% de frecuencia y por último *Helicotylenchus* con un 3,85% visto (Figura 38).

Al igual que en el año 2006, el año 2008 obtuvo una alta frecuencia con respecto a los demás géneros de nematodos, con un 81,31% de periodicidad del género *Meloidogyne* seguido por *Pratylenchus* (18,51) y por último con menos de 1% *Helicotylenchus*.

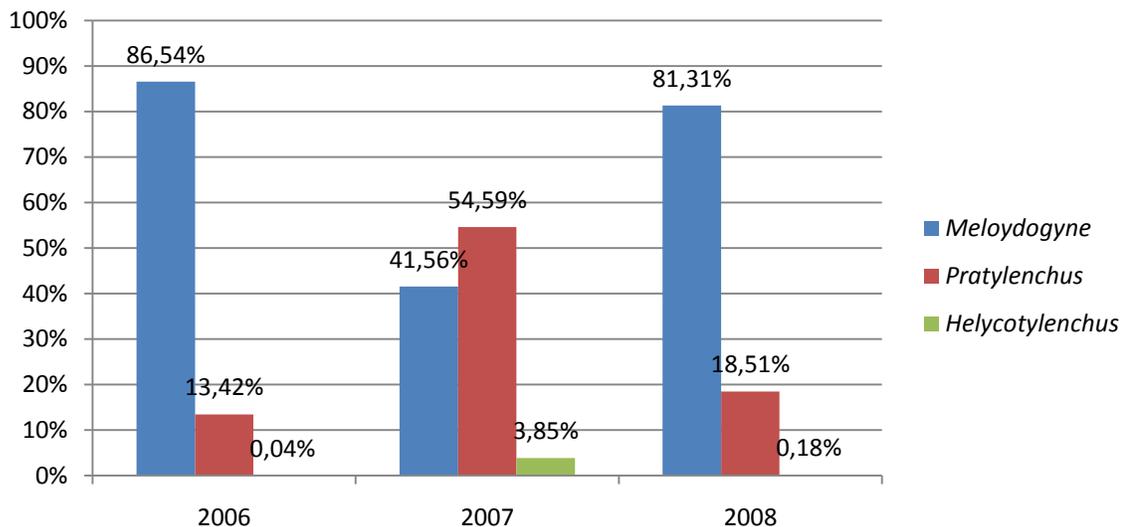


Figura 38. Frecuencias relativas de las poblaciones de nematodos en raíces de arroz, Zona Huetar Atlántica, 2006-2008.

4.8 Estadística descriptiva de nematodos fitoparásitos y de vida libre asociados al cultivo del Arroz, Zona Huetar Norte y Atlántica, 2009

Se encontraron 8 géneros de nematodos fitoparásitos durante los muestreos realizados en el año 2009, para distintas plantaciones de arroz, además se encontró una importante población de nematodos de vida libre durante los muestreos, las fincas se ubican en el sector de Upala y Sarapiquí.

Entre los géneros encontrados (Cuadro 7) el de mayor población (en 100 gramos de raíz) corresponde a *Meloidogyne* con media poblacional de 8.944,6 seguido por *Pratylenchus* con 8.944,6. Además se encontraron poblaciones importante de géneros como *Aphelenchoides*, *Paratylenchus* y *Helicotylenchus* los cuales obtuvieron valores medios de población de 2.189,7 nem/100 gr. de raíz, 1.276,5 nem/100 gr. de raíz y 75,27 nem/100 gr. de raíz respectivamente.

Los nematodos de vida libre se observaron en la mayoría de las muestras con un media poblacional de 1.603,4 nem/100 gr. de suelo.

Cuadro 7. Población de nematodos presentes en raíz para el cultivo de arroz (*Oryza sativa*) en las fincas muestreadas, 2009.

Genero	n	Media	Mínimo	Máximo	Mediana
<i>Aphelenchoides</i>	40	2.189,7	0	11.515	367,4
<i>Criconomella</i>	44	9,2	0	49,89	0
<i>Helicotylenchus</i>	60	75,27	0	1.383,6	0
<i>Meloidogyne</i>	50	8.944,6	0	10.4871,8	446,6
<i>Paratylenchus</i>	70	1.276,5	0	25.569,44	113
<i>Pratylenchus</i>	70	5.444,4	128	29.014,6	2.879,8
<i>Tylenchus</i>	20	56,2	0	669,5	24,56
Vida libre	70	1.603,4	0	15.664,4	496,3

4.9 Frecuencia relativa de nematodos fitoparásitos y de vida libre asociados al cultivo del Arroz, Zona Huatar Norte y Atlántica, 2009

En el año 2009 se presentó en mayor frecuencia el género *Meloidogyne* con un porcentaje de frecuencia superior al 40% para las muestras en raíz, además se puede observar como *Pratylenchus* obtiene una población importante cercana al 30%. Además cabe destacar poblaciones importantes de los géneros *Aphelenchoides* y *Paratylenchus*.

En lo que respecta a las muestras de suelo los nematodos de vida libre son los que se presentan en mayor porcentaje cercano al 70% y los demás géneros no alcanzan el 10% de frecuencia lo que indica el dominio que tiene los nematodos de vida libre (Figura 39).

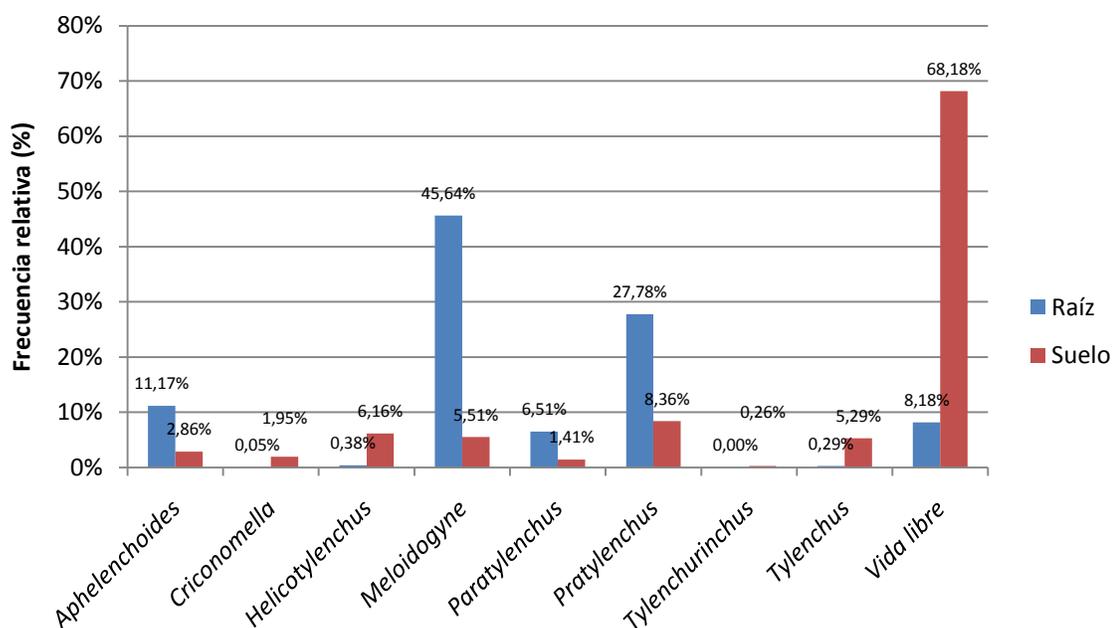


Figura 39. Frecuencias relativas de las poblaciones de nematodos en raíces y suelo de arroz (*Oryza sativa*), 2009.

En la Figura 40 se puede observar la frecuencia relativa de la población de nematodos obtenidas en el año 2009, cabe recalcar que las fincas de Félix Artavia (lote 1 y 2) se encuentran en la zona de Upala, Zona Norte y las demás fincas se

encuentran en la Zona Atlántica, específicamente en Sarapiquí. Se aprecia que no existe un género de nematodos que domina ante los demás, así para la finca de Félix Artavia (lote 1), el mayor porcentaje corresponde al género *Paratylenchus* (32,87%), seguido por *Aphelenchoides* (28,69%), *Pratylenchus* (18,90%), *Meloidogyne* (13,87%), *Helicotylenchus* (0,04 %) y por último los nematodos de vida libre con (5,69%) de frecuencia.

Para el lote 2 de la finca de Félix Artavia el género predominante fue *Aphelenchoides* (48,19%), además se observa como *Pratylenchus* obtuvo un 36,95% de frecuencia y *Paratylenchus* se quedó con 12,78%.

Según la frecuencia en la finca de Jorge Dueck, ésta la domina *Pratylenchus* con un 94,71% de observaciones siendo éste el género dominante, caso similar a la finca de Claudio Sánchez (lote 2) que del mismo modo *Pratylenchus* alcanzó el 62,89% de apariciones, muy por encima de los demás géneros de nematodos fitoparásitos (Figura 40).

En las demás fincas se observa como *Meloidogyne* es dominante con lo que respecta a la frecuencia, así para la finca de Fidel Villalobos *Meloidogyne* alcanzó el 51,61% de frecuencia seguido por *Pratylenchus* con un 42,69%; en la finca de Giovanni Rodríguez, *Meloidogyne* fue más contundente en sus observaciones con un 66,70% de frecuencia seguido de *Pratylenchus* con 19,05% y con una pequeña población de *Paratylenchus* (6,78%), esto corresponde a los nematodos fitoparásitos de las fincas en cuestión (Figura 40).

En la finca de Claudio Sánchez (lote 1), las poblaciones de nematodos fitoparásitos más importante corresponden a *Meloidogyne* (32,57%) (Figura 40).

Las poblaciones de nematodos de vida libre más importantes se encontraron en la finca de Claudio Sánchez, con poblaciones de 33,87% de frecuencia para la finca de Claudio Sánchez lote 2 y un porcentaje de observaciones de 25,87% para el lote 1 del mismo propietario (Figura 40).

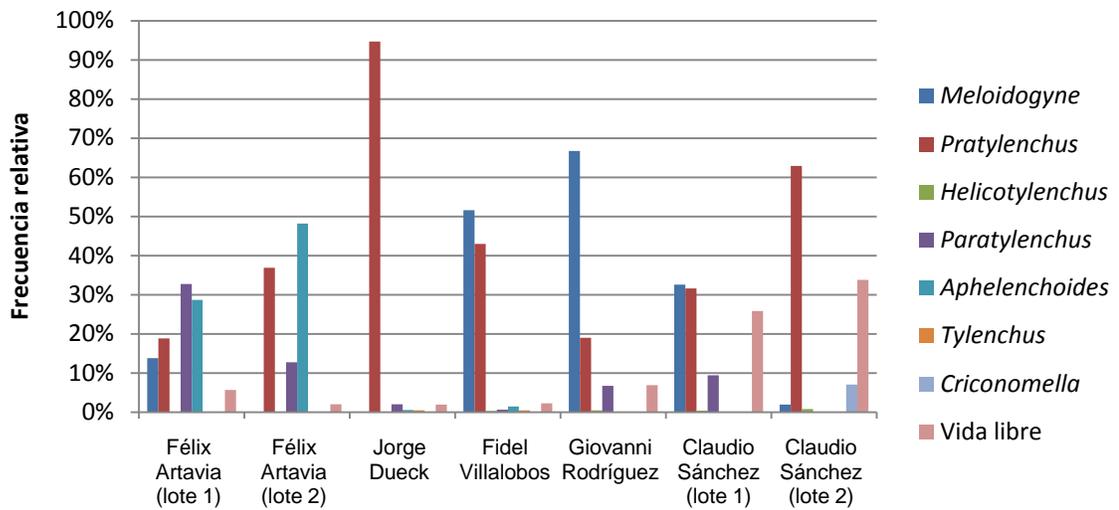


Figura 40. Frecuencias relativas de las poblaciones de nematodos en raíces de arroz (*Oryza sativa*) presentes en las fincas muestreadas, 2009.

4.10 Correlación entre la población de nematodos y la producción de grano, Zonas Huetar Norte y Huetar Atlántica, 2009

En la población total de nematodos fitoparásitos de la finca de Félix Artavia (lote1) en comparación con el peso de grano se puede observar como en la mayoría de las muestras el mayor peso de grano, se presenta cuando la población de nematodos es menor a 15.000 individuos /100 gr. de raíz, mostrando un coeficiente de correlación de -0,39, por tanto nos indica que el peso del grano de de las muestras en total está directamente relacionada con poblaciones altas de nematodos en raíz (Figura 41 y Anexo 1).

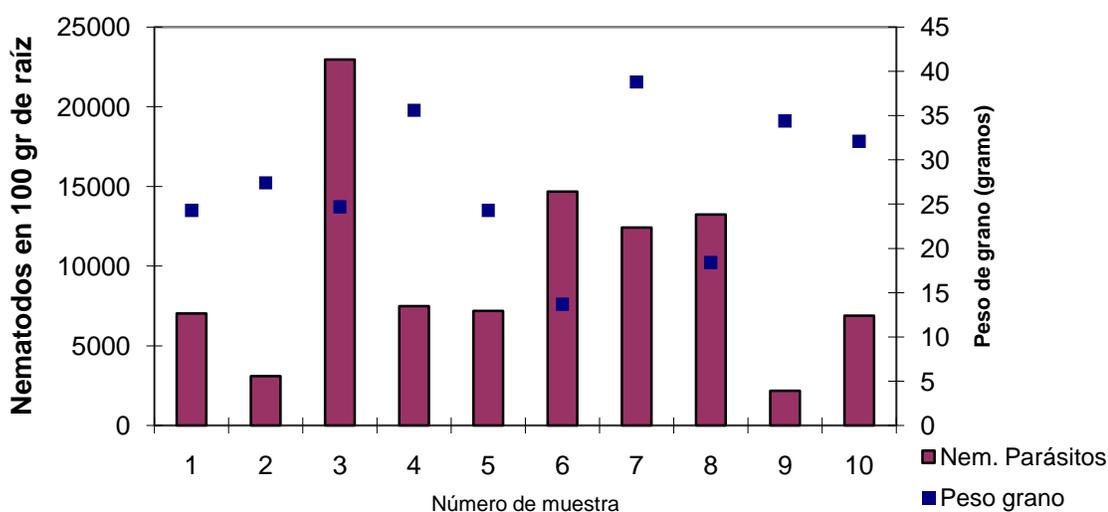


Figura 41. Comparación entre población de nematodos totales en raíz y peso de grano de arroz (*Oryza sativa*). Félix Artavia (lote 1), Región Huetar Norte, 2009.

En el Anexo 2 se presentan las correlaciones entre peso de grano (gramos) y la población de nematodos (nem/100 gr. de raíz). Se puede observar que los géneros que presentan una relación más significativa con el peso de los granos son *Meloidogyne* ($r=-0,13$), *Paratylenchus* ($r=-0,75$) y *Pratylenchus* ($r=-0,49$), como se observa en la Figura 41 donde el peso de grano es menor si se encuentran poblaciones importante de estos géneros.

Caso contrario sucede con *Aphelenchoides* ($r=0,25$) que a pesar de tener una alta población en la muestra 7 el peso de grano es mayor que en muestras que presentan menos número de nematodos, caso que se puede observar en la muestra 3, donde hay menor cantidad de granos de arroz, como consecuencia de una alta población de *Meloidogyne* (Figura 42 y Anexo 1).

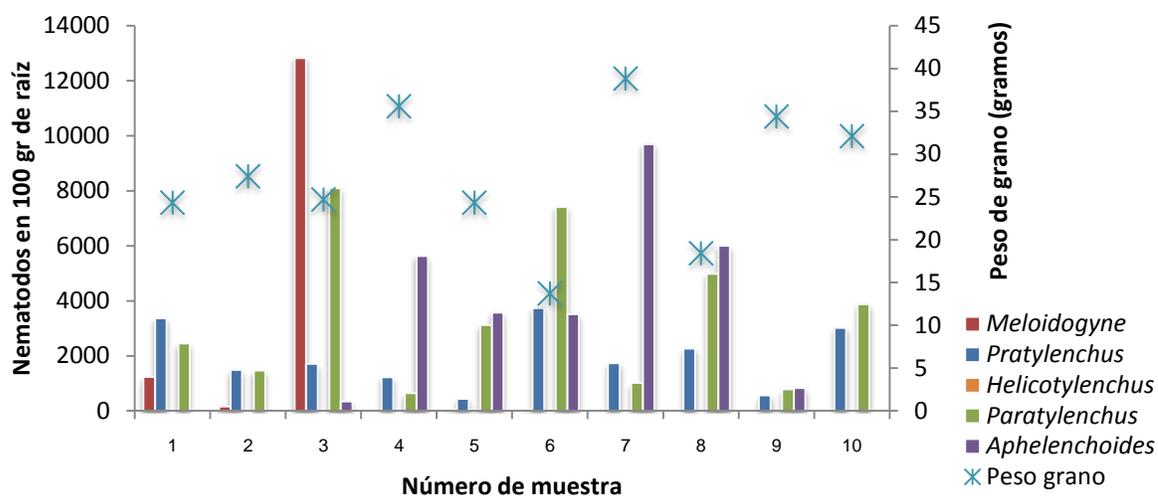


Figura 42. Comparación entre población de nematodos en raíz y peso de grano de arroz (*Oryza sativa*). Félix Artavia (lote 1), Región Huetar Norte, 2009.

Para la finca de Felix Artavia (lote 2) la correlación que existe es de $-0,73$ por tanto si existe una antagonismo entre la población de nematodos y el peso de granos (Anexo 1).

En este caso se puede observar claramente como la mayor población de nematodos se relaciona con el peso de grano así para muchas de las muestras como la 2, 4, 6, 7 y 10 el peso fue mucho menor y en estas mismas muestras la población de nematodos es considerablemente alta con observaciones que alcanzaron más de 15000 individuos/100 gr. de raíz (Figura 43).

En el caso de la muestra 5, 8 y 9 los nematodos no alcanzaron poblaciones altas en comparación con las anteriores y se detalla que el peso de grano se elevó significativamente (Figura 43).

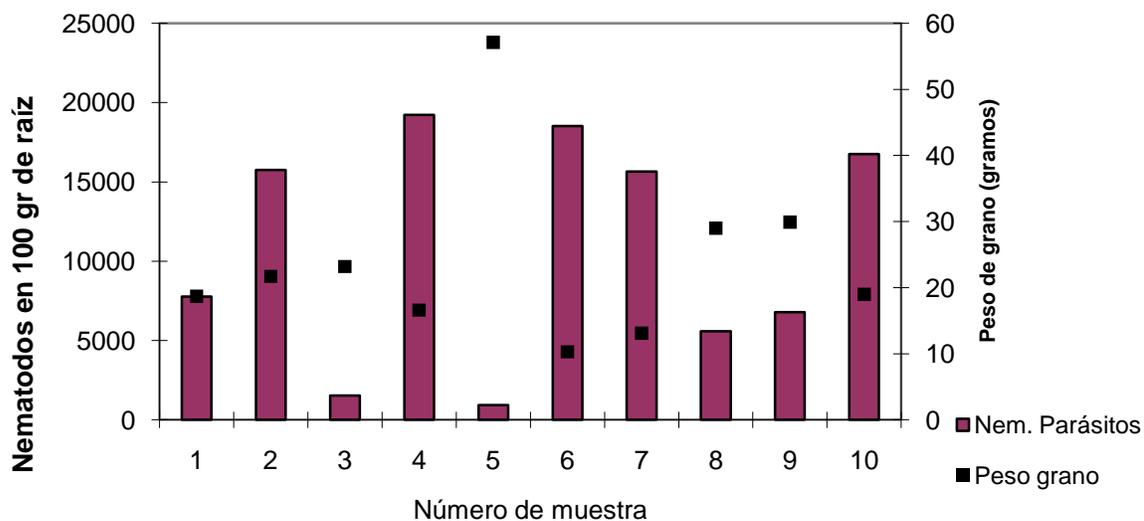


Figura 43. Comparación entre población de nematodos totales en raíz y peso de grano de arroz (*Oryza sativa*). Félix Artavia (lote 2), Región Huetar Norte, 2009.

En este caso *Aphelenchoides* presenta un $r=-0,67$ por tanto si existe una correlación, caso que se puede observar cuando existen poblaciones alrededor o más 10000 nem/100 gr. de raíz de este género.

Del mismo modo *Pratylenchus* y *Paratylenchus* poseen correlación de $-0,66$ y $-0,29$ respectivamente con el peso del grano, por tanto la muestra 5 evidencia lo descrito ya que se detalló baja población de nematodos y se evidencia un alto peso de grano en el caso de esta muestra (Figura 44 y Anexo 2).

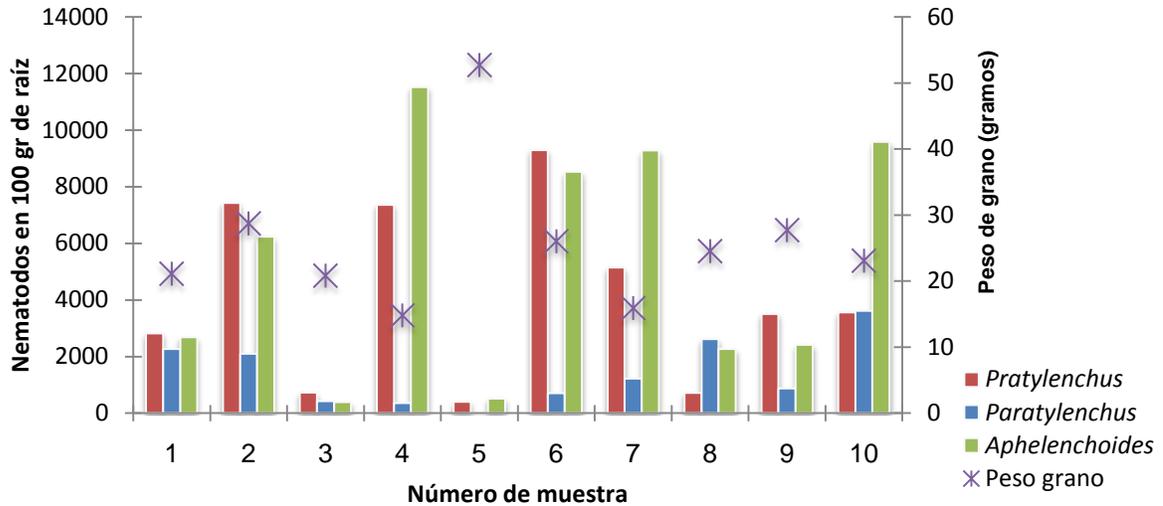


Figura 44. Comparación entre población de nematodos en raíz y peso de grano de arroz (*Oryza sativa*). Félix Artavia (lote 2), Región Huetar Norte, 2009.

Para la Figura 45 (finca Jorge Dueck) se puede observar con las muestras 5 y 6, donde se concluye que entre más baja sea la población de nematodos en las raíces del arroz existirá un menor peso del grano; además la muestra 9 presenta bajo peso de grano ante una alta población de nematodos, esto se puede probar a través de un coeficiente de correlación de -0,53 lo que indica que si existe correlación entre el número de nematodos y el peso del grano (Anexo 1).

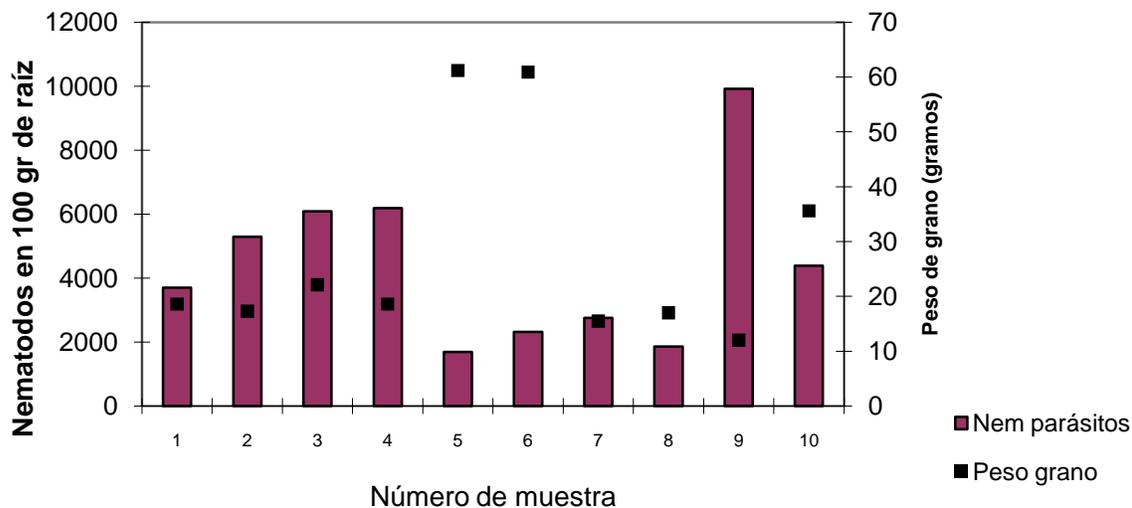


Figura 45. Comparación entre población de nematodos totales en raíz y peso de grano de arroz (*Oryza sativa*). Jorge Dueck, Región Huetar Atlántica, 2009.

En la Figura 46 se puede observar que la mayor población y de mayor importancia por número de nematodos encontrados en la raíz es correspondiente a *Pratylenchus*, además según su coeficiente de correlación (- 0,55) indica que si están relacionadas las dos variables en cuestión y se hace evidente como este género afecta a la planta en cuanto a la producción de grano (Anexo 2).

Asimismo todas las muestras a excepción de la 5 y 6 se evidencia un bajo peso del grano coincidiendo con poblaciones importantes de nematodos del género *Pratylenchus* y en los caso 5 y 6 la producción, obtuvo alto rendimiento con una baja cantidad de nematodos (Figura 46).

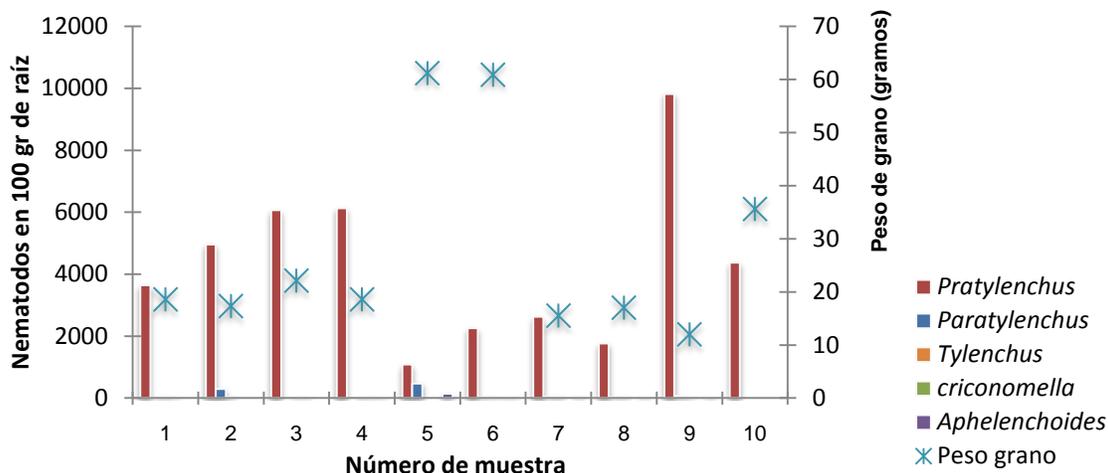


Figura 46. Comparación entre población de nematodos en raíz y peso de grano de arroz (*Oryza sativa*). Jorge Dueck, Región Hueta Atlántica, 2009.

En el caso de la finca de Fidel Villalobos con una correlación de $r = -0,19$ se describe como los nematodos afectan el peso de grano de arroz de las plantas (Anexo 1).

Del mismo modo se observan bajos pesos de granos en relación a poblaciones altas de nematodos como en el caso de las muestras 4 y 8, en donde es indudable que el número de nematodos afecta en gran medida el peso del grano llegando a pesar los granos alrededor de 20 gramos para estas muestras y se observa como los granos aumentan de peso en muestras que presentan menor número de nematodos, como son los casos de la muestras 1, 3, 5, 6, 7, 9 y 10 (Figura 47 y Anexo 1).

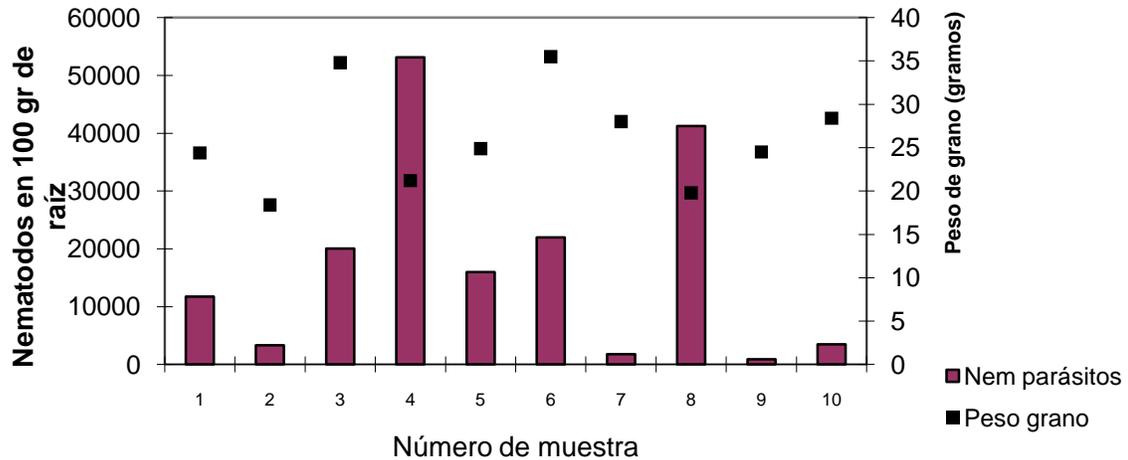


Figura 47. Comparación entre población de nematodos totales en raíz y peso de grano de arroz (*Oryza sativa*). Fidel Villalobos, Región Huetar Atlántica, 2009.

Las poblaciones más importantes que se pueden observar en la Figura 48 corresponden a *Meloidogyne* y *Pratylenchus* con un coeficiente de correlación de -0,2 y -0,06 respectivamente lo cual deduce que estos dos géneros son los que afectan en mayor medida el peso grano (Anexo 2).

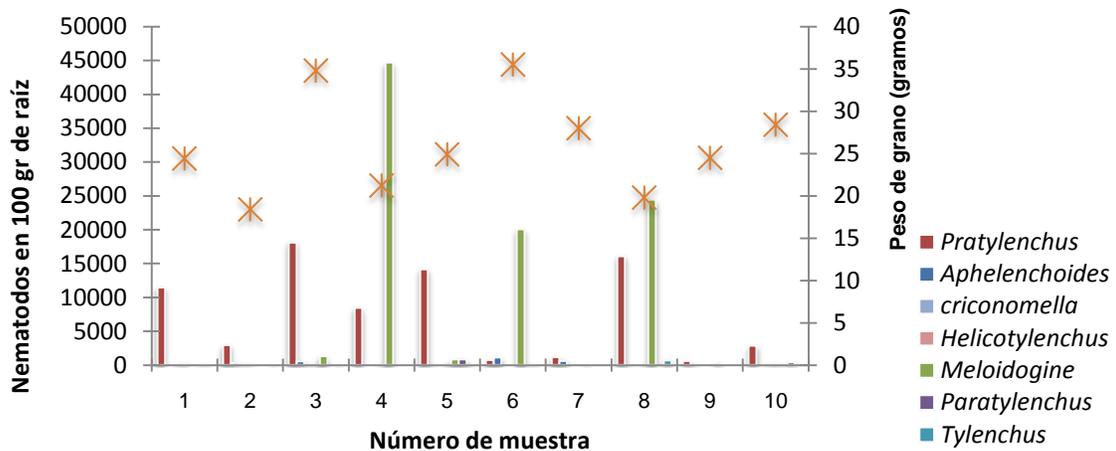


Figura 48. Comparación entre población de nematodos en raíz y peso de grano de arroz (*Oryza sativa*). Fidel Villalobos, Región Huetar Atlántica, 2009.

El único caso en el cual no se presentó una relación fue el de la finca de Giovanni Rodríguez donde se obtuvo una correlación de 0,04 (Anexo 1). Se puede observar a través de la Figura 49, como en general la producción de esta finca tuvo rendimientos bajos en general.

A pesar de no existir correlación, si se puede observar (muestras 5 y 6) como los datos de rendimiento de arroz subieron con una baja población de nematodos (Figura 49).

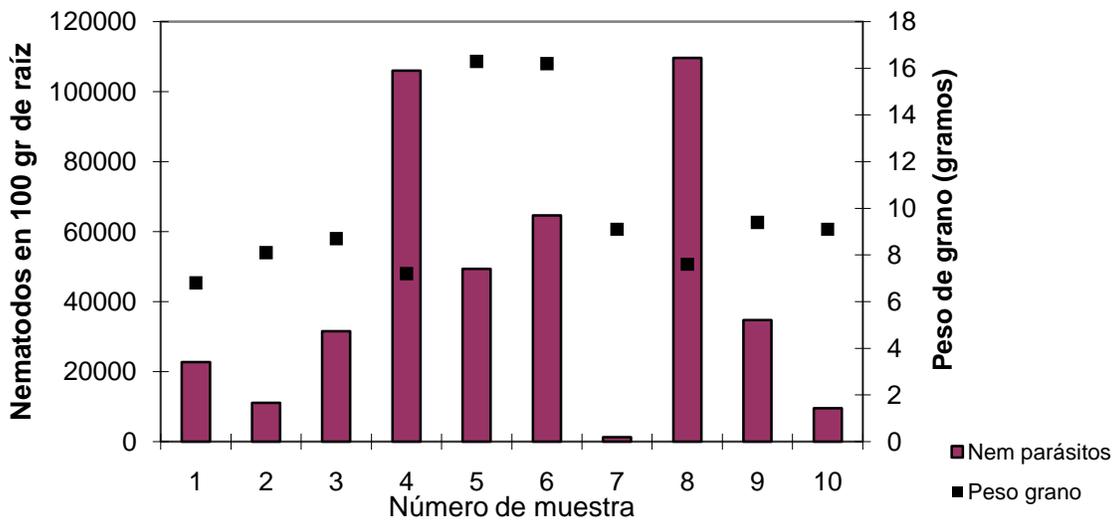


Figura 49. Comparación entre población de nematodos totales en raíz y peso de grano de arroz (*Oryza sativa*). Giovanni Rodríguez, Región Hueta Atlántica, 2009.

En la Figura 50 se observa como *Meloidogyne* es el género con mayor densidad poblacional solo las muestras 6 y 7 no presentaron altos conteos de este nematodo, pero se observa altos niveles en la población de *Meloidogyne* existente.

Además en el Anexo 2 se observa como el género *Meloidogyne* posee un $r=-0,27$ lo que demuestra que existe correlación entre la población de nematodos y la producción de arroz.

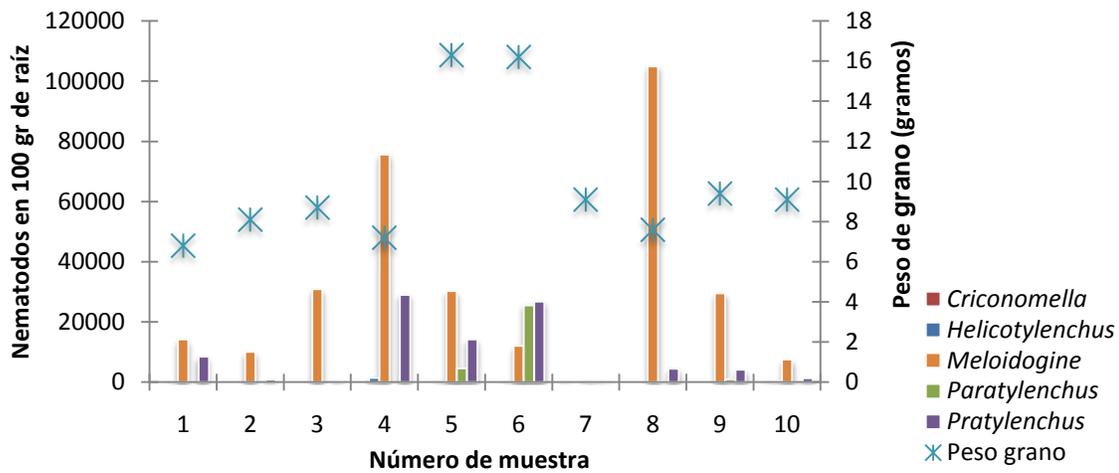


Figura 50. Comparación entre población de nematodos en raíz y peso de grano de arroz (*Oryza sativa*). Giovanni Rodríguez, Región Huetaar Atlántica, 2009.

Con un coeficiente de correlación de -0,49 (Anexo 1) junto con la observación de la Figura 51, la finca de Claudio Sánchez presenta una estrecha relación entre el peso de los granos de arroz y la población existente de nematodos, ya que se puede determinar que mientras la población es alta el peso del grano disminuyó, ejemplo de ello son las muestras 9 y 10. Además las muestras poseen poblaciones más bajas de nematodos y el peso de los granos supera los 25 gramos.

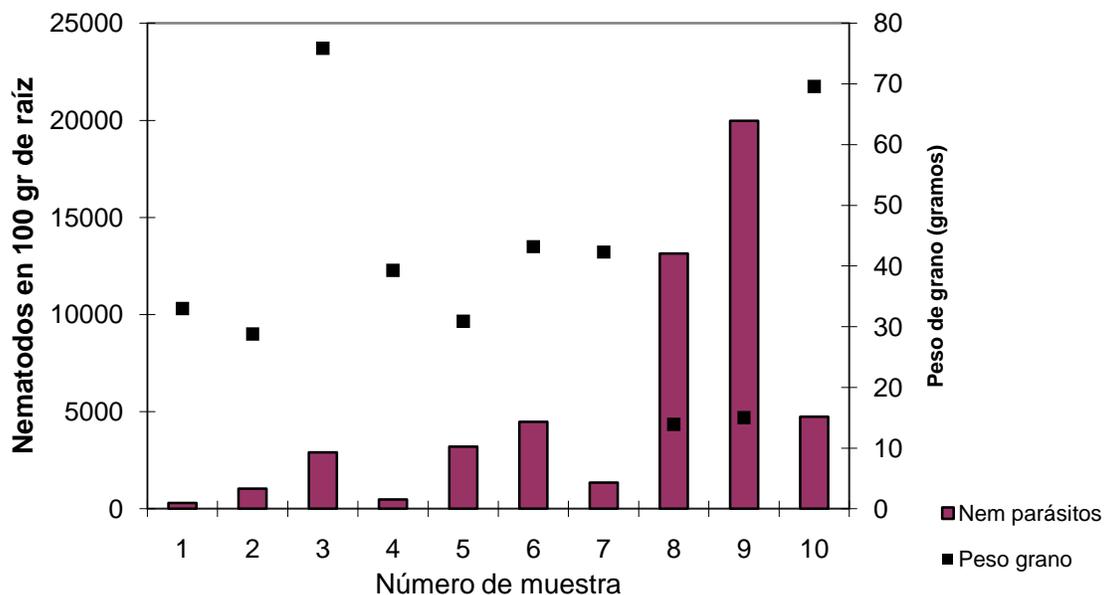


Figura 51. Comparación entre población de nematodos totales en raíz y peso de grano de arroz (*Oryza sativa*). Claudio Sánchez (lote 1), Región Huetar Atlántica, 2009.

Las poblaciones responsables de los bajos rendimiento en esta finca corresponden a *Meloidogyne* con $r = -0,35$ también *Pratylenchus* con $r = -0,35$ y *Paratylenchus* con $r = -0,38$ (Anexo 2).

Como se observa en la Figura 52 la muestra 8 presentó una alta población del género *Pratylenchus* y la muestra 9 obtuvo alta densidad del género *Meloidogyne* e importantes poblaciones de *Pratylenchus* y *Paratylenchus*, lo que no indica una estrecha relación entre altas poblaciones de nematodos de estos géneros con el peso del granos de arroz correspondientes a estas muestras.

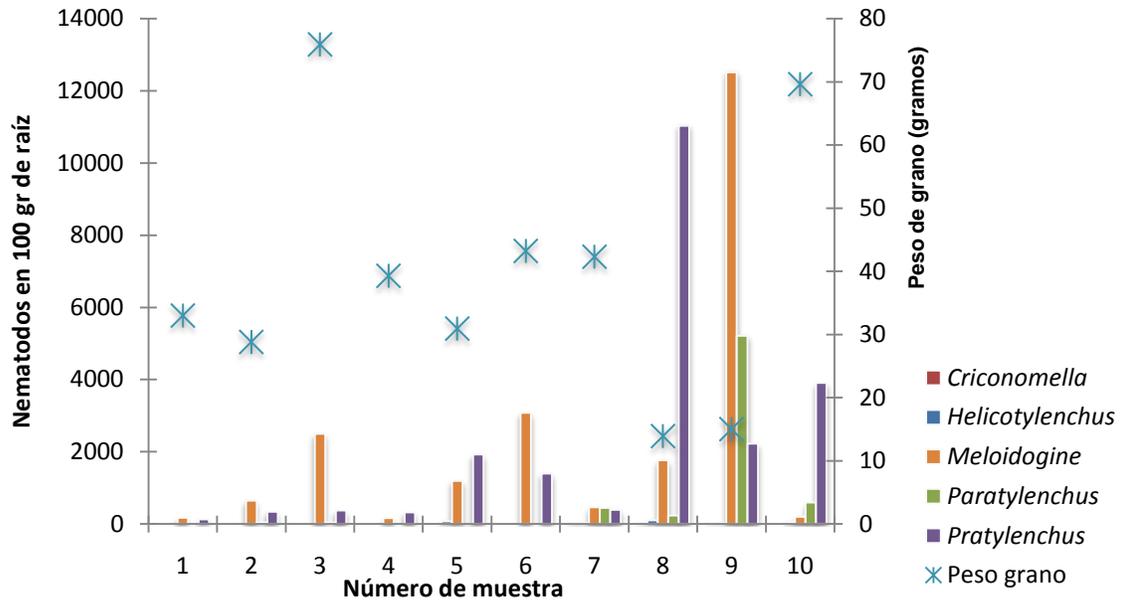


Figura 52. Comparación entre población de nematodos en raíz y peso de grano de arroz (*Oryza sativa*). Claudio Sánchez (lote 1), Región Hueta Atlántica, 2009.

Para la finca de Claudio Sánchez, lote 2, las muestras 1, 2 y 10 obtuvieron alto rendimiento de arroz y se observó bajas densidades de nematodos, además se mira como muestras como la 3, 7 y 9, la obtención de alta población de nematodos, la producción bajó obteniendo los rendimientos más bajos. Esto se comprueba con un coeficiente de correlación de -0,47 (Anexo 1 y Figura 53).

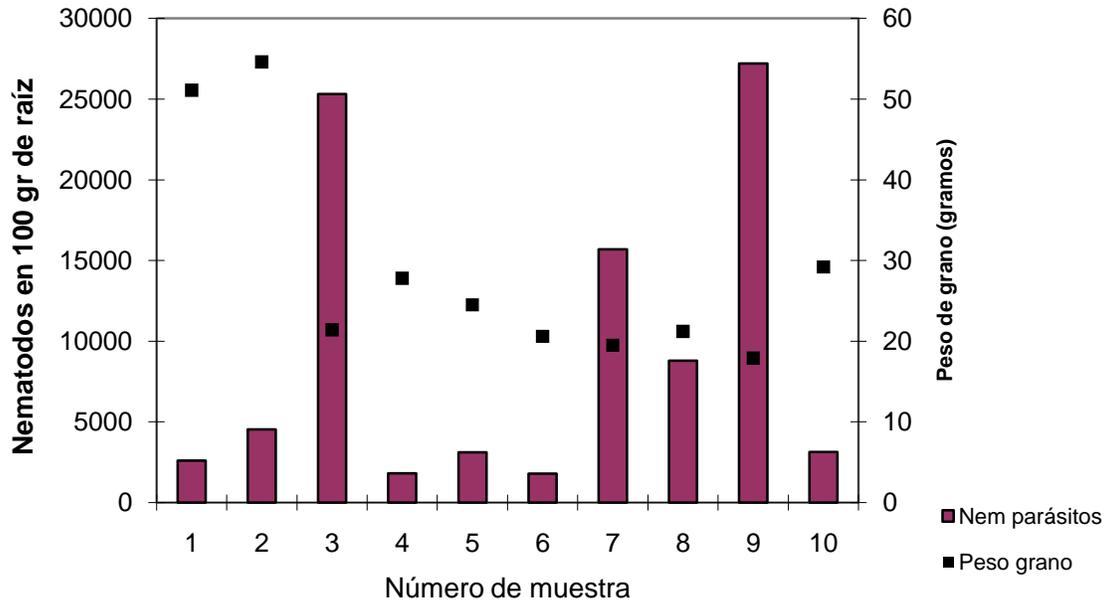


Figura 53. Comparación entre población de nematodos totales en raíz y peso de grano de arroz (*Oryza sativa*). Claudio Sánchez (lote 2), Región Hueta Atlántica, 2009.

En este caso (Figura 54) el problema con la producción de grano radica a la alta población de *Pratylenchus* (-0,47) ya que esta está relacionada con el peso de la planta y del mismo modo es el género de nematodo que se encontró en mayor medida en la zona (Anexo 2).

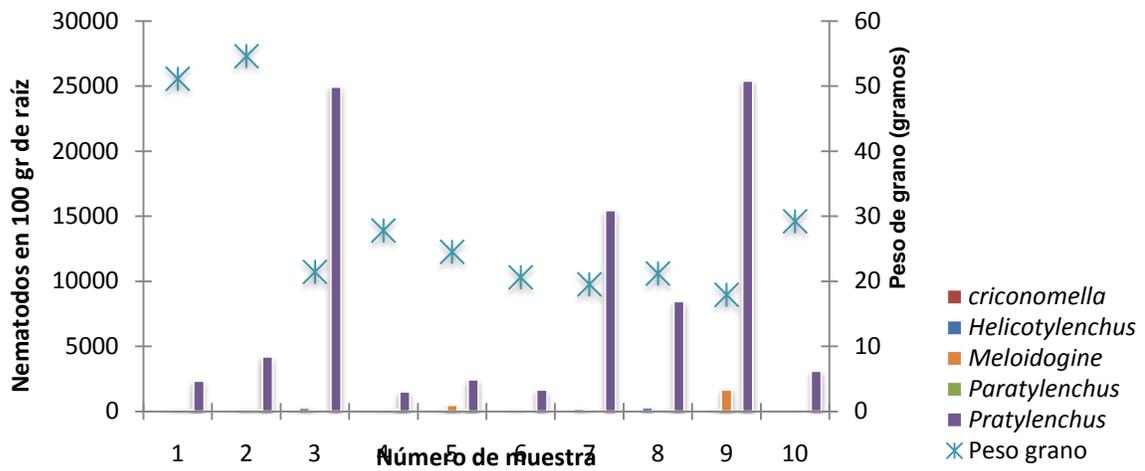


Figura 54. Comparación entre población de nematodos en raíz y peso de grano de arroz (*Oryza sativa*). Claudio Sánchez (lote 2), Región Huetaar Atlántica, 2009.

4.11 Análisis de regresión lineal

Con los datos obtenidos en el 2008 en las zonas Huetar Norte y Huetar Atlántica, junto con datos de investigaciones realizadas en los años 2006 y 2007, se realizó un análisis de regresión lineal para determinar la relación que existe entre poblacional de los distintos géneros de nematodos fitoparásitos en el 2008 y su relación con la poblaciones de los distintos géneros de nematodos a través de los años y los días después de siembra.

Cuadro 8. Resultados de análisis de regresión lineal de los principales géneros de nematodos contra las variables año y días después de siembra, Zona Huetar Norte y Zona Huetar Atlántica.

Región	Género	R ²	R ² ajustado	Significancia Año	Significancia DDS
Zona Huetar Norte	<i>Helicotylenchus</i>	0,629	0,622	0,000	0,799
	<i>Meloidogyne</i>	0,480	0,470	0,001	0,000
	<i>Pratylenchus</i>	0,760	0,755	0,000	0,000
Zona Huetar Atlántica	<i>Helicotylenchus</i>	0,445	0,428	0,000	0,897
	<i>Pratylenchus</i>	0,695	0,686	0,057	0,000

El comportamiento poblacional de género *Helicotylenchus* (Cuadro 8) muestra un modelo de tendencia moderadamente lineal ($R^2 = 0,629$) y altamente significativo para la variable año ($p = 0,00$), no así para la variable DDS ya que ésta presenta poca significancia ($p = 0,799$) lineal. Lo que indica que *Helicotylenchus* sigue una tendencia de crecimiento lineal similar a través de los años pero no así durante las diferentes etapas del ciclo de cultivo del arroz.

En el caso de *Meloidogyne* para la zona norte el $R^2 = 0,480$ indica que no es significativo el modelo que este posee, no obstante se puede observar como la variable año tiene un $p = 0,001$ lo que indica alta significancia de este, además los días después de siembra también muestran significancia con un $p = 0,000$, por tanto el comportamiento del género *Meloidogyne* a través de los años y en los distintos rangos de edades del ciclo del cultivo es similar

En el Cuadro 8 se puede observar análisis de regresión lineal para *Pratylenchus* en la zona norte, donde se muestra un $R^2 = 0,760$, indicando moderada significancia del modelo, del mismo modo se deduce que el comportamiento de este género de nematodo es similar tanto en año ($p = 0,000$), como en DDS ($0,000$) por obtener ambos valores significativos.

Para la zona Huetar Atlántica, correspondiente al género de nematodo *Helicotylenchus* el modelo de $R^2 = 0,445$ lo que indica que no posee significancia, y en cuanto a las variables se puede observar cómo año es significativo ($p = 0,000$), no así para los DDS ($0,837$) que presenta poca significancia lineal.

Por tanto se deduce que *Helicotylenchus* se mostró con un comportamiento lineal similar a través de los tres años, pero no fue similar la población con respecto a los días después de siembra (Cuadro 8).

Para el comportamiento de la población de *Pratylenchus* en la zona Huetar Atlántica, se muestra con una tendencia moderadamente lineal ($R^2 = 0,695$), y con un $p = 0,057$ para la variable año mostrando que es altamente significativo, del mismo modo se observa como la variable DDS obtuvo un $p = 0,000$ haciéndolo altamente significativo en esta variable. Así que esta población de nematodos se comporto de una forma similar en los años evaluados.

4.12 Escala de incidencia

En base a los datos resultados obtenidos durante los años 2006, 2007 y 2008 se estableció una escala para estimar el nivel de incidencia de los nematodos fitoparásitos más importante encontrados en el cultivo, tomando como referencia únicamente los géneros *Meloidogyne* y *Pratylenchus*, ya que fueron los encontrados en mayor cantidad.

Se presenta los valores mínimos y máximos para establecer cuatro escalas de incidencia obtenidos en rangos de fechas establecidos a partir de los días después de siembra, por la diferencia de las fechas de muestreo de los diferentes años (Cuadro 9).

Así mismo para la aplicación de las escalas, la correspondiente a escala 0 se toma como poblaciones no problemáticas y la escala 4 como niveles críticos de poblaciones de nematodos fitoparásitos. Del mismo modo se tomó una escala general la cual corresponde a los valores medios de los muestreos realizados y para poder establecer una ecuación general sobre el comportamiento de los nematodos y de este modo que el monitoreo mensual permita mantener los niveles de infección por debajo del nivel general (Cuadro 9).

Cuadro 9. Escala empírica para la estimación de la incidencia del género *Meloidogyne* en el cultivo de arroz, región Huetar Norte, 2009.

Escala		Días después de siembra									
		0-30		31-60		61-90		91-120		121-150	
MELOIDOGYNE	0	0	2	0	20	0	22	0	18	0	25
	1	4		40		44		36		50	
	2	11	14	790	1179	2288	3409	10614	15903	15868	23777
	3	18		1568		4531		21192		31686	
	4	24	27	2345	2734	6775	7896	31769	37058	47503	55412
	5	31		3123		9018		42347		63321	
	6	37	41	3901	4290	11262	12383	52925	58214	79139	87048
	7	45		4679		13505		63503		94957	
	8	49	53	5456	5845	15749	16870	74080	79369	110774	118683
	9	57		6234		17992		84658		126592	

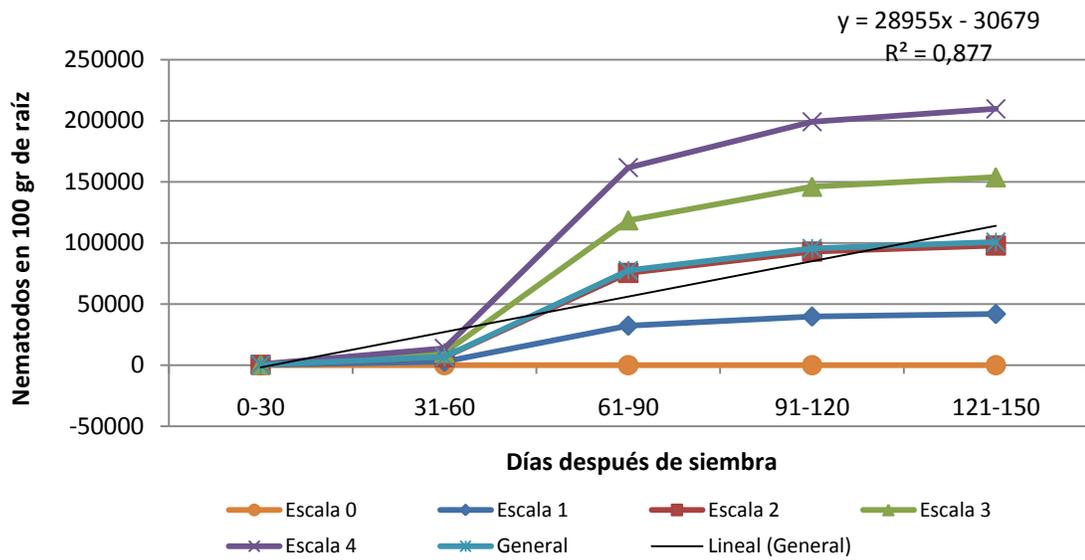


Figura 55. Comportamiento de la población *Meloidogyne* en raíz de arroz, en la región Huetar Norte, 2009.

Para el caso del género *Meloidogyne* en la zona Huetar Norte se obtiene un $R^2 = 0,87$ para un ajuste lineal a través del tiempo, en donde es posible observar una tendencia de crecimiento conforme pasan los días después de la siembra (Figura 55).

Cuadro 10. Escala empírica para la estimación de la incidencia del género *Pratylenchus* en el cultivo de arroz, región Huetar Norte, 2009.

Escala		Días después de siembra									
PRATYLENCHUS		0-30		31-60		61-90		91-120		121-150	
	0	0	1	0	3	0	2	0	5	0	1
	1	2		6		4		10		2	
	2	670	1005	1167	1747	13261	19890	12917	19371	15655	23482
	3	1339		2328		26519		25825		31308	
	4	2008	2343	3489	4069	39777	46406	38733	45187	46962	54788
	5	2677		4650		53035		51641		62615	
	6	3346	3680	5811	6392	66292	72921	64548	71002	78268	86095
	7	4015		6972		79550		77456		93922	
	8	4684	5018	8133	8714	92808	10606	90364	103262	109575	125227
9	5353		9295		106066	2	103272		125229		

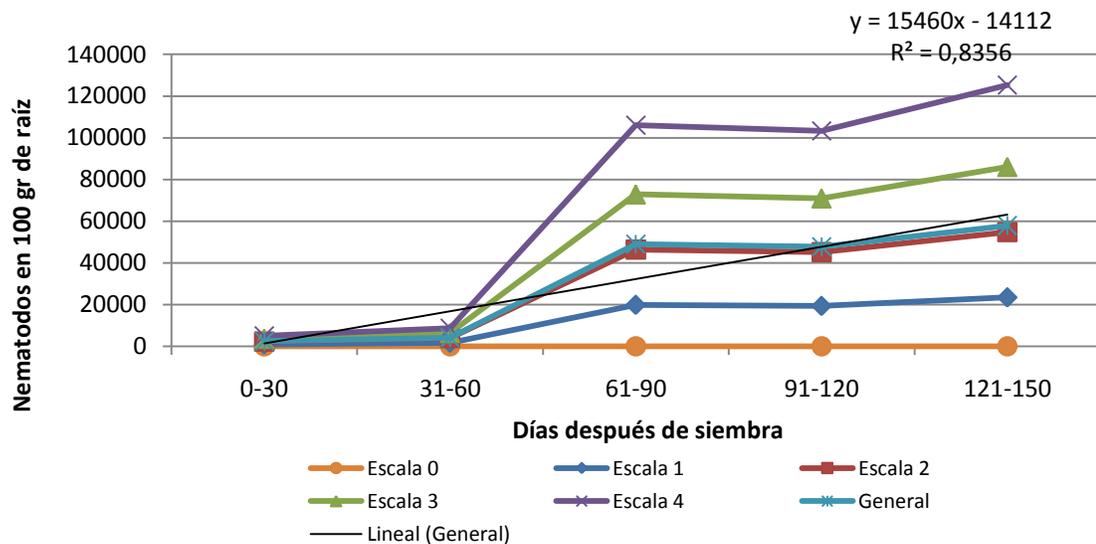


Figura 56. Comportamiento de la población *Pratylenchus* en raíz de arroz, en la región Huetar Norte, 2009.

También para el caso de *Pratylenchus* en la zona Huetar norte, se comporta de forma lineal ($R^2 = 0,87$), con aumentó de la población en el tiempo, se observa una disminución de los nematodos entre los días 91 y 120, pero del mismo modo en la última etapa continua el crecimiento (Figura 56).

Cuadro 11. Escala empírica para la estimación de la incidencia del género *Meloidogyne* en el cultivo de arroz, región Huetar Atlántica, 2009.

Escala		Días después de siembra										
MELOIDOGYNE		0-30		31-60		61-90		91-120		121-150		
		0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	
		0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
		2	114	158	1855	2782	21562	32342	26556	39833	27966	41948
		3	202	158	3708	2782	43122	32342	53111	39833	55930	41948
		4	322	369	5562	6488	64682	75462	79665	92943	83895	97877
		5	416	369	7415	6488	86242	75462	106220	92943	111859	97877
		6	520	581	9268	10195	107802	118582	132775	146052	139823	153806
		7	642	581	11122	10195	129362	118582	159329	146052	167788	153806
8	718	772	12975	13902	150922	161702	185884	199161	195752	209734		

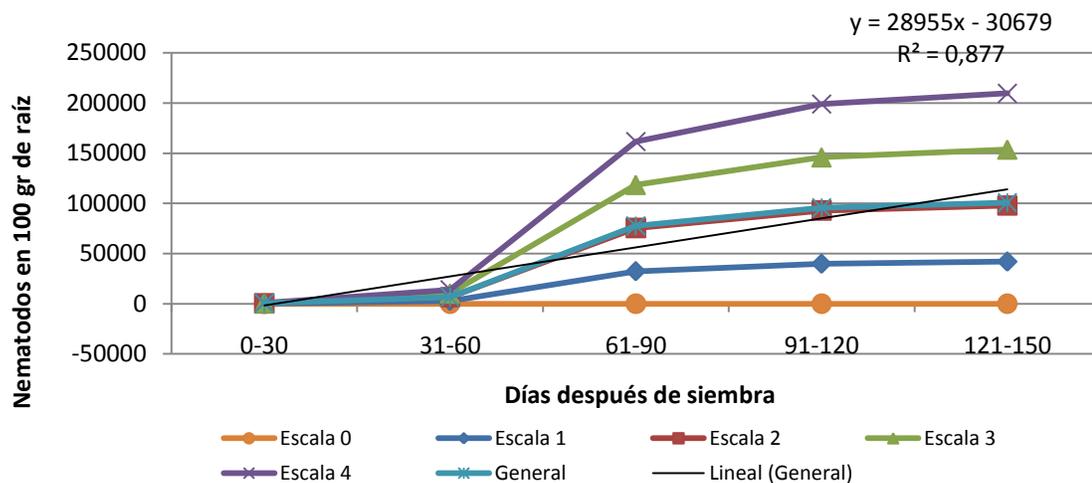


Figura 57. Comportamiento de la población *Meloidogyne* en raíz de arroz, en la región Huetar Atlántica, 2009.

Cuadro 12. Escala empírica para la estimación de la incidencia del género *Pratylenchus* en el cultivo de arroz, región Huetar Atlántica, 2009.

Escala		Días después de siembra									
PRATYLENCHUS		0-30		31-60		61-90		91-120		121-150	
	0	0	1	0	1	0	1	0	320	0	373
	1	2		2		2		640		746	
	2	502	757	5077	7614,5	9762	14642	10116	14855,31	14396	21221
	3	1013		10152		19522		19593		28046	
	4	1500	1758	15227	17764,5	29282	34162	29070	33809,06	41696	48521
	5	2016		20302		39042		38547		55346	
	6	2602	2852	25377	27914,5	48802	53682	48024	52762,81	68996	75821
	7	3102		30452		58562		57501		82646	
	8	3600	3851	35527	38064,5	68322	73202	66978	71716,56	96296	103121
9	4104	40602		78082		76455		109946			

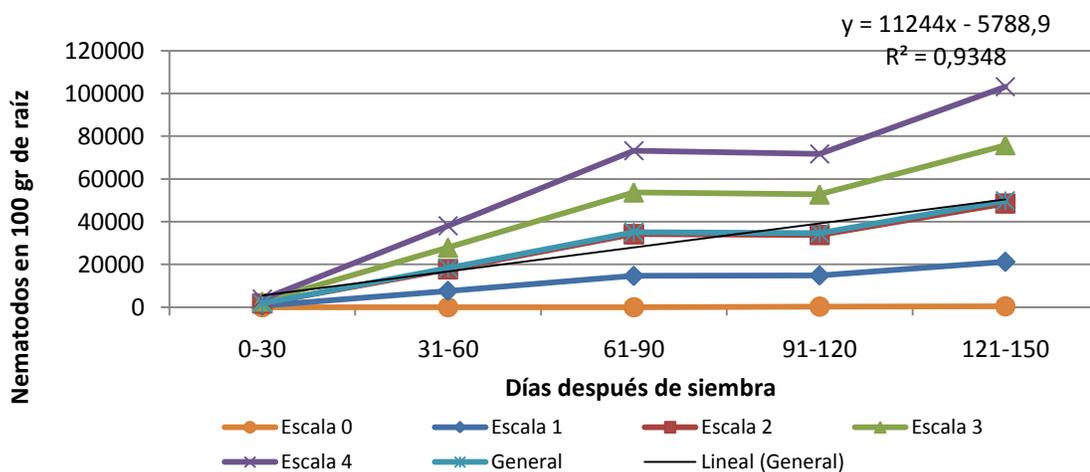


Figura 58. Comportamiento de la población *Pratylenchus* en raíz de arroz, en la región Huetar Atlántica, 2009.

En la Región Huetar Atlántica y Norte se observan que las poblaciones de fitonematodos más importantes determinados a través de los 3 años de muestreo mantienen una tendencia de crecimiento muy similares, mostrando un crecimiento lineal como el caso de *Meloidogyne* ($R^2 = 0,87$) y *Pratylenchus* ($R^2 = 0.93$) (Figuras 57 y 58).

5. CONCLUSIONES

Con base a los resultados de esta investigación, se obtienen las siguientes conclusiones:

- 1) Los principales géneros de nematodos encontrados en el 2008 en la región Huetar Norte en raíz y suelo corresponden a *Pratylenchus* sp., *Meloidogyne* sp. y *Helicotylenchus* sp., además de nematodos de vida libre.
- 2) En la región Huetar Atlántica los principales géneros de nematodos encontrados en raíz y suelo correspondientes al año 2008 fueron *Meloidogyne* sp., *Pratylenchus* sp., y *Helicotylenchus* sp., junto con nematodos de vida libre.
- 3) En el año 2009 los principales géneros de nematodos encontrados en raíz para las región Huetar Norte y Huetar Atlántica son: *Aphelenchoides* sp., *Criconomella* sp., *Helicotylenchus* sp., *Meloidogyne* sp., *Paratylenchus* sp., *Pratylenchus* sp., *Tylenchus* sp. y nematodos de vida libre.
- 4) *Pratylenchus* sp fue el género que obtuvo una mayor frecuencia en la región Huetar Norte en raíz, por su mayor predominancia en las fincas muestreadas, seguid del género *Meloidogyne* sp.
- 5) En suelo para la región Huetar Norte en suelo dominó tanto en porcentaje relativo como en frecuencia los nematodos de vida libre, seguido de los géneros *Pratylenchus* sp., *Helicotylenchus* sp. y *Meloidogyne* sp. respectivamente.
- 6) El género que domina en la región Huetar Atlántica en raíz corresponde a *Meloidogyne* sp., seguido de *Pratylenchus* sp. y nematodos de vida libre, pero cabe destacar que las fincas ubicadas en Sarapiquí existió un dominio del género *Pratylenchus* sp.
- 7) Para la región Huetar Atlántica existe un dominio de los de vida libre en suelo, junto con una mayor frecuencia, además los géneros de nematodos fitoparásitos que dominaron fueron *Meloidogyne* sp., *Helicotylenchus* sp. y *Pratylenchus* sp.

- 8) La mayor frecuencia de nematodos en raíz de la región norte en los años 2006, 2007 y 2008 corresponde al género *Pratylenchus* sp., seguido de *Meloidogyne* sp. y *Helicotylenchus* sp.
- 9) Para la región Huetar Atlántica en raíz predominó en los años 2006 y 2007 los nematodos del género *Meloidogyne* seguido del género *Pratylenchus*, pero en el año 2007 dominó el género *Pratylenchus* sp.
- 10) Las poblaciones de total de nematodos en raíz en la región Huetar Norte tuvo un comportamiento creciente a través del ciclo del cultivo, a excepción del género *Meloidogyne* sp. que se creó una disminución de la población en la última etapa del cultivo.
- 11) La población de nematodos en suelo para la región Huetar norte tuvo un comportamiento errático ya que a partir del día 90 se observó una disminución de total de la población influenciado principalmente por los nematodos de vida libre.
- 12) La dinámica poblacional del total de nematodos de la región Huetar Atlántica en raíz obtuvo un crecimiento constante a través del tiempo, principalmente influenciado por el género *Meloidogyne* sp.
- 13) Los nematodos encontrados en suelo en la región Huetar Atlántica se observó un crecimiento constante principalmente por los nematodos de vida libre.
- 14) Como resultado preliminar existe relación entre la población de nematodos y el peso de granos según el cálculo de estadística de correlación, deduciendo bajo peso de grano ante una alta población de nematodos fitoparásitos.
- 15) El género *Meloidogyne* en la zona norte es quien más se ajustó a comportamiento lineal, y que posee una dinámica en la población similar en los distintos años del estudio.
- 16) Todos los géneros de nematodos fitoparásitos en el estudio adquieren un comportamiento similar a través de los años, pero no obstante los géneros *Pratylenchus* y *Meloidogyne* en la zona norte y *Pratylenchus* en la zona Atlántica se muestran similares en las etapas de los días después de siembra.

6. RECOMENDACIONES

Tomando en cuenta los resultados y conclusiones de esta tesis se realizan las siguientes recomendaciones:

- Realizar estudios bajo condiciones controladas para establecer como los distintos factores pueden influir en la frecuencia y la densidad de los distintos géneros y poblacional de los nematodos.
- Establecer investigaciones controlando los factores (hospedante-nematodo, de la raza y densidad poblacional del nematodo, susceptibilidad del hospedante, fertilidad del suelo y condiciones ambientales) que pueden influir en la producción de arroz y hacer una relación más directa sobre la influencia de los nematodos sobre éste.
- Elaborar parcelas designadas al estudio de los nematodos en asociación con arroz, en donde se puedan medir en un mismo momento, bajo mismas condiciones externas, en distintas o iguales variedades, la severidad de las densidades de los nematodos fitoparásitos en el cultivo.
- Establecer un plan o estrategias de control de nematodos fitoparásitos por medio de instituciones como CONARROZ o el Instituto tecnológico de Costa Rica, para evitar la diseminación y controlar las pérdidas que este parásito provoca en las zonas arroceras a nivel nacional.

7. LITERATURA CITADA

- Araya, E. 2008. Identificación y cuantificación cultivo del género y densidades poblacionales de nematodos asociados al cultivo del arroz (*Oryza sativa*) en la Región Huetar Norte (cantón de Los Chiles y distrito de Florencia del cantón de San Carlos de Costa Rica. Tesis Licenciatura. Ing. Agr. San Carlos, CR, ITCR. 87 p.
- Araya, S. 2006. Determinación de géneros y densidades poblacionales de nematodos asociados al cultivo de arroz (*Oryza sativa*) en la Región Huetar Atlántica. Proyecto Bachillerato. Ing. Agr. San Carlos, CR, ITCR. 75 p.
- Castaño, J. 1994. Principios básicos de fitopatología. 2 ed. Honduras, Editorial Zamorano. 538 p.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza), 2006. Revista: Manejo Integrado de Plagas No. 52 (en línea). Consultado el 10 Jun. 08. <http://web.catie.ac.cr/informacion/RMIP/rmip52/default.htm>.
- Chávez, G. 1992. El cultivo del arroz: Curso de Granos Básicos. San Carlos, C.R., ITCR. 50 p.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1985. Arroz: Investigación y Producción. Cali, Colombia. p. 90 – 96.
- Colbert, B. 1979. Nematodos el enemigo oculto. Agricultura de la Américas 28 (2): 16-18.
- Datta, S. 1986. Fertilización del Arroz, fundamentos y prácticas. México, DF. s.e. 72 p.
- Dye, C. 2008. Identificación, cuantificación, caracterización y dinámica poblacional de los nematodos asociados al cultivo de arroz (*Oryza sativa*) en la Región Huetar Atlántica de Costa Rica. Tesis Licenciatura. Ing. Agr. San Carlos, CR, ITCR. 78 p.
- Esquivel, A. 2005. Manual de identificación de géneros de nematodos Importantes en Costa Rica. Universidad Nacional. 50 p.

- Fernández, O; Quesada, A. 2009. Nematodos asociados a los cultivos de Costa Rica. Laboratorio de Diagnóstico Fitosanitario. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Heredia. 49 p
- 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 10 jun 08. Disponible en: <http://www.protechnet.go.cr/plagas/listanematodos.htm>
- Figuroa, 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. 1985. Origen, taxonómica y anatomía de la planta de arroz (*Oryza sativa* L.). Investigación y Producción. Cali, CO, CIAT. pp. 7 – 64.
- González, L. 1978. Nematodos fitoparásitos asociados con la rizosfera de arroz y maíz en varias zonas agrícolas de Costa Rica. Agronomía Costarricense 2(2): 171-173.
- InfoAgro (Información técnica agrícola). 2002. El cultivo del arroz. Consultado el 10 de jun del 08. Disponible en: <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm>
- Jiménez, A. 1991. Determinación de la Densidad poblacional de Nematodos fitoparásitos asociados al cultivo del Plátano (*Musa AAB*) en La Región Huetar Norte. Informe Bach. Ing. Agr. San Carlos, Costa Rica. ITCR. 53p.
- Johnson, GW. 1985. Specific crop rotation effects combined with cultural practices and nematicides. In. An Advanced Treatise on Meloidogyne. Volume I: Biology and Control. pp. 283-301.

- López, JD. 2006. Determinación preliminar de géneros y densidades poblacionales de nemátodos asociados al cultivo del arroz (*Oryza sativa*) en la región Huetar Norte de Costa Rica. Proyecto Bach. Ing. Agr. San Carlos, CR, ITCR. 52p.
- López, R.; Salazar, L.; Azofeifa, J. 1987. Nematodos 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
- MAG.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 10 Jun 08. Disponible en: http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/indice_documentos_texto_completo.html#MRC0000000000001537
- Mai, WF. y Lyon, HH. 1960. Pictorial key to genera of plant-parasitic nematodes. Edit: Comstock Publishing Associates.
- Marban, M. 1987. Fitonematología: Manual de Laboratorio. Centró Agronómico de Investigación y Enseñanza. Turrialba, C. R.
- Mena, M. 2006. Clima de Costa Rica (en línea). Consultado el 10 jun 08. Disponible en: http://www.imn.ac.cr/comportamiento_esta/Escen_Clima_1106.html
- Monge, L. 1987. Cultivo de Arroz. San José, CR, EUNED. 145 p.
- Naranjo R.; y Campos, J. 2005. Diagnóstico de nematodos fitoparásitos en el cultivo de arroz, en tres zonas productoras, Pacífico Central, Región Brunca y Región Chorotega de Costa Rica. INTA (Instituto Nacional de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria).Costa Rica.
- PANS (Centre for Overseas Pest Research). 1976. Pest Control in Rice. Traducido y editado al español por editorial Agropecuaria Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay.
- Ramón de Lara, A., Castro, B., Castro, M., Malpica, S. 2003. La importancia de los Nematodos de Vida Libre. *Contactos* 48: 43 UAM, Xochimilco, México.

- Salazar, L. 2003. Evaluación de productos nematocidas convencionales y biológicos en el cultivo del arroz cv. CR-4102 en la Región Brunca de Costa Rica. (en línea). Consultado 10 jun 08 Disponible en: <http://www.conarroz.com/pdf/Informe%20Final%20nematico%20convenc%20PI.pdf>
- Sánchez, A. 1975. Cultivo del arroz; Manual de Producción. Limusa, Mexico. 426p.
- Sancho, C; Salazar, L. 1985. Nematodos parásitos del arroz (*Oriza sativa* L.) en el sureste de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 9(2): 161-163.
- Sancho, C; Salazar, L.; López, R. 1987. Efecto de la densidad inicial del inóculo sobre la patogenicidad de *Meloidogyne salasi* en tres cultivares de arroz. *Agronomía Costarricense* 11(2):233-238.
- SIRZEE. 2008. Sistema de información regional zona económica especial. Información geográfica. Ambiente (en línea). Consultado el 10 jun 08. Disponible en: http://www.sirzee.itcr.ac.cr/modules.php?op=modload&name=Info_RHN&file=index#
- Suarez, H.; Rosales, L. 2004. Competition between the Plant-parasitic Nematodes *Pratylenchus neglectus* and *Meloidogyne chitwoodi*. *Journal of Nematology* 26(3):286-295.
- Topolanski, E.1975. El arroz. Su cultivo y producción. Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires. 304 p.
- Vargas, H. 2008. Identificación, cuantificación, caracterización y dinámica poblacional de nematodos en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*) en el cantón de Upala, Región Huetar Norte de Costa Rica. Tesis Licenciatura. Ing. Agr. San Carlos, CR, ITCR. 72 p.
- Zuckerman, BM. ; Mai, WF.; Krusberg, LR. 1990. Plant Nematology Laboratory Manual. Traducido y editado al español por Nahum Marban Mendoza. Universidad autónoma de Chapingo, México.

8. ANEXO

Anexo 1. Coeficiente de correlación de Pearson (r) de los principales géneros de nematodos fitoparásitos presentes en raíz para el cultivo de arroz (*Oryza sativa*), Zona Huetar Norte y Huetar Atlántica, 2009.

Fincas muestreadas	Félix Artavia (lote 1)	Félix Artavia (lote 2)	Jorge Dueck	Fidel Villalobos	Giovanni Rodríguez	Claudio Sánchez (lote 1)	Claudio Sánchez (lote 2)
Peso del grano (gramos)/ Población total de nematodos 100 gr. de raíz	-0,39	-0,73	-0,53	-0,19	0,04	-0,49	-0,47

Anexo 2. Coeficiente de correlación de Pearson (r) de los principales géneros de nematodos fitoparásitos presentes en raíz para el cultivo de arroz (*Oryza sativa*) en las fincas muestreadas en 2009, población (nem/100 gr de raíz) contra peso grano (gramos).

Finca / Géneros de nematodos	Félix Artavia (lote 1)	Félix Artavia (lote 2)	Jorge Dueck	Fidel Villalobos	Giovanni Rodríguez	Claudio Sánchez (lote 1)	Claudio Sánchez (lote 2)
<i>Aphelenchoides</i>	0,25	-0,67	0,56	0,72	N/D	N/D	N/D
<i>Criconomella</i>	N/D	N/D	-0,05	-0,05	-0,11	0,86	-0,21
<i>Helicotylenchus</i>	0,05	N/D	0,15	-0,01	-0,07	-0,26	-0,50
<i>Meloidogyne</i>	-0,13	N/D	N/D	-0,2	-0,27	-0,37	-0,26
<i>Paratylenchus</i>	-0,75	-0,29	0,44	0,01	0,76	-0,38	0,53
<i>Pratylenchus</i>	-0,49	-0,66	-0,55	-0,06	0,42	-0,35	-0,47
<i>Tylenchus</i>	N/D	N/D	-0,38	0,32	N/D	N/D	N/D

Anexo 3. Peso de plantas de arroz (*Oryza sativa*) para la finca de Félix Artavia (lote 1), 2009.

# muestra	Tallo	Peso fresco (gramos)			Peso seco (gramos)	
		Espiga	Grano	Raíz	Planta	Grano
1	100,1	33,6	30,5	14,5	33,3	24,3
2	92,5	38,1	35,1	12,2	29,8	27,4
3	119,4	34,5	30,8	10,6	39,9	24,7
4	125,3	48,4	44,3	18,8	37,2	35,6
5	78,8	31,5	29,3	10,6	27,2	24,3
6	52,2	19	17,1	12,6	17,1	13,7
7	118,8	52,8	48,3	17	38,4	38,8
8	54,7	25,2	23,2	5,3	17,3	18,4
9	101,1	47,6	43,2	16,8	34,7	34,4
10	95,2	46	42,4	9,4	29,7	32,1
Promedio	93,81	37,67	34,42	12,78	30,46	27,37

Anexo 4. Peso de plantas de arroz (*Oryza sativa*) para la finca de Félix Artavia (lote 2), 2009.

# muestra	Tallo	Peso fresco (gramos)			Peso seco (gramos)	
		Espiga	Grano	Raíz	Planta	Grano
1	63,5	27	24,3	23,4	21,1	18,7
2	82,6	34,4	30,5	10,5	28,7	21,7
3	64,3	33,2	30,1	9,2	20,8	23,2
4	58,6	23,2	21,5	8,3	14,8	16,6
5	151,1	79,2	72,8	13,4	52,7	57,1
6	78,2	14,2	13,2	12,7	26	10,3
7	47,1	19,2	17,4	5,1	15,9	13,1
8	67,5	38,3	35,7	15,8	24,5	29
9	81,7	41,7	38,4	11,6	27,7	29,9
10	64,9	25,2	23,8	9,5	23,1	19
Promedio	75,95	33,56	30,77	11,95	25,53	23,86

Anexo 5. Peso de plantas de arroz (*Oryza sativa*) para la finca de Jorge Dueck, 2009.

# muestra	Tallo	Peso fresco (gramos)			Peso seco (gramos)	
		Espiga	Grano	Raíz	Planta	Grano
1	56	26,8	22,4	21,5	22,9	18,6
2	57,9	26,9	21,3	23,5	22,1	17,3
3	83,2	31,2	26,1	27,8	33,4	22,1
4	167,2	28,7	20,5	38,5	62,9	18,6
5	115,2	25,6	70,1	37,2	97,8	61,2
6	280,2	93,3	71,5	39,7	98,9	60,9
7	79,6	21,4	17,4	18,8	30	15,5
8	60,3	25,1	19,4	15,6	25,1	17
9	69,6	28,4	17,3	48,1	17	12
10	113	54,7	41,4	26	40,9	35,6
Promedio	108,22	36,21	32,74	29,67	45,1	27,88

Anexo 6. Peso de plantas de arroz (*Oryza sativa*) para la finca de Fidel Villalobos, 2009.

# muestra	Tallo	Peso fresco (gramos)			Peso seco (gramos)	
		Espiga	Grano	Raíz	Planta	Grano
1	104,1	31,5	28,3	20,1	40,1	24,4
2	95,9	25,6	22	36,8	37,4	18,4
3	131,9	47,6	42,6	27,5	52,9	34,8
4	78,7	29,5	25,7	26	31,2	21,2
5	83,3	33,3	29,8	12,6	30	24,9
6	141,1	59,1	47	79	57,8	35,5
7	85,5	39,8	36,9	31,1	36	28
8	80,3	28,3	24	25	31,5	19,8
9	154,6	41,7	31,9	60,2	57,2	24,5
10	88,4	36,2	33	15,4	34,3	28,4
Promedio	104,38	37,26	32,12	33,37	40,84	25,99

Anexo 7. Peso de plantas de arroz (*Oryza sativa*) para la finca de Giovanni Rodríguez, 2009.

# muestra	Tallo	Peso fresco (gramos)			Peso seco (gramos)	
		Espiga	Grano	Raíz	Planta	Grano
1	74	23,1	10,4	11,2	25,2	6,8
2	94,6	25,8	11,8	5,4	31,4	8,1
3	98,8	26,3	12,1	4,9	31,9	8,7
4	104,9	28,4	10,9	5,3	31,2	7,2
5	118,5	37	23	6,1	45,6	16,3
6	127,7	39	21,7	4,8	48,3	16,2
7	97,6	25,7	13,2	5,6	35,2	9,1
8	72,9	26,9	11,3	5,2	26,9	7,6
9	68,5	25,1	15,2	2,4	27,6	9,4
10	68	25,7	13,6	5,6	27,6	9,1
Promedio	92,55	28,3	15,2285714	5,65	33,09	9,85

Anexo 8. Peso de plantas de arroz (*Oryza sativa*) para la finca de Claudio Sánchez (lote 1), 2009.

# muestra	Tallo	Peso fresco (gramos)			Peso seco (gramos)	
		Espiga	Grano	Raíz	Planta	Grano
1	166,7	57	39	61,39	72,2	33
2	161,7	50,9	36,5	19,65	69,9	28,8
3	366	119	89,4	40,22	146,3	75,9
4	215,1	66,5	45,3	27,98	104,1	39,3
5	165,9	54,7	34,9	24,46	73,1	30,9
6	189,1	31,3	50	15,15	101,2	43,2
7	264,5	69,3	48,1	32,4	138,6	42,3
8	195	73,6	17,3	45,34	44,7	13,9
9	179,5	52,6	20,9	46,93	62,3	15
10	335,7	104,9	78,9	35,22	190	69,6
Promedio	223,92	67,98	42,3777778	34,874	100,24	39,19

Anexo 9. Peso de plantas de arroz (*Oryza sativa*) para la finca de Claudio Sánchez (lote 2), 2009.

# muestra	Peso fresco (gramos)				Peso seco (gramos)	
	Tallo	Espiga	Grano	Raíz	Planta	Grano
1	294,9	84,4	56,9	25,7	140,2	51,1
2	293,3	91,3	60,1	30,5	160,9	54,6
3	143,8	42,6	26,5	9,8	63,5	21,4
4	210,2	52,4	32,4	19,7	84,5	27,8
5	159,7	46,3	28,9	18,4	69,3	24,5
6	171,6	40,1	25	21,2	72,7	20,6
7	103	38,1	23,5	15,1	47,2	19,5
8	134	41,1	27,9	11,3	56,6	21,2
9	108,4	35,2	21,3	13,9	46	17,9
10	145,4	50,9	37,6	12	68,8	29,2
Promedio	176,43	52,24	33,6111111	17,76	80,97	28,78

Anexo 10. Resultados análisis de regresión lineal de *Helicotylenchus* contra las variables año y días después de siembra zona Huetar Norte, 2008.

VARIABLES	Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F	Sig.
Modelo	50822.203 ^a	4	12705,551	87,736	,000
Año	8470,859	3	2823,62	19,498	,000
Dds	9,416	1	9,416	0,065	0,799
Error	29976,89	207	144,816		
Total	80799,093	211			

a. R Cuadrado = .629 (R cuadrado ajustado = .622)

Anexo11. Resultados análisis de regresión lineal de *Meloidogyne* contra las variables año y días después de siembra zona Huetar Norte, 2008.

VARIABLES	Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F	Sig.
Model	1,11E+06	4	276658,94	47,714	,000
año	98373,39	3	32791,13	5,655	0,001
dds	241286,789	1	241286,789	41,614	,000
Error	1,20E+06	207	5798,237		
Total	2,31E+06	211			

a. R Cuadrado = .480 (R cuadrado ajustado = .470)

Anexo 12. Resultados análisis de regresión lineal de *Pratylenchus* contra las variables año y días después de siembra zona Huetar Norte 2008.

VARIABLES	Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F	Sig.
Model	2,88E+06	4	720139,943	163,751	,000
año	131185,905	3	43728,635	9,943	,000
dds	131114,974	1	131114,974	29,814	,000
Error	910338,494	207	4397,771		
Total	3,79E+06	211			

a. R Cuadrado = .760 (R cuadrado ajustado = .755)

Anexo 13. Resultados análisis de regresión lineal de *Helicotylenchus* contra las variables año y días después de siembra zona Huetar Atlántica, 2008.

Variables	Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F	Sig.
Model	6186.533 ^a	4	1546,633	26,408	,000
año	1483,531	3	494,51	8,443	,000
dds	0,982	1	0,982	0,017	0,897
Error	7730,871	132	58,567		
Total	13917,403	136			

a. R Cuadrado = .445 (R cuadrado ajustado = .428)

Anexo 14. Resultados análisis de regresión lineal de *Pratylenchus* contra las variables año y días después de siembra zona Huetar Atlántica, 2008.

Variables	Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F	Sig.
Model	880414.836 ^a	4	220103,709	75,172	,000
año	22566,879	3	7522,293	2,569	0,057
dds	89972,687	1	89972,687	30,728	,000
Error	386494,887	132	2927,992		
Total	1266909,72	136			

a. R Cuadrado = .695 (R cuadrado ajustado = .686)