

**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**

HENRY HUMBERTO VARGAS CÉSPEDES

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

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

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**

HENRY HUMBERTO VARGAS CÉSPEDES

Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador:

Ing. Agr. Tomás Guzmán Hernández. PhD.	_____
	Asesor
Ing. Agr. Joaquín Durán Mora. MSc.	_____
	Jurado
Ing. Agr. Carlos Manuel Muñoz Ruiz. PhD.	_____
	Jurado
Ing. Agr. Fernando Gómez Sánchez. MAE.	_____
	Coordinador
	Trabajos Finales de Graduación
Ing. Arnoldo Gadea Rivas. MSc.	_____
	Director
	Escuela de Agronomía

2008

DEDICATORIA

En primer lugar a Dios todo poderoso, por el don de la vida y porque en Él están las fuerzas que necesitamos para enfrentar el día a día y junto con estos, los problemas que acarrearán.

A mis Padres Alexander y Teresita, así como a mis hermanos, Kelley, Geiner y Heidy, porque en todo momento fueron mi apoyo y se sacrificaron grandemente para que yo pudiera alcanzar esta meta.

“Por esto y mucho más, Gracias infinitas”.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Tecnológico de Costa Rica por la oportunidad de ser parte de un grupo tan selecto de personas y por la excelente formación profesional y personal que recibí en mi paso por esta honorable institución.

A la Corporación Arrocera Nacional (CONARROZ), por su aporte económico y apoyo a la investigación, pilar fundamental en la mejora de la producción.

Al Doctor Tomás de Jesús Guzmán Hernández, por todo el apoyo y confianza que me brindó durante la realización de este trabajo y en mis labores dentro del grupo de investigación que lidera.

Al Doctor Carlos Manuel Muñoz Ruiz, por su colaboración en la revisión de este trabajo y más que eso, por su apoyo y consejos brindados, buscando en todo momento que mi formación fuese mejor.

Muy agradecido también con el Ingeniero Joaquín Durán Mora por el aporte y apoyo en esta etapa final de mi carrera, así como por las muestras de amistad y confianza hacia mi persona.

A la familia Vargas Solís, por que me abrieron las puertas de su hogar, por su amistad y confianza... “Gracias Doña Eida, (mi mamá de San Carlos), Lucy, Don Nilo y Nela, en el sur hay alguien que les está muy agradecido... Yo”

A mis compañeros y amigos, los “MP-02” aquellos con los que compartí una gran cantidad de momentos, tanto de fiesta y jolgorio, como estresantes momentos de estudio y de escasez de colones.

A Juan Diego López, Christopher Dye, Fabián Vindas, Roger Barrantes, David Azofeifa, Erick Vargas, Fabián Vargas, Mauricio Rodríguez, David Ruiz, Keiner Araya; grupo aparte porque más que amigos y compañeros los considero hermanos...

Gracias!

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
TABLA DE CONTENIDO	v
LISTA DE CUADROS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiv
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos.....	3
2 REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Generalidades del cultivo de arroz	4
2.2 Nematodos Asociados al cultivo del arroz	12
2.3 Otros Nematodos relacionados al cultivo.....	14
2.4 Ciclo de vida de los nematodos	15
2.5 Distribución de los nematodos en el suelo.....	16
2.6 Factores que afectan el desarrollo y reproducción de los nematodos	17
2.7 Manejo convencional en el cultivo de arroz	21
2.8 Manejo de Alta Productividad (MAP) en el cultivo de arroz	22
3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
3.1 Ubicación de la investigación.....	23
3.2 Población estudiada.....	23

3.3	Toma de muestras	25
3.4	Análisis de muestras en Laboratorio.....	26
3.5	Variables Evaluadas	28
3.6	Análisis de suelo	28
3.7	Descripción del estudio.....	28
3.8	Análisis de Datos	28
4	RESULTADOS Y DISCUSION	29
4.1	Géneros y poblaciones de nemátodos fitoparásitos asociados al cultivo de Arroz en el cantón de Upala en la región Huetar Norte de Costa Rica.....	29
4.2	Dinámica poblacional de géneros de nematodos en plantaciones de arroz (raíz y suelos) en el cantón de Upala, región Huetar Norte de Costa Rica.....	34
4.3	Regresión Lineal Múltiple.....	51
4.4	Estimación de incidencia de los dos géneros principales encontrados en el estudio.....	58
5	Conclusiones	61
6	Recomendaciones	63
7	Literatura citada	64
8	Anexo.....	68

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1	Temperaturas críticas para las diferentes etapas de desarrollo en el cultivo de arroz.....	9
2	Estadística Descriptiva de los principales géneros de nematodos presentes en raíz y suelo para el cultivo de arroz (<i>Oryza sativa</i>), Upala, Región Huétar Norte.	30
3	Resultados análisis de regresión lineal múltiple de los principales géneros, y total de nematodos presentes en raíz vs variables climáticas. Upala, 2007.....	53
4	Resultados análisis de regresión lineal múltiple de los principales géneros, y total de nematodos presentes en raíz de arroz vs variables cuantitativas (Ca, Mg, K y pH) del análisis de suelo. Upala, 2007	55
5	Resultados análisis de regresión lineal múltiple de los principales géneros, y total de nematodos presentes en suelo vs variables cuantitativas (Ca, Mg, K y pH) del análisis de suelo. Upala, 2007.....	56
6	Resultados análisis de regresión lineal múltiple de los principales géneros, y total de nematodos presentes en raíz vs variables cuantitativas (Mn, P, Fe, Cu, Zn) del análisis de suelo. Upala, 2007.....	57
7	Resultados análisis de regresión lineal múltiple de los principales géneros, y total de nematodos presentes en suelo vs variables cuantitativas (Mn, P, Fe, Cu, Zn) del análisis de suelo. Upala, 2007	58

LISTA DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1	Diagrama de muestreo utilizado en las fincas en estudio, Upala, Alajuela.	25
2	Técnica del Embudo de Bearmann empleado para la extracción de nemátodos presentes en Suelo (Esquivel 2005).....	27
3	Géneros de nematodos asociados al cultivo de arroz (<i>Oryza sativa</i>), Upala, Región Huetar Norte, Costa Rica... ..	29
4	Porcentaje relativo de géneros predominantes en muestras de raíz de arroz (<i>Oryza sativa</i>), Upala, Alajuela. Junio – Noviembre, 2007.	32
5	Porcentaje relativo de géneros predominantes en muestras de suelos de arroz (<i>Oryza sativa</i>). Upala, Alajuela, Junio- Noviembre 2007.	33
6	Comportamiento poblacional de nematodos totales en raíz de arroz (<i>Oryza sativa</i>). Fincas Arroceras. Upala, Alajuela, junio – noviembre 2007.....	34
7	Comportamiento poblacional de los principales géneros de nematodos de vida libre y totales en raíz de arroz (<i>Oryza sativa</i>), finca CTP. Upala, Alajuela, Junio - Noviembre 2007.. ..	35
8	Comportamiento poblacional de los principales géneros de nematodos de vida libre y totales en suelo de arroz (<i>Oryza sativa</i>), finca CTP. Upala, Alajuela, Junio – Noviembre 2007.	36
9	Comportamiento poblacional de los principales géneros de nematodos de vida libre y totales en raíz de arroz (<i>Oryza sativa</i>), finca Andrés Dueck, manejo Convencional. Upala, Alajuela, Junio - Noviembre 2007.....	37

10	Comportamiento poblacional de los principales géneros de nematodos de vida libre y totales en suelo de arroz (<i>Oryza sativa</i>), finca Andrés Dueck, manejo Convencional. Upala, Alajuela, Junio - Noviembre 2007.....	38
11	Comportamiento poblacional de los principales géneros de nematodos de vida libre y totales en raíz de arroz (<i>Oryza sativa</i>), finca Andrés Dueck, Manejo de Alta Productividad. Upala, Alajuela, Junio - Noviembre 2007.	39
12	Comportamiento poblacional de los principales géneros de nematodos de vida libre y totales en suelo de arroz (<i>Oryza sativa</i>), finca Andrés Dueck, Manejo de Alta Productividad. Upala, Alajuela, Junio - Noviembre 2007.	40
13	Comportamiento poblacional de los nematodos totales presentes en raíz de arroz (<i>Oryza sativa</i>), finca Andrés Dueck, Manejo Convencional vs manejo de Alta Productividad. Upala, Alajuela, Junio - Noviembre 2007.....	41
14	Comportamiento poblacional de los principales géneros de nematodos de vida libre y totales en raíz de arroz (<i>Oryza sativa</i>), finca Saporro, Manejo Convencional. Upala, Alajuela, Junio - Noviembre 2007.	42
15	Comportamiento poblacional de los principales géneros de nematodos de vida libre y totales en suelo de arroz (<i>Oryza sativa</i>), finca Saporro, Manejo Convencional. Upala, Alajuela, Junio - Noviembre 2007.	43
16	Comportamiento poblacional de los principales géneros de nematodos de vida libre y totales en raíz de arroz (<i>Oryza sativa</i>), finca Saporro, Manejo de Alta Productividad. Upala, Alajuela, Junio - Noviembre 2007.....	44

17	Comportamiento poblacional de los principales géneros de nematodos de vida libre y totales en suelo de arroz (<i>Oryza sativa</i>), finca Saporro, Manejo de Alta Productividad. Upala, Alajuela, Junio - Noviembre 2007.....	45
18	Comportamiento poblacional de los nematodos totales presentes en raíz de arroz (<i>Oryza sativa</i>), finca Saporro, manejo Convencional vs. Manejo de Alta Productividad. Upala, Alajuela. Junio - Noviembre 2007.	46
19	Comportamiento poblacional de los principales géneros de nematodos de vida libre y totales en raíz de arroz (<i>Oryza sativa</i>), finca Juan Ortíz. Upala, Alajuela, Junio - Noviembre 2007.	47
20	Comportamiento poblacional de los principales géneros de nematodos de vida libre y totales en suelo de arroz (<i>Oryza sativa</i>), finca Juan Ortíz. Upala, Alajuela, Junio - Noviembre 2007.	48
21	Comportamiento poblacional de los principales géneros de nematodos de vida libre y totales en raíz de arroz (<i>Oryza sativa</i>), finca Félix Artavia. Upala, Alajuela, Junio - Noviembre 2007.	49
22	Comportamiento poblacional de los principales géneros de nematodos de vida libre y totales en suelo de arroz (<i>Oryza sativa</i>), finca Félix Artavia. Upala, Alajuela, Junio - Noviembre 2007.	50
23	Escala Empírica para estimación de incidencia de <i>Pratylenchus</i> sp. en arroz (<i>Oryza sativa</i>), en el cantón de Upala, Alajuela, Costa Rica. 2007.....	59

24	Escala Empírica para estimación de incidencia de <i>Meloidogyne</i> sp. en arroz (<i>Oryza sativa</i>), en el cantón de Upala, Alajuela, Costa Rica. 2007.....	60
-----------	--	----

RESUMEN

El presente estudio se realizó en el periodo comprendido entre los meses de junio a noviembre del 2007, en la Región Huetar Norte de Costa Rica, específicamente en el cantón de Upala, en terrenos dedicados a la producción comercial de arroz, con el objetivo principal de caracterizar las poblaciones de nematodos presentes, asociados al cultivo.

Se extrajeron muestras mensualmente de raíz y suelo en 5 fincas con manejo Convencional asignadas por la Corporación Arrocera Nacional (CONARROZ), dentro de las cuales 2 poseían áreas con Manejo para la Alta Productividad (MAP).

Los principales géneros identificados en este estudio fueron: *Pratylenchus*, *Meloidogyne*, *Helicotylenchus*, *Criconomella* y géneros de vida libre. Los análisis revelan que *Pratylenchus* sp. es el género predominante en estos campos arroceros, debido a que presentó los valores más altos referidos a densidades poblacionales (hasta 96 678 nematodos /100 gr de raíz). El segundo en importancia, *Meloidogyne* sp., presentó un valor máximo de 78 415 nematodos/100 gr de raíz, finalmente *Helicotylenchus* sp. presentó valores bajos en relación a los dos géneros anteriores (2 000 nematodos/100 gr de raíz). En suelo los géneros predominantes fueron nematodos de Vida Libre, seguido por *Pratylenchus*, *Helicotylenchus* y *Meloidogyne*.

La tendencia de las poblaciones fue creciente en el tiempo, para la gran mayoría de los casos, y también en la mayoría de estos esa tendencia fue definida por una ecuación lineal.

En los análisis de regresión lineal múltiple aplicados, se encontró que factores ambientales y de fertilidad poseen influencia en los cambios poblacionales de los principales géneros de nematodos asociados a este cultivo. Se relaciona de forma negativa a la precipitación y temperatura ambiental sobre el crecimiento de las poblaciones de *Pratylenchus* sp. y géneros de vida libre. También se evidencia

que factores químicos del suelo, tales como pH, contenido de bases y nutrientes pueden influir en el comportamiento de los nematodos.

Palabras claves: Arroz, diagnóstico, dinámica poblacional, nematodos, fertilización.

ABSTRACT

The present study was carried out in the months of June to November of the 2007, in the Region Huetar Norte of Costa Rica, specifically in the town of Upala, in lands dedicated to the commercial production of rice, with the main objective of characterizing the populations of nematodes presence in the area associated to the cultivation.

Samples of root and soil were collected monthly in five properties: three with conventional handling assigned by the Corporación Arrocera Nacional (CONARROZ), and two areas with conventional and High Productivity (MAP) handling.

The main genera identified in this study were: *Pratylenchus*, *Meloidogyne*, *Helicotylenchus*, *Criconomella* and species of free-living. The analyses reveal that *Pratylenchus* sp is the predominant genus in these rice fields, because It present the highest values (up to 96 678 nematodes /100 root gr) referred to population densities the second in importance, *Meloidogyne* sp., presented a maximum value of 78 415 nematodos/100 root g, finally *Helicotylenchus* sp. presented low values in relation to the two previous (2 000 nematodes /100 root g).

In soil the predominant genera were nematode of Free-living, continued by *Pratylenchus*, *Helicotylenchus* and *Meloidogyne*. The tendency of the populations was growing in the time, for the great majority of the cases, and also in most of these that tendency was defined by a lineal equation.

In the applied analyses of lineal multiple regression, it was found that environmental and fertility factors possess influence in the population changes of the main genus of nematodes associated to this cultivation. It is related from a negative way to the precipitation and environmental temperature about the growth of the populations of *Pratylenchus* sp. and genera of free-living. It is also evidenced that chemical factors of the soil, such as pH, content of bases and nutrients can influence in the behavior of the nematodes.

Key words: Rice, diagnosis, population dynamics, nematodes, fertilization.

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. Según datos tomados de CONARROZ (2007), en Costa Rica se consume actualmente 53,42 kg *per cápita* anual de arroz oro. Por otra parte, constituye un renglón de significativa importancia dentro del sector agrícola; siendo las principales zonas productoras de mayor a menor importancia la región Chorotega, Pacífico Central, Brunca, Huetar Norte, Huetar Atlántica y Central.

En el periodo 2003/2004 el área de siembra de arroz en Costa Rica fue de 48 906 hectáreas, de las cuales 33 059 ha se sembraron en la primera siembra y 15 847 ha en la segunda siembra; con un rendimiento promedio para la actividad de 4,26 t.m. por hectárea, lo que equivale a 57,93 sacos húmedos y sucios (CONARROZ 2004); datos más recientes de la Corporación arrocera (periodo 2005-2006), muestran un crecimiento en el área sembrada, la cual ascendió hasta 35550 ha en primera siembra y 18543 ha en la segunda, con un rendimiento promedio de 3,72 t.m/ha, equivalente a 50,52 sacos húmedos y sucios (CONARROZ 2007).

Los nematodos fitoparásitos han sido mencionados como uno de los factores que afectan el rendimiento de este importante cereal. Fortuner y Merny (1979), han informado 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. En muchos casos la existencia de una relación parasítica con el arroz es probable pero no ha sido demostrada. Hollis y Keoboonrueng, citados 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 y otros factores.

Los daños que producen los nematodos se efectúan principalmente en las raíces. Estos se inician con la ruptura de las células de la planta a través de su estilete, por la disolución de las paredes celulares o por la inducción de cambios

fisiológicos en las células como resultado de la inyección de sustancias por el nematodo a través del estilete. Estas afectaciones provocan una predisposición de la planta al ataque de otros microorganismos patógenos como hongos, bacterias y virus que penetran la planta a través de las heridas ocasionadas por el daño mecánico producido por el nematodo (Suárez y Rosales 2004).

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* como la única especie cuya patogenicidad en el cultivo ha podido ser demostrada en condiciones locales. *M. salasi* es un patógeno del arroz descrito en 1984 y encontrado infectando este cereal en áreas productoras de Costa Rica y Panamá (López, 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).

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 (Ortuño *et al.*, 2006).

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

Por lo tanto este trabajo estuvo dirigido a identificar los géneros, el grado de incidencia y las variaciones poblacionales, en un periodo determinado de tiempo que presentan los nematodos en el cultivo de arroz en fincas comerciales,

ubicadas en el cantón de Upala, en la región Huetar Norte de Costa Rica, esperando obtener resultados valiosos que sirvan como herramienta para la toma de decisiones involucradas en un manejo más eficiente de los recursos productivos.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Caracterizar y cuantificar las poblaciones de nematodos fitoparásitos en el cultivo de Arroz (*Oryza sativa*) en fincas ubicadas en el cantón de Upala en la región Huetar Norte de Costa Rica.

1.1.2 Objetivos específicos

- ❖ Identificar y cuantificar los géneros y poblaciones de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de arroz.
- ❖ Determinar la dinámica poblacional de los principales géneros de nematodos encontrados en los campos arroceros en estudio, bajo dos tipos de manejo (Convencional y MAP).
- ❖ Relacionar el comportamiento de las poblaciones de nematodos encontrados a factores climáticos y edáficos (fertilidad del suelo).

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades del cultivo de arroz

2.1.1 Origen

Se cree que el cultivo del arroz se inició hace más de 6500 años, desarrollándose paralelamente en varios países: los primeros cultivos aparecen en la China 5000 años antes de nuestra Era, en el paraje de Hemu Du, así como en Tailandia hacia 4500 antes de Cristo, para aparecer luego en Camboya, Vietnam y al sur de la India (UNCTAD 2002).

Hacia el año 800 antes de Cristo, el arroz asiático se aclimató en el Cercano Oriente y en Europa meridional. Los Moros lo introdujeron en España en el momento de la conquista de este país alrededor del año 700 de nuestra Era. Más tarde, se propagó a Italia a partir de mediados del siglo XV, a Francia y, tras la época de los grandes descubrimientos, se implantó en todos los continentes. Es así como en 1694, el arroz llega a Carolina del Sur (USA), proveniente probablemente de Madagascar y los españoles lo llevan a América del Sur a principios del siglo XVIII (UNCTAD 2002).

2.1.2 Taxonomía (Chávez, citado por López 2006).

Clase: Monocotiledónea

Orden: Glumiflora

Familia: Poaceae

Subfamilia: Panicoideae

Tribu: Orizae

Subtribu: Orizineas

Género: *Oryza*

Especie: *sativa*.

2.1.3 Morfología

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

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

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

2.1.4 Órganos vegetativos

2.1.4.1 Raíz

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

2.1.4.2 Tallo

El tallo se forma de nudos y entrenudos alternados, siendo cilíndrico, nudoso, glabro y de 60-120 cm. de longitud (InfoAgro 2002).

La resistencia del tallo es un factor importante en las variedades para evitar en lo posible el acame.

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

2.1.4.3 Hojas

Las hojas están dispuestas en ángulo con el tallo, en dos hileras, una en cada nudo. La hoja más alta por debajo de la panoja es conocida como la hoja bandera (Chávez 1992). La última hoja (hoja bandera) y la penúltima, sintetizan un 75% de los carbohidratos que son distribuidos hacia el grano (CIAT 1985).

2.1.5 Órganos florales

2.1.5.1 Panícula

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

2.1.5.2 Espiguillas

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

2.1.6 Fases de desarrollo

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

2.1.6.1 Fase vegetativa

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

Etapa 0:

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

Etapa 1. Plántula

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

Etapa 2. Macollamiento

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

Etapa 3. Elongación del tallo

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

2.1.6.2 Fase reproductiva

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

Etapa 4. Iniciación de la panícula

Esta etapa comienza a partir de la diferenciación del meristemo floral en el punto de crecimiento y marca el fin de la fase vegetativa e inicio de la fase reproductiva (Grist 1982).

Etapa 5. Desarrollo de panícula

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

Etapa 6. Floración

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

Etapa 7. Estado lechoso

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

Etapa 8. Estado pastoso

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

Etapa 9. Maduración

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

2.1.7 Ecología del cultivo

En Costa Rica, el arroz puede cultivarse desde los 0 hasta 850 m.s.n.m., por lo que puede adaptarse a diversas zonas productivas (Monge 1987).

El cultivo requiere de altas temperaturas y abundante radiación solar, además de una alta disponibilidad de agua, la cual es considerada como el requisito más crítico en su producción (Chávez 1992).

2.1.7.1 Características climáticas

La temperatura influye sobre el crecimiento y desarrollo de la planta de arroz. Las distintas fases de desarrollo de la planta de arroz (Cuadro 1), tienen sus requerimientos de temperatura. Sin embargo, un rango general de temperatura varía entre 18 y 35°C, siendo más adecuadas las temperaturas mayores.

Las temperaturas bajas durante la fase de floración pueden causar debilitamiento de las plantas predisponiéndolas al ataque de plagas (Monge 1987).

Cuadro 1: Temperaturas críticas para las diferentes etapas de desarrollo en el cultivo de arroz.

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

Fuente: CONNITTA 1991.

Las necesidades de radiación solar para el cultivo de arroz son distintas para los diferentes estados de desarrollo de la planta.

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.

El arroz no solamente se cultiva en condiciones de irrigación, sino también en condiciones de secano, en donde la precipitación pluvial es el único medio en el cual, la planta de arroz toma el agua necesaria para su crecimiento, desarrollo y producción del grano (Murillo1982, González 1982).

Chávez (1992) indica que el cultivo se presenta en un secano 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.

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

La humedad relativa, la temperatura y la precipitación son muy importantes en lo que se refiere a la fitopatología del cultivo. La humedad relativa tiene gran influencia en la evaporación y transpiración de la planta (Murillo1982).

Entre más alta es la humedad relativa más se favorecen algunos patógenos como *Pyricularia grisea* cuya incidencia aumenta cuando la humedad relativa es mayor al 90% (Chávez 1992). La humedad relativa óptima para el cultivo, está ubicada entre 80 y 90% (CIAT 1985).

2.1.8 Enfermedades del arroz

Las enfermedades más comunes e importantes en este cultivo son las siguientes:

2.1.8.1 Piricularia (*Pyricularia oryzae*)

Constituye el principal problema fitopatológico del arroz, debido a que el hongo manifiesta gran capacidad destructiva. Los ataques críticos ocurren en plántulas y floración; las lesiones foliares típicas son alargadas con extremos puntiagudos (forma de rombo), de bordes marrón-rojizo y centros grisáceos. La extensión y confluencia de varias manchas producen secamiento parcial o total de la lámina foliar (OFIARROZ 2001).

2.1.8.2 Helminthosporium (*Helminthosporium oryzae*)

Se encuentra asociada con baja fertilidad del suelo y daños radicales por insectos. El hongo infecta en cualquier etapa del cultivo; sin embargo, las incidencias más críticas a la planta ocurren al final del cultivo. Las lesiones foliares varían desde pequeños puntos hasta manchas circulares u ovals que se distribuyen casi uniformemente por toda la lámina foliar; la coloración marrón inicial se torna más clara en el centro y aparece con frecuencia un halo amarillento (OFIARROZ 2001).

2.1.8.3 Sarocladium *oryzae*

Los daños se visualizan en las vainas de las hojas superiores, particularmente en la llamada bandera, en forma de manchas oblongas con centros grises y bordes marrones, llegando en algunos casos a cubrir toda el área de la vaina. En infecciones severas, las panículas no emergen totalmente o lo hacen parcialmente acompañadas por pudriciones que impiden la producción de granos (OFIARROZ 2001).

2.1.8.4 Hoja blanca

Enfermedad de origen viral, cuyo agente trasmisor es el insecto sogata (*Tagosodes orizicolus*). Los síntomas típicos en las hojas son puntos amarillentos

muy bien definidos sobre el verde normal de la hoja. Los puntos se fusionan formando estrías discontinuas blancuzcas paralelas a las venas. Las rayas se fusionan a lo largo y ancho de la lámina foliar conformando bandas blancuzcas de bordes o márgenes irregulares (OFIARROZ 2001).

2.1.8.5 *Rhizoctonia solani*

Los síntomas se localizan en las vainas del tercio basal del tallo, posteriormente se observan en la lámina foliar de las hojas bajas. La lesión típica tiene forma elíptica irregular, color verde grisáceo con centro blanco plateado, rodeada por un margen café rojizo (OFIARROZ 2001).

2.2 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 los autores recomiendan realizar periódicamente diagnósticos de nematodos (Naranjo y Campos, citados por López 2006).

López (2006), en estudio realizado en la Región Huetar Norte, encontró que los géneros de mayor presencia en las plantaciones de arroz fueron: *Pratylenchus*, *Meloidogyne*, *Helicotylenchus*, *Tylenchorhynchus*, *Tylenchus* y *Criconomella*, en orden de importancia. *Pratylenchus* spp. puede ser considerado el nematodo de mayor importancia en los arrozales de la región Huetar Norte, debido a que fue el que presentó las mayores densidades poblacionales y estuvo presente en un 100% de las muestras de raíz, así mismo tomó la segunda posición en cuanto a frecuencia y densidad poblacional en muestras de suelo.

Sancho y Salazar (1985) elaboraron un trabajo de reconocimiento de los nematodos parásitos del arroz en el sureste de Costa Rica, con el cual encontraron que *Helicotylenchus* sp. fue el nematodo más común en estos suelos; le siguieron en orden descendente *Criconemella anoensis*,

Tylenchorhynchus annulatus, *Tylenchus* sp., *Pratylenchus 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.

2.2.1 *Helicotylenchus* sp.

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

2.2.2 *Pratylenchus* sp.

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

2.2.3 *Meloidogyne* sp.

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

Causa malformaciones de las raíces primarias y secundarias denominadas agallas algunas veces les causan bifurcaciones. Según Román (1978) no hay evidencia de reducción del rendimiento cuando las poblaciones son altas, lo cual indica que la planta tolera ataques fuertes del nematodo. El nematodo es endoparásito sedentario, por lo que debe establecer un sitio de alimentación, que en este caso es el cilindro vascular en el que ocurre un aumento en el número células que van a dar origen a las agallas, además de un incremento en el tamaño de las células denominadas "células gigantes", causando disrupción de los tejidos vasculares y como consecuencia las raíces tienen dificultad para absorber el agua y los nutrientes.

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

2.3 Otros Nematodos relacionados al cultivo

2.3.1 *Hirschmaniella orizae*

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

2.3.2 *Ditylenchus angustus*

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

2.3.3 *Aphelenchoides besseyi*

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

2.4 Ciclo de vida de los nematodos

El ciclo de vida se inicia con la eclosión de los huevos y seguidamente la invasión de la raíz por los estadíos infectivos. Estos estadíos son larvas de vida libre que habitan en la micela de agua presente en los suelos y que necesitan penetrar en la raíz para completar su ciclo reproductivo. Cuando estos estadíos alcanzan la raíz, comienzan a explorar su superficie y seleccionan una región particular para penetrar. Esta región es la zona de elongación; donde las células del meristemo apical se preparan para la diferenciación celular. Han sido propuestas algunas posibilidades para la selección de este sitio, desde el reconocimiento de moléculas específicas en la superficie de la raíz hasta señales físicas o químicas (FAO 2003).

Una vez que se produce el reconocimiento de esta región entonces se produce la invasión. Al penetrar la raíz se produce una migración intercelular o intracelular según el tipo de nematodo, que concluye en el cilindro vascular. Los nematodos seleccionan entonces una célula específica como precursora para la formación de un sitio de alimentación (SA), estructura en la que permanecen durante su desarrollo, hasta completar su reproducción. Las células que conforman estas estructuras dejan de manifestar su patrón normal de crecimiento, su maquinaria biosintética se pone al servicio del nematodo (FAO 2003).

Poco después de iniciada la alimentación los nematodos comienzan a inmovilizarse. En el interior de los tejidos sufren tres mudas, hasta alcanzar su

madurez sexual. Los machos abandonan la raíz y las hembras comienzan a engrosar su cuerpo. Como resultado de este engrosamiento provocan la ruptura de los tejidos quedando conectados con su estilete al sitio de alimentación y el resto del cuerpo expuesto en la superficie de la raíz. Los huevos igualmente quedan en el exterior de los tejidos hasta su eclosión. Pueden estar dentro de la hembra formando quistes (nematodos formadores de quistes) o inmersos en una matriz gelatinosa (nematodos de agallas). Dentro de los huevos se forma el primer estadio larval y se produce la primera muda antes de alcanzar el estado en el cual eclosionan. La producción de huevos es un proceso muy perjudicial para la planta infectada. La formación de los mismos supone una gran demanda de agua, nutrientes y fotoasimilados (FAO 2003).

En el caso de los nematodos formadores de quistes el macho se desarrolla más rápido. Se plantea que deja de alimentarse después de la tercera muda y emerge de la cutícula en estado de J3 moviéndose hacia las hembras guiado por la atracción de feromonas. La mayoría de las especies exhiben una reproducción sexual. El ciclo se desarrolla entre 3 y 8 semanas, dependiendo del hospedero y de las condiciones ambientales. Con el tiempo, el cuerpo del nematodo se endurece dando lugar a la formación de un quiste (FAO 2003).

En los nematodos formadores de nódulos la reproducción es partenogenética, aunque se encuentran machos. Como resultado de la infección se forma una agalla o nódulo en la raíz frecuentemente empleado para diagnosticar la infección. La extensión de la agalla depende de la población de nematodos en particular y de la especie hospedera. El ciclo de vida dura aproximadamente 6 semanas, al finalizar el nematodo muere y la célula gigante degenera (FAO 2003).

2.5 Distribución de los nematodos en el suelo

El estudio de las poblaciones de nematodos es afectado grandemente por la complejidad y dinámica de las mismas. La población de una especie o especies de nematodos varía dentro del suelo, en sentido vertical y horizontal.

La dinámica de una población es su desarrollo en el tiempo y en el espacio, y está determinada por factores que actúan en el organismo, en la población y en el medio ambiente. Se refiere a la dispersión, a la densidad y al crecimiento.

La distribución horizontal de un nematodo se ve afectada por la interacción de algunos factores como la distribución de especies vegetales presentes, topografía del terreno, tipo de suelo, prácticas culturales y el comportamiento mismo del individuo involucrado (González 1978).

La distribución de los nematodos en el plano vertical de un terreno cultivado es generalmente irregular. Según Figueroa, citado por Montero (1993) en los suelos agrícolas, el movimiento poblacional de los nematodos de cualquier especie parasitaria de las plantas, depende de su potencia reproductora, de la planta huésped y de la duración del periodo que el nematodo permanece en medio ambiente favorable para la reproducción.

Los nematodos están concentrados en los primeros 25–50 cm de profundidad según el tipo de labranza y material utilizado (Montero 1993).

2.6 Factores que afectan el desarrollo y reproducción de los nematodos

Jiménez (1991) dice que las poblaciones de nematodos tienden a aumentar y a disminuir a través del tiempo y son afectados tanto en número como en comportamiento por una serie de factores. Entre los factores que afectan las poblaciones de nematodos están: las condiciones de clima y de suelo, la fisiología de la planta, la presencia de otros organismos y las variaciones patogénicas del nematodo.

2.6.1 Las condiciones de Suelo

Según Jiménez (1991) los principales factores del suelo que afectan a los nematodos son: humedad, temperatura, tipo de suelo y fertilidad del suelo.

2.6.1.1 Humedad en el suelo

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

La sequía excesiva puede frenar o incluso matar al nematodo. Igual ocurre en el encharcamiento prolongado, que por falta de oxígeno en el suelo se ve afectado este organismo. Probablemente el contenido de humedad óptimo de éste se encuentre entre el 40 y 80 por ciento de la capacidad de retención del suelo.

Algunos autores citados por Aragón (1991) determinaron que el potencial de agua en el suelo influye directamente sobre la sobrevivencia de *Meloidogyne* sp. a -92 y -15 bars se duró 3 y 10 días respectivamente para que las poblaciones de este nematodo disminuyera al 50 %, mientras que a -1,1 bars el período de tiempo se extendió a 110 días.

2.6.1.2 Temperatura

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

Casi todos los nematodos parásitos de las plantas se tornan inactivos en una gama de temperaturas bajas entre 5 y 15 °C, la amplitud óptima es de 15-30 °C y se vuelven inactivos a temperaturas de 30-40 °C. Las temperaturas fuera de estos límites puede ser fatal (Jiménez 1991).

Sin embargo en un estudio de fluctuación poblacional de *Radopholus similis* realizado por Jiménez (1972) encontró que la temperatura del suelo a 30 cm de profundidad no juega un papel importante en las variaciones poblacionales.

2.6.1.3 Tipo de Suelo

Las actividades de los nematodos está relacionada con las características del suelo las cuales son: la granulometría, aireación, textura y características químicas, no obstante al existir gran variación entre estos factores es imposible

generalizar por lo cual no se puede establecer un tipo de suelo que sea ideal para todos los nematodos.

Algunos suelos livianos son generalmente más favorables para el desarrollo de estos organismos, esto es debido probablemente a que los suelos más livianos tienen una mejor aireación al tener partículas más grandes.

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

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

2.6.1.4 Fertilidad del suelo

El contenido de materia orgánica, la salinidad y el pH entre otros componentes del suelo pueden influir en las actividades de los nematodos, pues los diferentes factores edáficos están interrelacionados. Wallace *et al* (1993), utilizando un modelo estadístico llamado GLIM (Generalised Linear Interactive Modelling), encontró que algunos factores del suelo tuvieron una influencia más fuerte que otros. Las densidades de *Pratylenchus penetrans* fueron mayores cuando hubo un alto contenido de limo, pero fueron bajas donde las concentraciones de calcio excedieron los 20 cmol/kg, mientras que la capacidad efectiva de intercambio catiónico influyó en las poblaciones de *Tylenchus mauis* y *Criconomella* sp. En otro estudio similar se detectó altas densidades de *Heterodera glycines* conforme el pH y el Mg aumentaban (Congreso Nacional Agronómico 1996).

Además se señala que la aplicación de fertilizantes, especialmente en suelos secos crea altas presiones osmóticas que pueden alterar el comportamiento de *Meloidogyne* sp. (Congreso Nacional Agronómico 1996).

Estudios realizados en plantaciones de cítricos por Duncan y Cohn (1990, citados por Ortiz 2006), revelan que, la nutrición del árbol influye en los niveles de

población de *Tylenchulus semipenetrans*. Consecuentemente, reduce los contenidos minerales (Zn, Mn, Cu) en hojas de cítricos infectadas con *Tylenchulus semipenetrans* Cobb y genera incrementos de sodio a niveles tóxicos. Además dentro de este mismo trabajo indica que los niveles altos de CaCO_3 , Na o K en el suelo determinaron la aparición de síntomas de una deficiencia suave en Cu, Zn y, a veces Mn, con su correspondiente contenido bajo de estos cationes en las hojas, más acentuado en los árboles infestados por *Tylenchulus semipenetrans*.

2.6.2 Las condiciones de clima

Tanto la lluvia como la temperatura están vinculadas tanto en el crecimiento y desarrollo de nematodos como el de las plantas. A estos dos factores mencionados se vinculan con las fluctuaciones estacionales en las poblacionales de nematodos (National Academy of Science 1978).

Jiménez (1972) en su estudio de fluctuación poblacional de *Radopholus similis* en la zona bananera de Pococí, Costa Rica, demuestra en sus resultados que las poblaciones de nematodos en alto grado son dependientes al régimen de precipitación.

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

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

Jiménez (1972) señala que las fluctuaciones poblacionales de los nematodos no pueden atribuirse a las lluvias como factor directo, sino más bien a los efectos que de su influencia se derive como puede ser la reducción de oxígeno disponible

cuando el suelo se encuentra saturado o la incorporación al suelo de cantidades óptimas de humedad que beneficien la reproducción de los nematodos y su movilización libre.

2.6.3 Condición Fisiológica del Cultivo

Debido a que los nematodos se alimentan de las raíces y algunos completan su ciclo dentro de ellas, cualquier factor que afecte la condición fisiológica de la planta probablemente afectará la densidad poblacional (Tarté 1980).

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

2.7 Manejo convencional en el cultivo de arroz

En Costa Rica, el arroz se cultiva tanto en condiciones de irrigación como de secano, entendiendo esta última como la condición en la cual la precipitación pluvial es el único medio en el cual, la planta de arroz toma el agua necesaria para su crecimiento, desarrollo y producción del grano (Murillo 1982).

Bajo estas condiciones se señalan cinco zonas, donde el ciclo de siembra esta marcado por la aparición de las lluvias: Región Brunca, Pacífico Central, Huetar Norte, Chorotega y Huetar Atlántico. En estas regiones los productores inician las siembras entre los meses de marzo, abril y mayo.

En arroz de secano los productores acostumbran realizar varias aplicaciones de fertilizantes sobre la superficie del suelo, durante las diferentes etapas del cultivo. En el caso particular de la Región Huetar Norte de Costa Rica, cantón de Upala, la fertilización se realiza fraccionada, haciendo un total de cuatro aplicaciones durante el ciclo del cultivo, donde las dos primeras aplicaciones corresponden a

fórmulas fosforadas; la siguiente aplicación se hace utilizando una fórmula que contiene los elementos nitrógeno y potasio y finalmente en una cuarta aplicación se utiliza una fórmula nitrogenada (Anexo 3).

2.8 Manejo de Alta Productividad (MAP) en el cultivo de arroz

Es un sistema de producción basado en seis factores de manejo eficiente cuyos objetivos principales son reducir costos y aumentar la producción. El principal de estos factores es de carácter nutricional y consiste en la aplicación del 100% del fósforo, 40% de nitrógeno y el 40-50% del potasio a la siembra. El resto del potasio y nitrógeno se distribuye durante el inicio del macollamiento y diferenciación de la panícula. Los otros de los factores tomados en cuenta son: fechas de siembra, densidad de siembra, disponibilidad de agua, uso de semillas y control estricto de plagas (Chávez 2007¹).

¹ Chávez G. 2007. Manejo de Alta Productividad. Comunicación Personal. ITCR

3 MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo forma parte de un proyecto de carácter interinstitucional que se titula: “Identificación, cuantificación, caracterización y dinámica poblacional de nematodos en el cultivo de arroz en las regiones Huetar Norte y Atlántica de Costa Rica”. Dicho proyecto se da gracias al financiamiento conseguido por medio de varias instituciones entre ellas la Corporación Arrocera Nacional (CONARROZ) y el Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR).

3.1 Ubicación de la investigación

El presente estudio se llevó a cabo en cinco fincas en la zona de Upala. La región se caracteriza por contar con 3 864,90 hectáreas sembradas de arroz distribuidas en 93 fincas a manos de igual número de productores.

Esta zona se encuentra en una elevación promedio sobre el nivel del mar de 50 metros. Los terrenos en esta área son relativamente planos, con pendientes que van de 0 a 20% y sus suelos se clasifican dentro del orden de los Inceptisoles, son suelos porosos con alto contenido de materia orgánica y alta capacidad de almacenamiento de agua.

Estas fincas se encuentran en la zona tórrida, por lo tanto, tienen 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 2007).

La precipitación en Upala es variable, en promedio oscila entre 2000-2500 mm/año. La evapotranspiración anual de referencia o potencial es de 1100 a 1200 mm/año, mientras que la evapotranspiración real en promedio es de 900 a 1000 mm/año. La temperatura promedio es de 26°C, la humedad relativa es de 80-90% y una radiación solar de 3 a 5 horas diarias (SIRZEE 2007).

3.2 Población estudiada

Las fincas evaluadas son fincas destinadas a la producción comercial de arroz y fueron asignadas por la Corporación Arrocera Nacional (CONARROZ). Se contó

con cinco fincas manejadas convencionalmente y adicionalmente dos de éstas contaban con Manejo para la Alta Productividad (MAP). Las fincas se encuentran distribuidas a lo largo del cantón de Upala y corresponden a las siguientes:

- Finca CTP Upala: Propiedad de Colegio técnico profesional de Upala, ubicada en Upala centro.
- Finca Dueck: Propiedad de Andrés Dueck, se ubica en Upala 7 km camino hacia las Delicias y posee 2 clases de manejo, MAP y Convencional.
- Finca Saporro del Norte: Propiedad de Agrícola Saporro del Norte S.A., ubicada en San José de Upala. Se muestrearon áreas bajo manejo Convencional y MAP.
- Finca Juan Ortiz: Propiedad de Juan Ortiz, ubicada en Nazareth de Upala, manejo convencional.
- Finca Félix Artavia: Propiedad de Félix Artavia, ubicada en San Isidro de Yolillal, Upala. Manejo Convencional.

Los materiales utilizados en las fincas muestreadas, para este periodo fueron las variedades **CR 4477** para la mayoría de las fincas siendo la única excepción la finca propiedad de el señor Juan Ortiz el cual manejó el material conocido como **Palmar 18**.

La variedad **CR 4477** se presenta como una variedad de porte medio, con un periodo a cosecha de 115 días después de la siembra (DDS), con macollamiento intermedio y tolerante al acame y a enfermedades como *Piricularia*, *Helminthosporium* y Hoja blanca; susceptible a *Rhizoctonia*, *Pseudomonas* y *Sarocladium*.

Palmar 18 es una variedad con un buen potencial productivo, con un periodo a cosecha de 110 DDS, buen macollamiento. Susceptible a *Piricularia* y *Rhizoctonia*; tolerante a *Helminthosporium* (Chávez 2008²).

3.3 Toma de muestras

Se realizaron muestreos cada mes, iniciando el día 27 de junio y continuando hasta el día 9 de octubre del año 2007 (Anexo 1). En cada finca se muestrearon aproximadamente tres hectáreas; de cada hectárea se extrajeron cinco plantas de arroz, recolectando sistema radical y el suelo adherido a éste, conformando una muestra/ha, 3 muestras/finca (figura1).

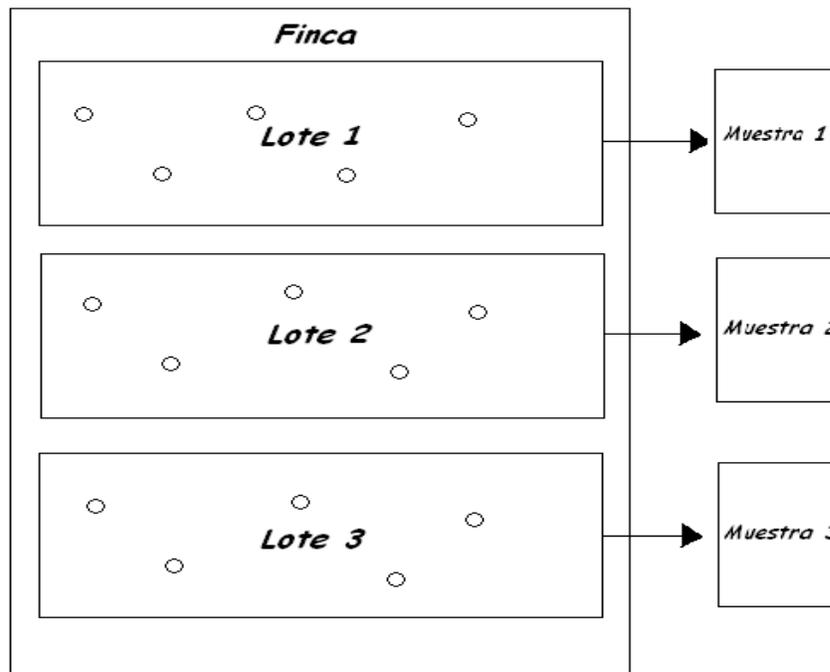


Figura 1 Diagrama de muestreo utilizado en las fincas en estudio, Upala, Alajuela, 2007.

Los puntos de donde se tomaron las muestras fueron seleccionados de manera aleatoria dentro de cada lote y cada punto se marcó mediante la utilización de

² Chávez G. 2008. Características de las variedades comerciales de arroz utilizadas en la Región Huetar Norte. Comunicación personal. CONARROZ, C. R.

GPS (Sistema de Posicionamiento Global), lo que permitió recuperarlo en cada muestreo (Anexo 2).

Las Muestras obtenidas en campo fueron transportadas, en hieleras debidamente acondicionadas con el fin de mantenerlas en buen estado para el proceso de extracción y posterior análisis en el laboratorio de Nematología de la Escuela de Agronomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede San Carlos.

3.4 Análisis de muestras en Laboratorio

Una vez en el laboratorio se procedió a darles el debido proceso a las muestras, lo que implicaba extraer los nematodos de las raíces y suelo, para posterior conteo e identificación. Los procedimientos de extracción empleados fueron, según lo indica Esquivel (2005), para cada caso:

3.4.1 Raíces

Se lavaron las raíces, se seleccionaron las funcionales y se cortaron en trozos pequeños de aproximadamente 1 cm, se pesaron 25 gramos de estas y se procesaron mediante, el método de Licuado-tamizado-centrifugado en solución azucarada como se describe a continuación: la raíz se licúa en 50 ml de agua durante dos fases 10 segundos a velocidad baja y 10 segundos a velocidad alta, luego se pasa por un juego de cribas superpuesto de 35, 100,170 y 400 mesh, el material obtenido en la criba de 400 mesh se pasa a un Beacker con la ayuda de una pizeta para evitar pérdidas de nematodos. Esta solución se homogeniza y pasa a tubos de centrifugación donde se centrifuga durante cinco minutos a 3000 rpm y se elimina el sobrenadante, luego se vuelven a llenar los tubos, pero esta vez con solución azucarada (484g/ litro) para realizar una segunda centrifugación a 3000 rpm por cinco minutos, con esto los nematodos flotan en la solución azucarada la cual se vierte en el tamiz de 400 mesh este se lava cuidadosamente para eliminar el azúcar, finalmente se recolectan los nematodos del tamiz en un tubo de ensayo con capacidad 10ml.

El conteo se realizó tomando una alícuota del tubo de ensayo, de 3 ml y colocándola en una cámara cuenta 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 dicotómicas de Mai y Lyon (1960), el manual de Fitonematología 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.

3.4.2 Suelo

Las muestras de suelo provenientes de campo se homogenizaron, se eliminaron las raíces, y piedras, se pesaron 30 gramos y se colocaron en un papel filtro, para luego colocarlas en un embudo de plástico con una manguera adherida a la parte inferior y en la cual se acopla un pequeño recipiente conocido como “vial” para recoger los nemátodos (Figura 2). A la muestra se le adicionó agua hasta un centímetro bajo la parte superior del embudo y se dejó reposar durante 72 horas. Después de este periodo se recogió el vial de capacidad aproximada 5 ml, 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.

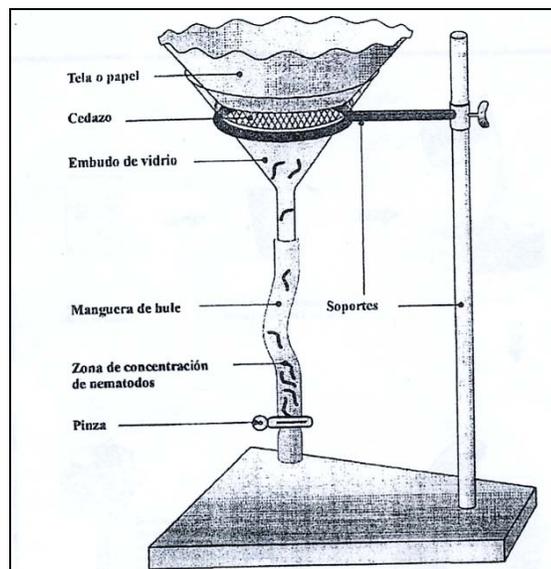


Figura 2. Técnica del Embudo de Bearmann empleado para la extracción de nemátodos presentes en Suelo (Esquivel 2005).

3.5 Variables Evaluadas

Las variables evaluadas fueron, géneros de nemátodos según Zuckerman *et al.* (1990), densidades de nemátodos presentes en suelo y raíz según las técnicas de extracción de nematodos de Esquivel (2005) aplicadas al cultivo de Arroz en la Zona Huetar Norte de Costa Rica, porcentajes relativos de nemátodos presentes en suelo y raíz , variaciones de género y poblacionales encontradas en un periodo definido de tiempo (Dinámica poblacional) bajo dos tipos de manejo (convencional y MAP).

3.6 Análisis de suelo

A todas las fincas abarcadas se les realizó un muestreo de suelos hacia el final del ciclo del cultivo, de manera sistemática y a una profundidad de aproximadamente 15 cm, este se llevó al laboratorio de suelos y foliares de CAFESA donde se determinó la condición nutricional de cada una de las muestras y a los resultados obtenidos de dicho análisis, se les correlacionó estadísticamente con las poblaciones de nematodos encontradas.

3.7 Descripción del estudio

Por tratarse de fincas comerciales de arroz, no se estableció un diseño de muestreo basado en criterio científico, sino que las fincas fueron asignadas por la Corporación Arrocera según criterio dirigido a los intereses de la institución y a la disposición de los productores a colaborar con la investigación. Los muestreos fueron realizados mensualmente, considerando la capacidad de almacenamiento y procesamiento de las muestras en laboratorio.

3.8 Análisis de Datos

Los géneros y densidades presentes fueron analizados utilizando estadística descriptiva. También se aplicó estadística inferencial que incluyó análisis de tendencia. Se empleó regresión lineal para conocer la relación entre el comportamiento de las poblaciones de nematodos con las variables climáticas (humedad, temperatura) y las condiciones de suelo (pH, fertilidad).

4 RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Géneros y poblaciones de nemátodos fitoparásitos asociados al cultivo de Arroz en el cantón de Upala en la región Huetar Norte de Costa Rica

Los géneros encontrados en la región asociados al cultivo de arroz fueron básicamente *Pratylenchus*, *Meloidogyne*, y *Helicotylenchus*, además de géneros de vida libre y algunos otros con frecuencias y poblaciones bajas tales como *Criconomella* (Figura 3). Estas observaciones coinciden con lo reportado por López (2006), para las plantaciones abarcadas en la Región Huetar Norte y a la vez concuerdan con los géneros mencionados por Fortuner y Merny (1979) como nematodos parásitos de la raíz de arroz en regiones de América.



Figura 3. Géneros de nematodos asociados al cultivo de arroz (*Oryza sativa*). Upala, Región Huetar Norte, Costa Rica. 2007.

Ya identificados los géneros de nematodos fitoparásitos presentes en las plantaciones de la zona, la cuantificación de estos mostró los niveles de infección representados por cada uno de ellos y se determinó que los géneros predominantes en raíz fueron *Pratylenchus* sp. y *Meloidogyne* sp., de los cuales el género *Pratylenchus* se presentó en mayor cantidad. En un tercer nivel de importancia se muestra el género *Helicotylenchus*.

El Cuadro 2 muestra los valores promedio de los conteos nematológicos, revelando la importancia de los géneros ya mencionados, en donde *Pratylenchus* alcanza valores que van desde 1 061 hasta 96 678 nematodos en 100g de raíz; el segundo en importancia, *Meloidogyne*, presenta valores desde 9, como mínimo, hasta un valor máximo de 78 415 nematodos en 100g de raíz. Los niveles de *Helicotylenchus* (23 - 2 000/100g de raíz) son bajos en relación a los dos géneros anteriores.

Cuadro 2. Estadística Descriptiva de los principales géneros de nematodos presentes en raíz y suelo para el cultivo de arroz (*Oryza sativa*). Upala, Alajuela, Junio – Noviembre, 2007.

	Cantidad de Muestras	Minimo	Maximo	Media
Total nematodos en raíz	31	3.052	108.012	35.569
<i>Pratylenchus</i> en raíz	31	1.062	96.679	21.113
<i>Meloidogyne</i> en raíz	30	9	78.416	10.456
<i>Helicotylenchus</i> en raíz	30	23	2.000	518
Nematodos de Vida Libre en raíz	31	116	10.762	4.030
Total de nematodos en suelo	32	13	290	93
<i>Pratylenchus</i> en suelo	32	0	61	13
<i>Meloidogyne</i> en suelo	32	0	25	2
<i>Helicotylenchus</i> en suelo	32	0	45	9
Nematodos de Vida Libre en suelo	32	9	221	69

* Densidades poblacionales dadas en 100g de raíz.

En suelo los géneros predominantes fueron nematodos de Vida Libre; los géneros fitoparásitos se comportaron de forma similar al caso en raíz, hubo una dominancia leve del género *Pratylenchus* (con un máximo de 61 nematodos /100g de suelo), seguido por *Helicotylenchus* (45 nematodos /100g de suelo) y finalmente *Meloidogyne* (un máximo de 25 nematodos /100g de suelo).

Pratylenchus sp., según Suárez y Rosales (2004), se clasifica como endoparásito migratorio lo cual explica el hecho de que se encuentre tanto en raíz como en suelo; en el caso de *Helicotylenchus* spp. estos mismos autores lo señalan como una especie ectoparásita, pero puede comportarse como endoparásito migratorio, lo cual justifica que se encuentre en ambas muestras y la predominancia en suelo sobre el género *Meloidogyne* spp. el cual siendo endoparásito sedentario, cumple su ciclo dentro de la raíz, pero que en estadios juveniles se puede encontrar en suelo.

La Figura 4 muestra el porcentaje relativo de géneros predominantes en cada una de las fincas muestreadas, referidas a los nematodos extraídos en raíz, y se nota una mayor presencia del género *Pratylenchus* sp., sobre los demás encontrados, lo cual coincide con lo reportado por López (2006), para la Región Huetar Norte.

Se puede observar que del total de siete fincas evaluadas, *Pratylenchus* sp., aparece dominando sobre los demás en cuatro fincas y no deja de ser importante en las otras restantes. Se resalta también la importancia de *Meloidogyne* sp., en las fincas con manejo MAP y en dos más con manejo Convencional.

En la Figura 4 se observa como en las fincas evaluadas de Upala algunos de los dos géneros principales (*Pratylenchus* y *Meloidogyne*) dominan el porcentaje relativo de nematodos presentes en la raíz, esto lleva a hablar de un posible antagonismo entre *Pratylenchus* sp. y *Meloidogyne* sp. Umesh (1994) en un experimento efectuado en cebada, define la competencia entre las especies *P. neglectus* y *M. chitwoodi*, indicando que la especie que parasitó primero las raíces

impidió la penetración y desarrollo de la otra. Fernández (2008)³ explica que este efecto se debe al daño que causa en los tejidos el género que invade en primera instancia; es decir si *Pratylenchus* sp. coloniza primero el sistema radical de la planta, la lesión de la epidermis radical con posterior necrosamiento de los tejidos (daño característico de este género) reduce la disponibilidad de alimento a *Meloidogyne* sp. lo cual no le permite establecerse y colonizar; de igual forma, en caso de que *Meloidogyne* sp. ingrese primero complica el establecimiento de *Pratylenchus* sp.

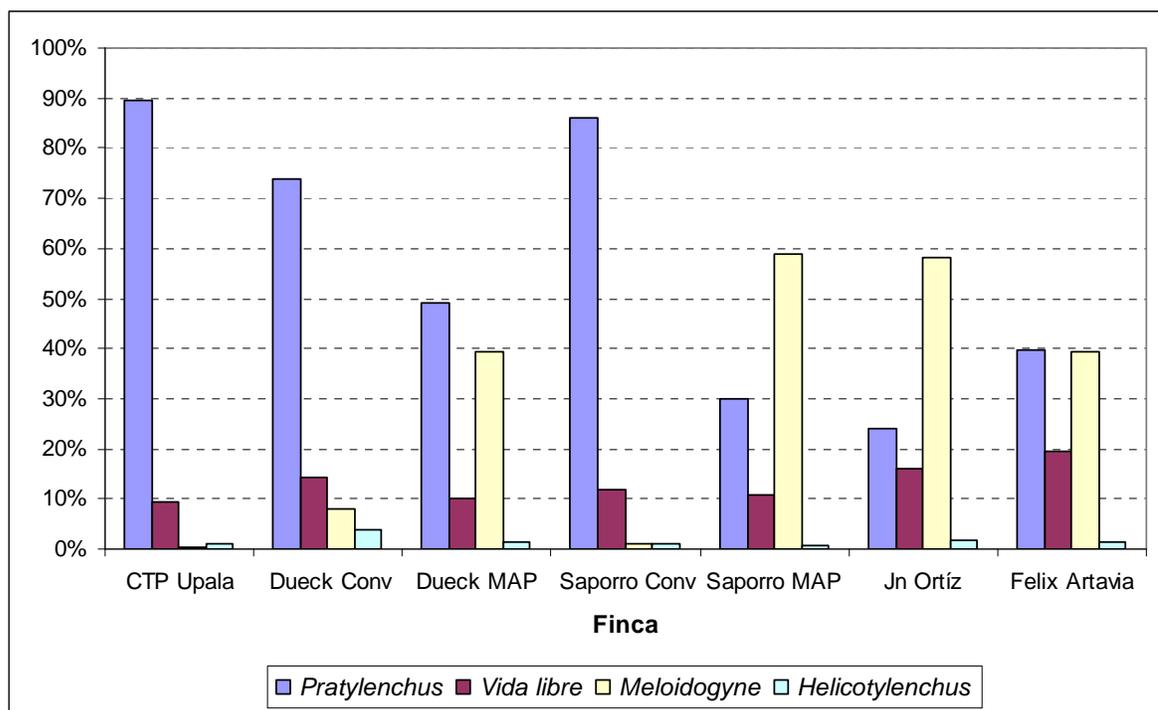


Figura 4. Porcentaje relativo de géneros predominantes en muestras de raíz de arroz (*Oryza sativa*). Upala, Alajuela. Junio – Noviembre, 2007.

El comportamiento de las poblaciones en suelo (Figura 5), deja ver la predominancia de Nematodos de Vida libre, los cuales según Ramón de Lara *et al.* (2003) se encuentran prácticamente en todos los medios y su abundancia esta en

³ Fernández, E. 2008. Antagonismo entre especies de nematodos. Comunicación personal. INISAV, Cuba.

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. Para el caso de los fitoparásitos se mantiene *Pratylenchus* como el género dominante y se releva a un tercer puesto el género *Meloidogyne* por una mayor presencia de *Helicotylenchus*, lo que es considerado normal debido a su hábito como ectoparásito y la naturaleza de *Meloidogyne* como endoparásito sedentario, según lo describen Suárez y Rosales (2004).

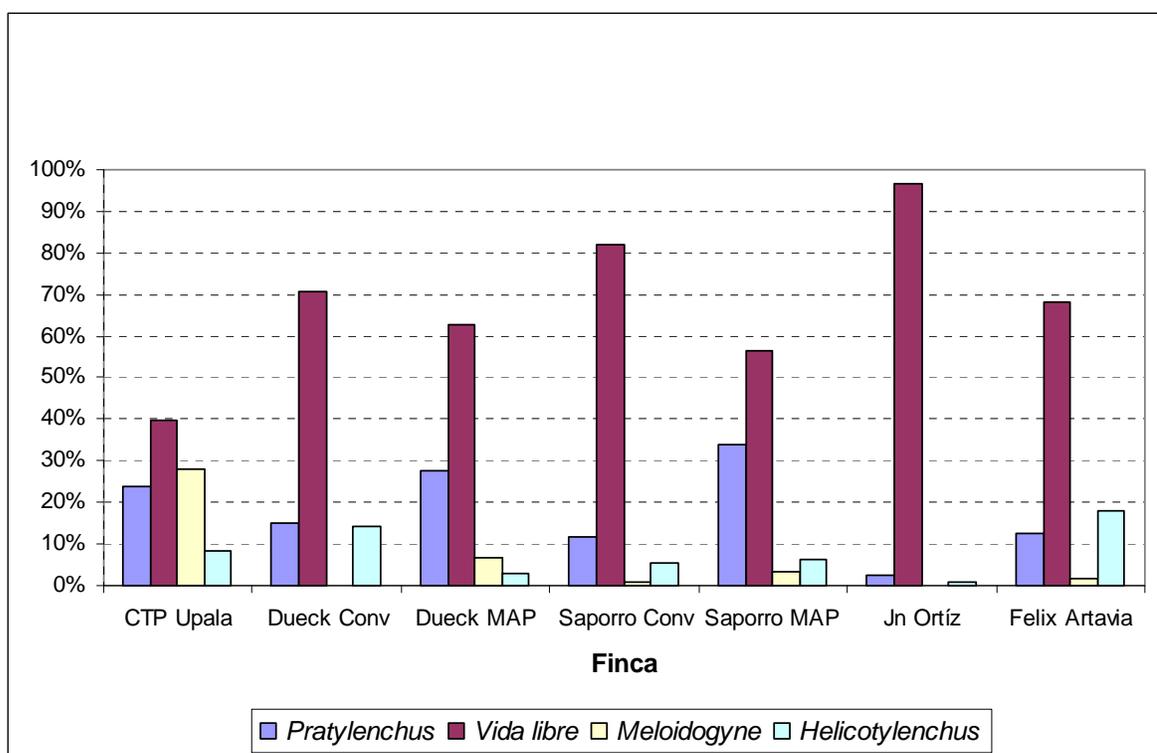


Figura 5. Porcentaje relativo de géneros predominantes en muestras de suelos de arroz (*Oryza sativa*). Upala, Alajuela, Junio-Noviembre 2007.

4.2 Dinámica poblacional de géneros de nematodos en plantaciones de arroz (raíz y suelos) en el cantón de Upala, región Huetar Norte de Costa Rica

En todos los casos, las fincas en las cuales se realizaron los muestreos, presentaron una marcada tendencia al crecimiento en la cantidad de nematodos totales, conforme aumentaba la cantidad de días después de la siembra (DDS), esto se puede ver explicado por un mayor desarrollo radical de la planta debida al crecimiento de la misma, con lo cual le aumenta la disponibilidad de alimento a estas especies parásitas, mejorando las condiciones para la reproducción y colonización de los mismos (Figura 6).

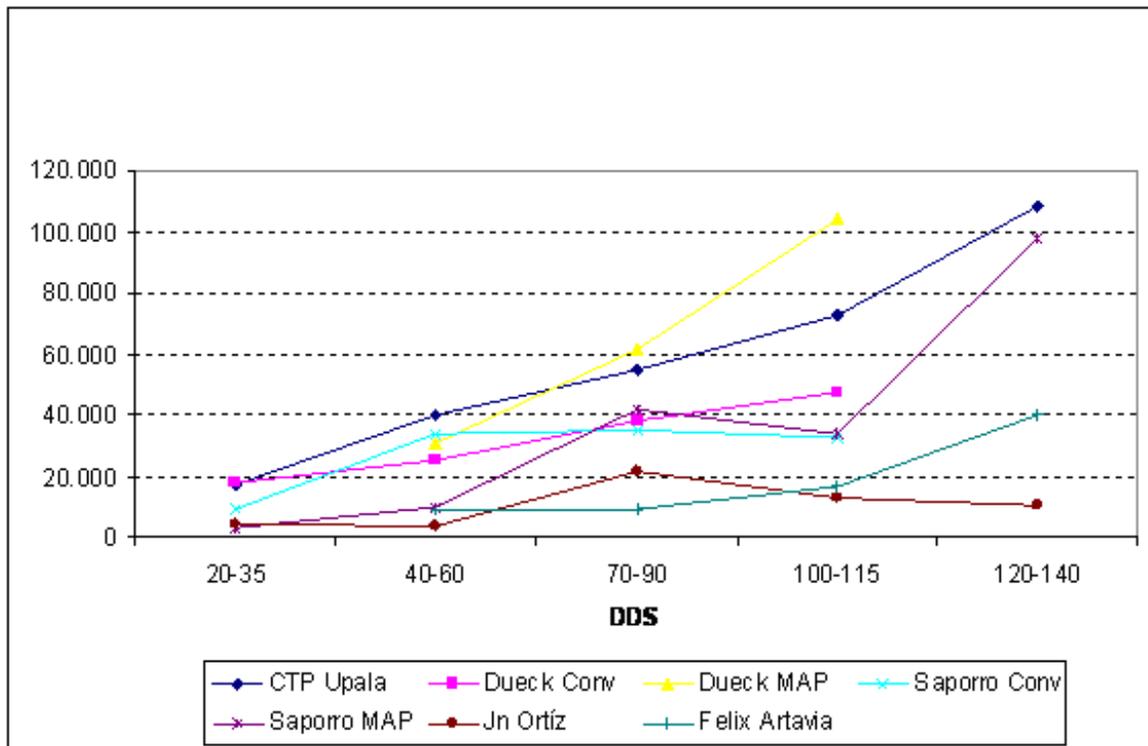


Figura 6. Comportamiento poblacional de nematodos totales en raíz de arroz (*Oryza sativa*). Fincas Arroceras. Upala, Alajuela, Junio – Noviembre 2007.

Existe una marcada tendencia al aumento en las densidades poblacionales de nematodos a través del tiempo. Se observa que existen diferencias en los niveles de infección en las diversas fincas (Figura 6), lo cual probablemente puede

deberse a distintos niveles en la colonización inicial, o a medidas de manejo aplicadas a cada caso particular.

4.2.1 Finca CTP Upala

Esta finca presentó desde un inicio niveles elevados, dentro de los cuales se nota que la mayor influencia la presentó en todo momento el género *Pratylenchus*. Se puede ver que la línea que señala el total de nematodos está definida por la mayor presencia de *Pratylenchus*, dejando los otros géneros con niveles muy bajos en comparación con éste (Figura 7).

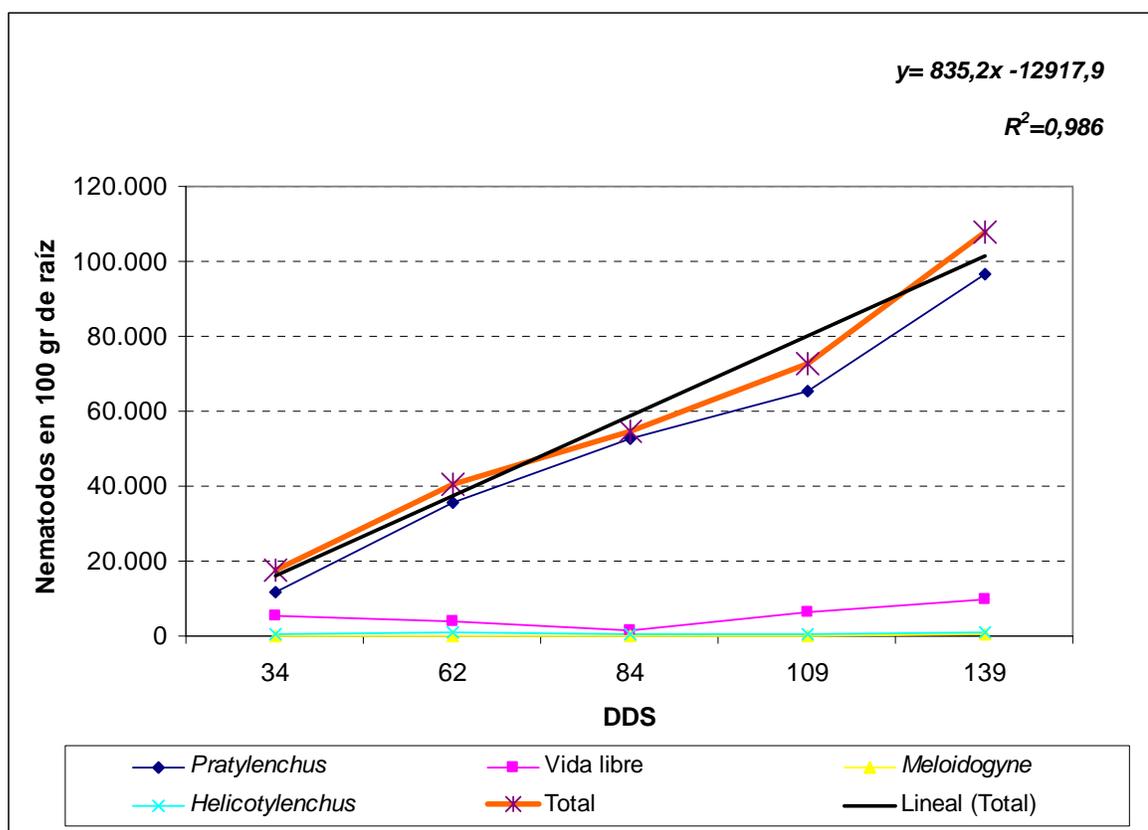


Figura 7. Comportamiento poblacional de los principales géneros de nematodos de vida libre y totales en raíz de arroz (*Oryza sativa*), finca CTP. Upala, Alajuela, Junio - Noviembre 2007.

El análisis de regresión para este caso particular, revela un ajuste lineal con un R^2 de 0,98 lo que lo define como de crecimiento constante a través del tiempo con un ajuste muy adecuado de todos los puntos.

En los análisis de las muestras de suelo, se presenta la misma tendencia creciente, pero definida por la aparición de nematodos de vida libre y *Helicotylenchus*, sobre las poblaciones de los demás géneros (Figura 8).

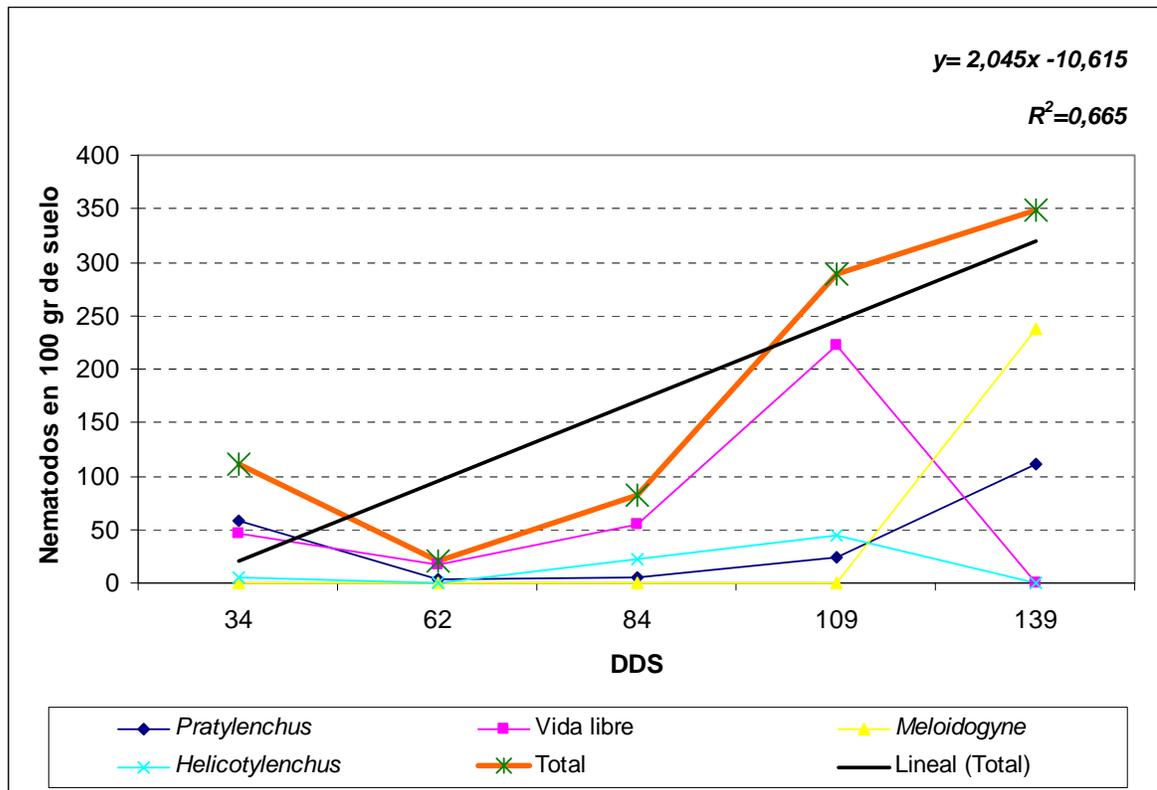


Figura 8. Comportamiento poblacional de los principales géneros de nematodos de vida libre y totales en suelo de arroz (*Oryza sativa*), finca CTP. Upala, Alajuela, Junio – Noviembre 2007.

En este caso la tendencia no presenta un ajuste tan bueno como en el caso de raíz, esto lo refleja su coeficiente de determinación (0,665), se nota una leve disminución del total de géneros hacia los 62 días después de siembra, pero continua el crecimiento.

4.2.2 Finca Dueck, Manejo Convencional

Este caso al igual que el anterior, muestra un aumento en las poblaciones en forma lineal, aunque los niveles de infección, en comparación con la finca anterior, son apenas la mitad. Sin embargo es notable como las poblaciones del género *Pratylenchus*, son las predominantes (Figura 9).

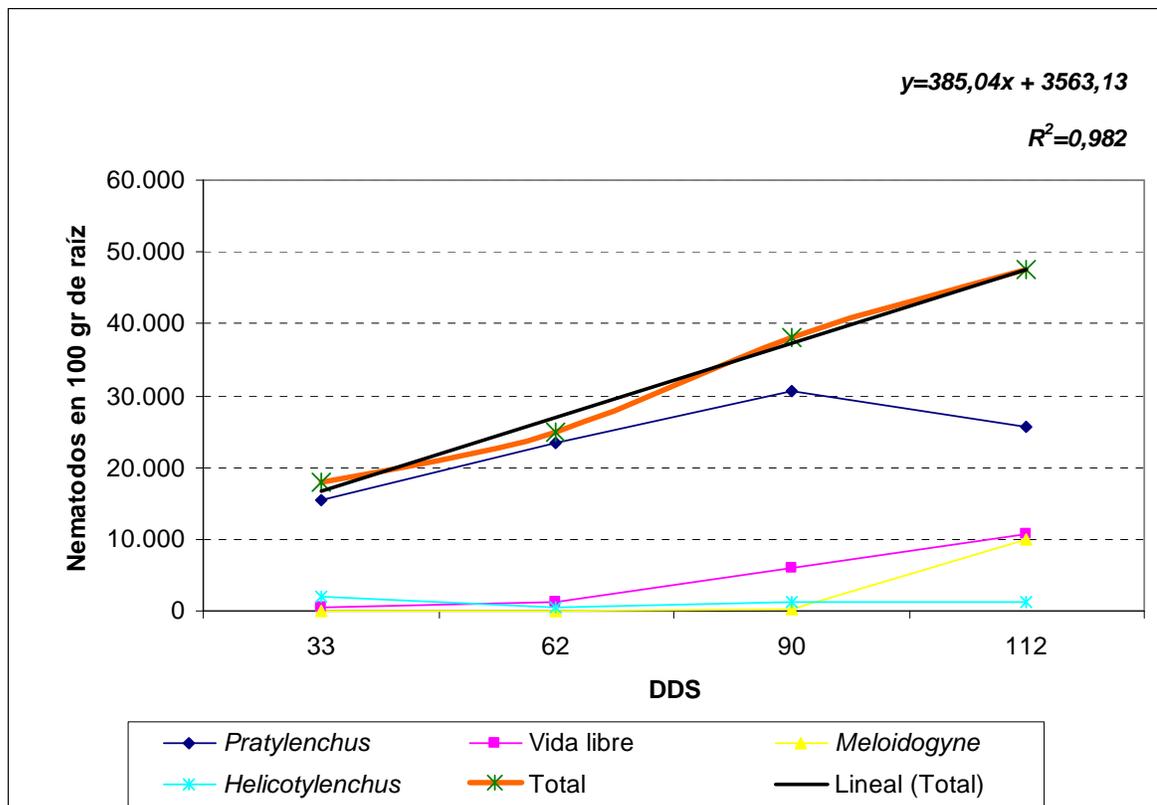


Figura 9. Comportamiento poblacional de los principales géneros de nematodos de vida libre y totales en raíz de arroz (*Oryza sativa*), finca Andrés Dueck, manejo Convencional. Upala, Alajuela, Junio - Noviembre 2007.

Nuevamente se refleja un comportamiento constante creciente en las poblaciones totales de nematodos, entre los cuales el género *Pratylenchus* presenta las mayores poblaciones en todo momento, aún así y cuando al final del ciclo se nota una caída de este, pero a la vez se muestra un aumento de *Meloidogyne* lo cual pone de evidencia una vez más la posible competencia entre estos géneros que ha sido citada por Umesh (1994) y Fernández (2008).

Mientras tanto el comportamiento de las poblaciones en suelo, presentó una tendencia a la disminución gradual, definida principalmente por la baja en las poblaciones de nematodos de vida libre, los cuales fueron el grupo dominante. En el caso de los géneros fitoparásitos se da una predominancia leve del género *Pratylenchus*, aunque en niveles muy bajos, seguido por el género *Helicotylenchus* (Figura 10).

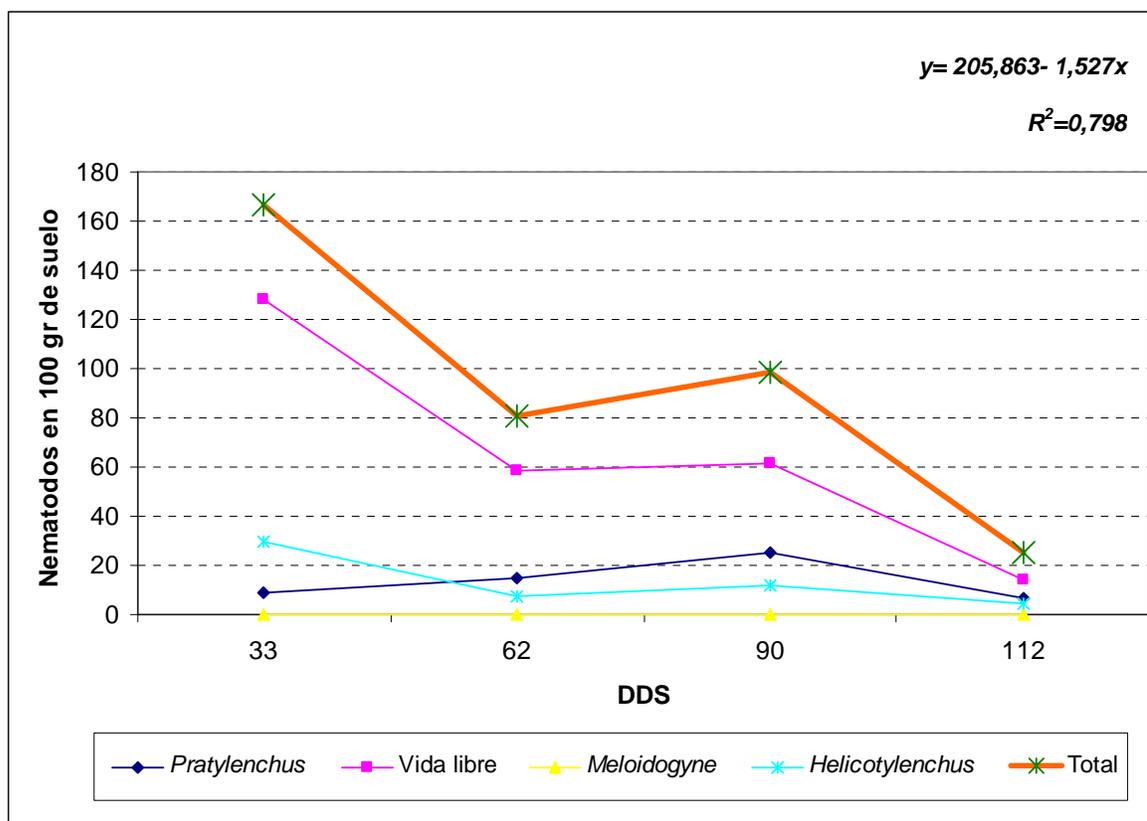


Figura 10. Comportamiento poblacional de los principales géneros de nematodos de vida libre y totales en suelo de arroz (*Oryza sativa*), finca Andrés Dueck, manejo Convencional. Upala, Alajuela, Junio - Noviembre 2007.

4.2.3 Finca Dueck, Manejo Alta Producción (MAP)

El comportamiento en raíz de los nematodos de esta finca se adapta a un modelo de regresión lineal, lo cual predice un crecimiento constante en el tiempo, indicado como acertado por un coeficiente de determinación excelente (0,97) (Figura 11).

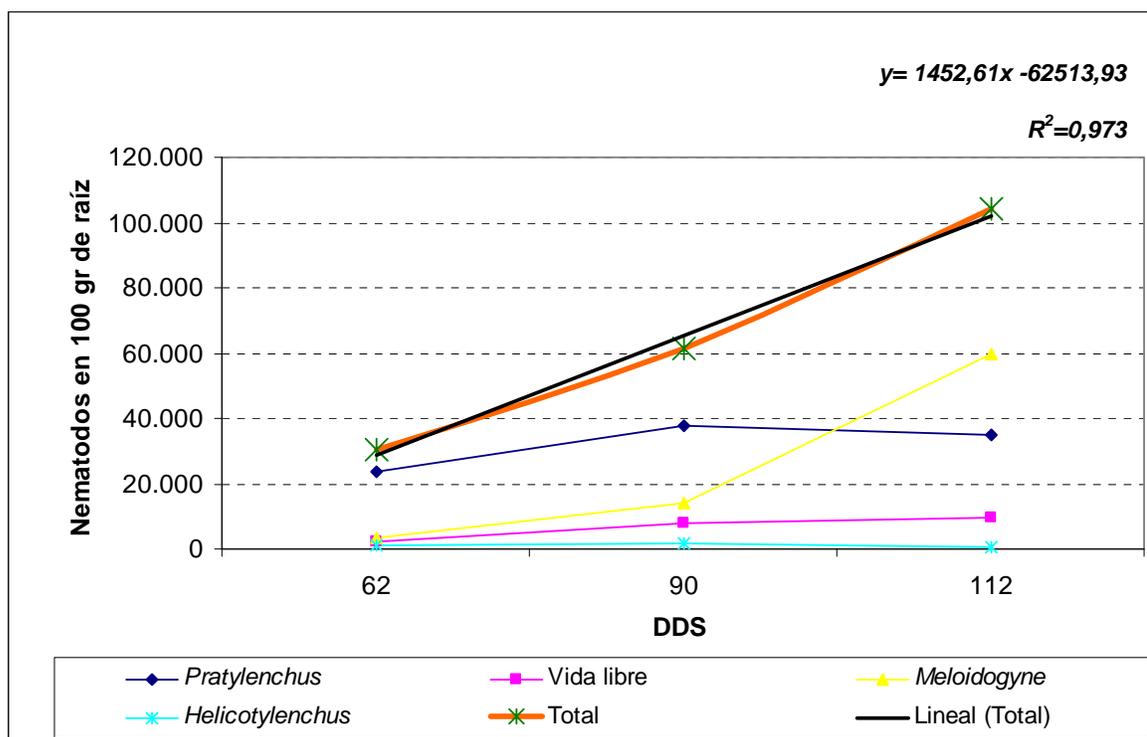


Figura 11. Comportamiento poblacional de los principales géneros de nematodos de vida libre y totales en raíz de arroz (*Oryza sativa*), finca Andrés Dueck, Manejo de Alta Productividad. Upala, Alajuela, Junio - Noviembre 2007.

En este caso también se da dominancia de *Pratylenchus*, la cual se invierte en los resultados del último muestreo, ya que la población de estos decae y se da un incremento en la cantidad de *Meloidogyne*, manteniendo la tendencia general de aumento de la población total.

En suelo se repite el patrón de crecimiento constante mostrado en raíz, ya que se da un comportamiento de ajuste lineal, con un R^2 de 0,97 lo cual señala que la predicción dada por el ajuste tiene alta confiabilidad (Figura 12).

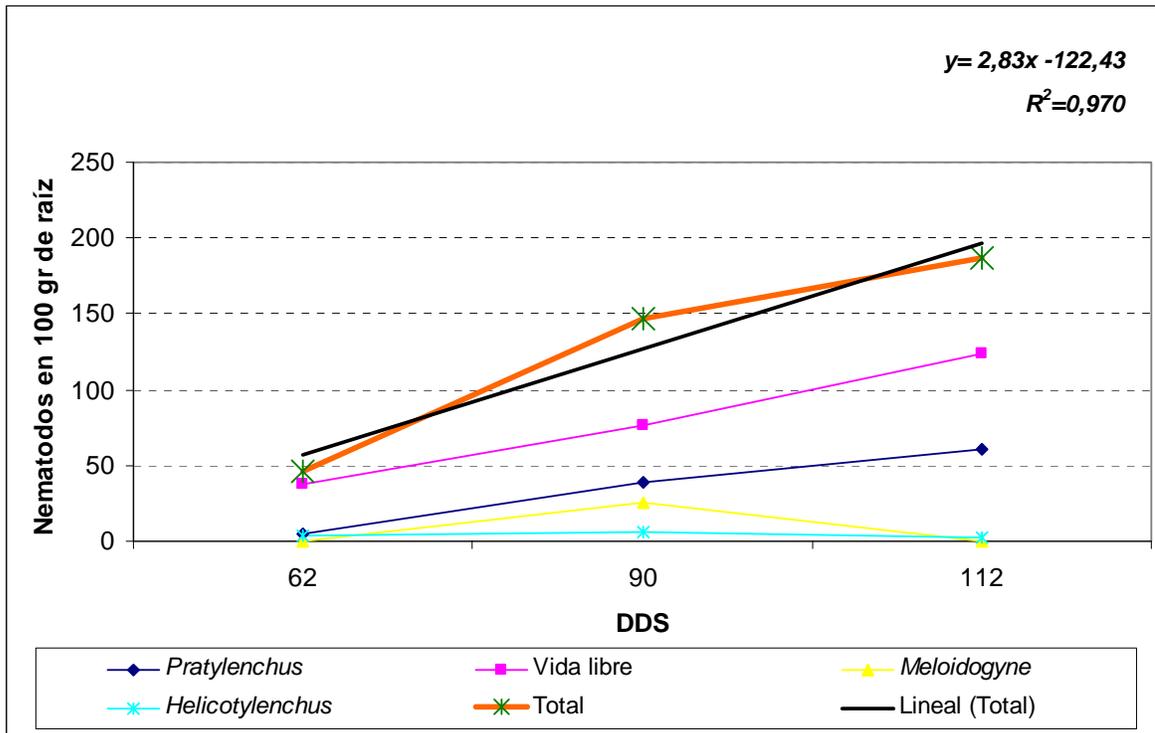


Figura 12. Comportamiento poblacional de los principales géneros de nematodos de vida libre y totales en suelo de arroz (*Oryza sativa*), finca Andrés Dueck. Upala, Alajuela, Junio - Noviembre 2007.

La Figura 13 presenta una comparación entre los dos sistemas de manejo para el cultivo de arroz en la finca Dueck. Se puede ver claramente una mayor cantidad de nematodos presente en el Manejo para la Alta Productividad (MAP), lo cual probablemente se debe al buen desarrollo de la planta ocasionado por efecto de la fertilización, principalmente el desarrollo radical que le puede generar la dosis de fósforo empleada al principio del ciclo del cultivo, lo cual representa una mayor disponibilidad de alimento para estos microorganismos fitoparásitos y por consiguiente un aumento en la tasa reproductiva de los mismos.

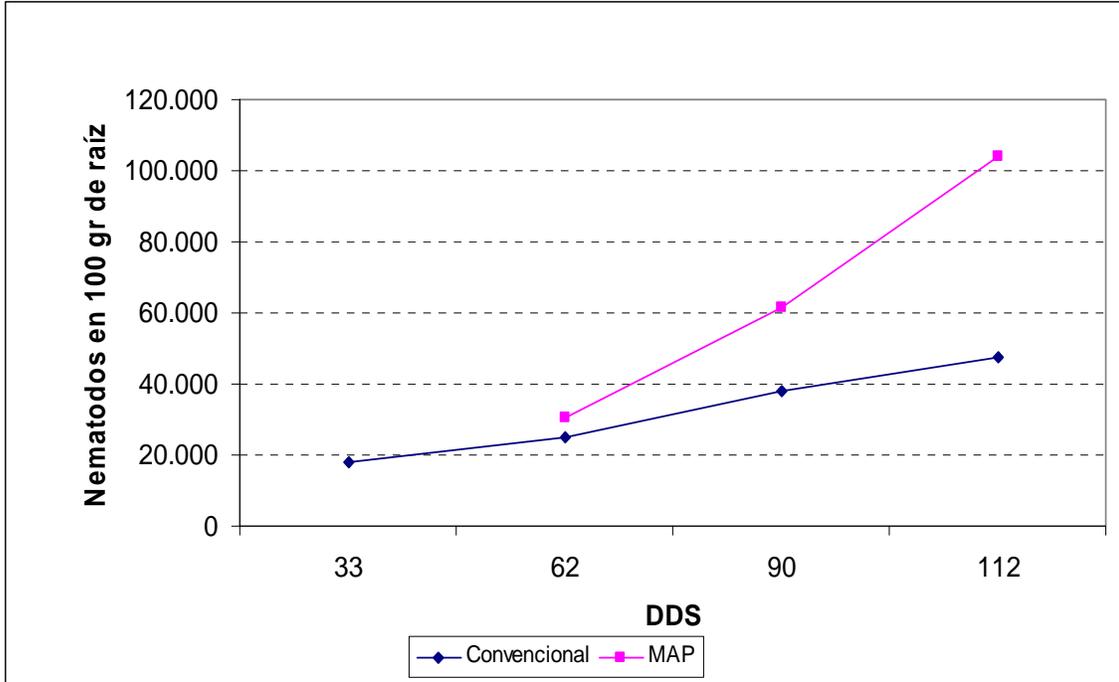


Figura 13. Comportamiento poblacional de los nematodos totales presentes en raíz de arroz (*Oryza sativa*), finca Andrés Dueck, Manejo Convencional vs manejo de Alta Productividad. Upala, Alajuela, Junio - Noviembre 2007.

4.2.4 Finca Saborro Del Norte S. A. Manejo Convencional

Al igual que en la finca Dueck, este productor manejó los dos sistemas de producción (MAP, Convencional), los cuales presentaron, en ambos casos, una tendencia al crecimiento, pero de ajuste cuadrático, lo cual indica un aumento de la población, dada hasta un punto a un mismo ritmo, pero que luego se ve variado a un crecimiento más lento o bien una tendencia a estabilizarse en ese nivel (Figuras 14 y 15).

Se presenta el comportamiento en el manejo convencional para las muestras tanto de raíz como de suelo, en donde el ajuste cuadrático se ve respaldado por un coeficiente de determinación alto, superior a 0,9 en ambos casos.

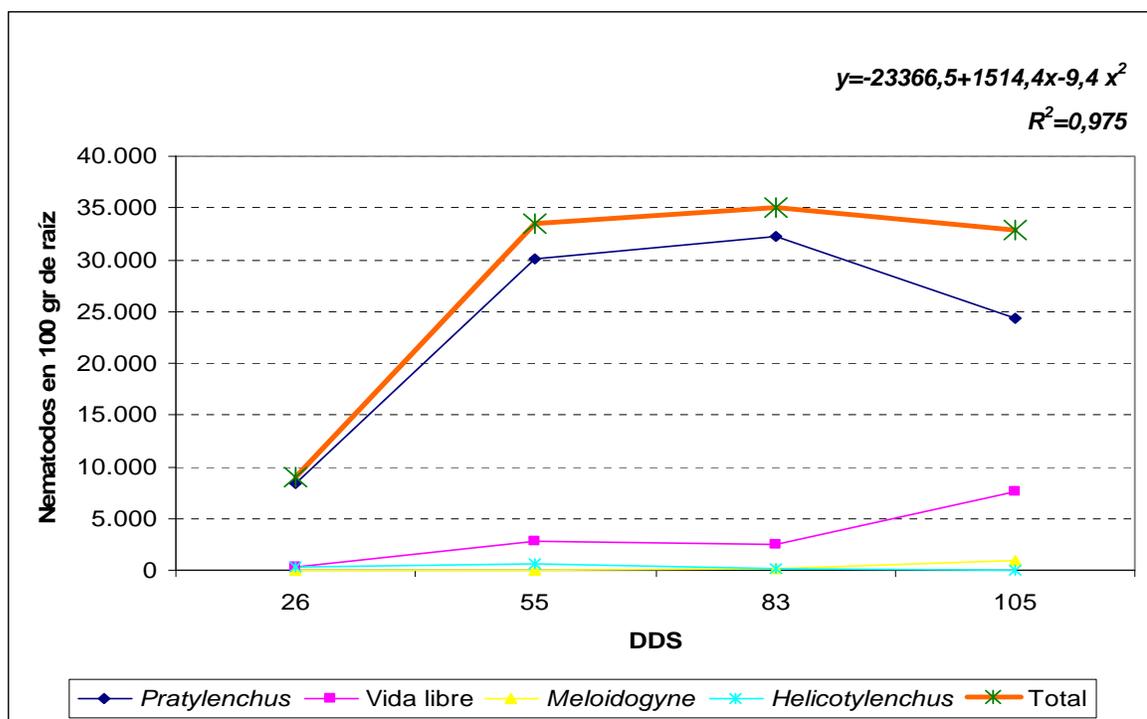


Figura 14. Comportamiento poblacional de los principales géneros de nematodos de vida libre y totales en raíz de arroz (*Oryza sativa*), finca Saborro, Manejo Convencional. Upala, Alajuela, Junio - Noviembre 2007.

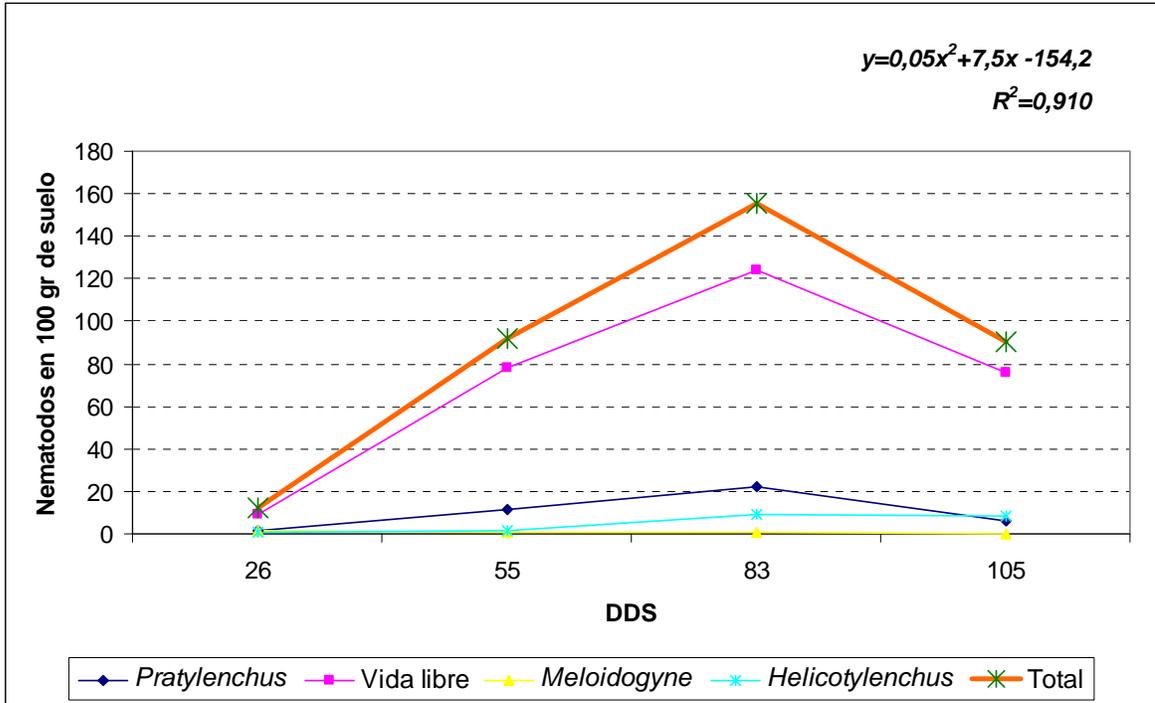


Figura 15. Comportamiento poblacional de los principales géneros de nematodos de vida libre y totales en suelo de arroz (*Oryza sativa*), finca Saporro, Manejo Convencional. Upala, Alajuela, Junio - Noviembre 2007.

4.2.5 Finca Saporro Del Norte S. A. Manejo para Alta Producción

Al igual que en el manejo convencional, se presenta un comportamiento creciente, con un ajuste cuadrático, en el cual se da un coeficiente de determinación de aproximadamente 0,9. Esta finca terminó mostrando dominancia de *Meloidogyne* sobre los demás géneros fitoparásitos, principalmente hacia la edad de 130 DDS (Figura 16).

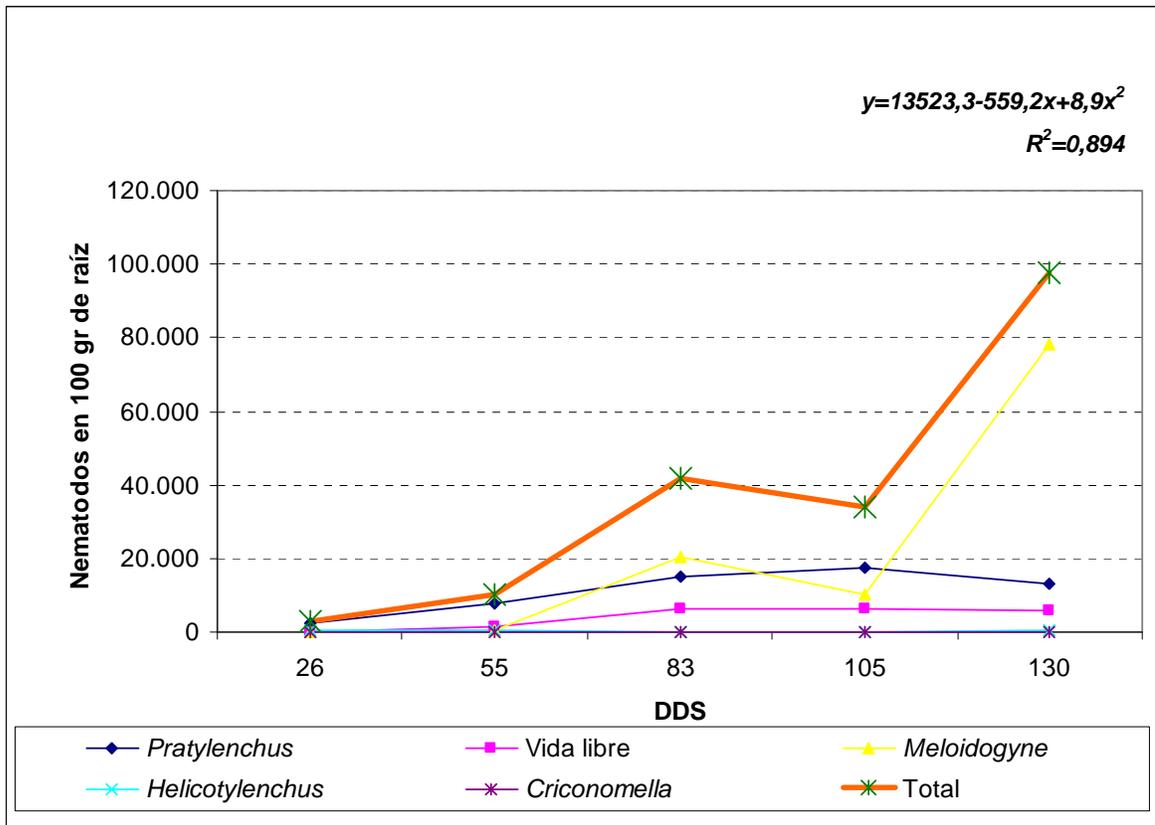


Figura 16. Comportamiento poblacional de los principales géneros de nematodos de vida libre y totales en raíz de arroz (*Oryza sativa*), finca Saporro, Manejo de Alta Productividad. Upala, Alajuela, Junio - Noviembre 2007.

La Figura 17, muestra el comportamiento de las poblaciones en suelo y señala un comportamiento similar a raíz, en la cual se da una elevación fuerte hacia los 130 DDS. Como normalmente se ha dado y por la naturaleza misma de estos, los nematodos de Vida Libre definen la curva de ajuste, la cual presenta una ecuación lineal, con un R^2 próximo a 0,9 mostrando una tendencia al crecimiento en el tiempo; también se puede ver como al igual que en la raíz se presenta un aumento en la cantidad de individuos del género *Meloidogyne* encontrados en esta muestra.

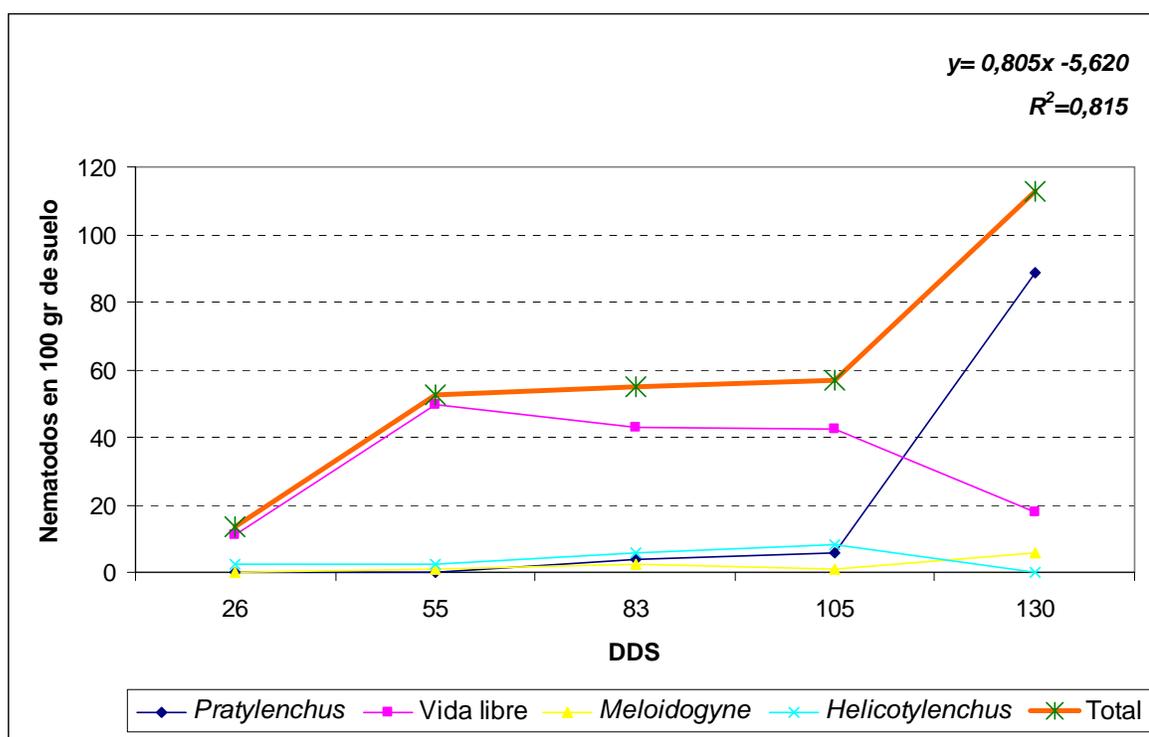


Figura 17. Comportamiento poblacional de los principales géneros de nematodos de vida libre y totales en suelo de arroz (*Oryza sativa*), finca Saporro, Manejo de Alta Productividad. Upala, Alajuela, Junio - Noviembre 2007.

La Figura 18 presenta la comparación entre los 2 manejos empleados por el productor (MAP, Convencional), en este caso no se da una diferencia a favor del manejo MAP tan marcada como en el caso de la finca Dueck, sin embargo hacia los muestreos finales se hizo notable el aumento de estos individuos en el lote con el manejo para la Alta Producción (MAP).

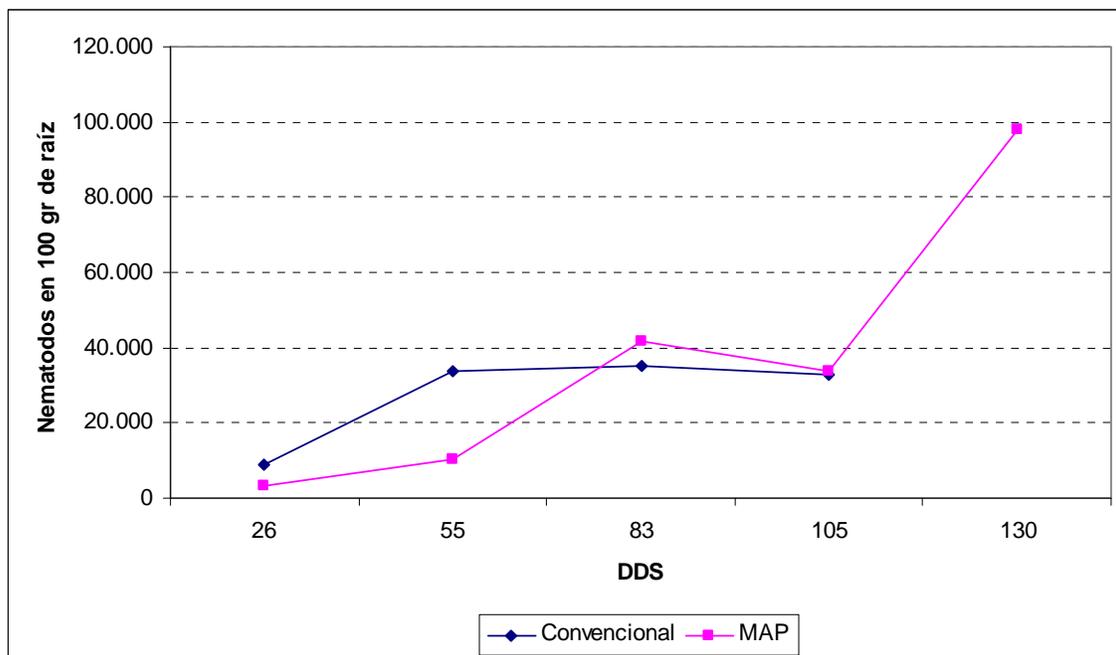


Figura 18. Comportamiento poblacional de los nematodos totales presentes en raíz de arroz (*Oryza sativa*), finca Saporro, manejo Convencional vs. Manejo de Alta Productividad. Upala, Alajuela. Junio - Noviembre 2007.

4.2.6 Finca Juan Ortiz

Esta finca mostró un comportamiento muy variado y difícil de explicar, ya que presentó una elevación fuerte en el número de individuos, hacia los 87 días después de la siembra, para luego ir decreciendo en los dos últimos muestreos probablemente debido a una disminución del agua en el suelo, dada por una baja en las precipitaciones, para los meses coincidentes con estos muestreos, (109 y 134 DDS) septiembre y octubre (Anexos 5 y 6). Se trató de aplicar una curva de regresión, sin embargo, no hubo ningún modelo que lograra describir el comportamiento de esta finca mediante un coeficiente de determinación aceptable (Figura 19).

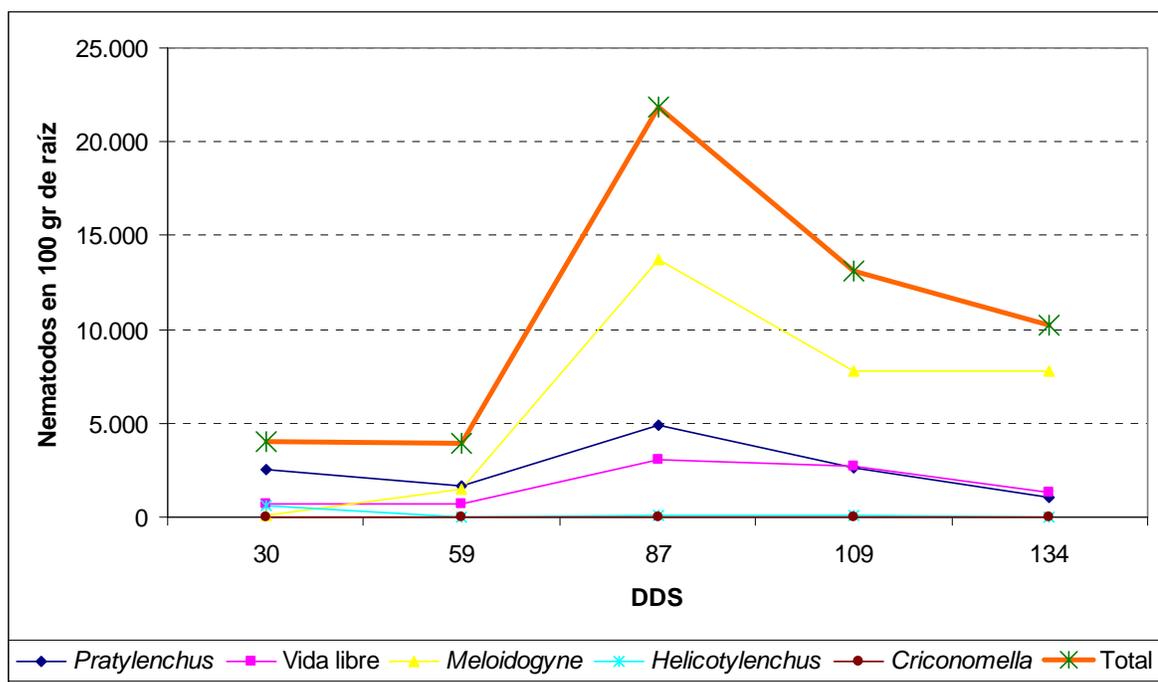


Figura 19. Comportamiento poblacional de los principales géneros de nematodos de vida libre y totales en raíz de arroz (*Oryza sativa*), finca Juan Ortiz. Upala, Alajuela, Junio - Noviembre 2007.

El caso es similar en suelo (Figura 20), ya que está muy lejos de algún ajuste que pueda predecir el comportamiento de estas poblaciones, de igual forma se da una elevación pronunciada hacia los 87 DDS, para luego decaer y a diferencia del caso de raíz vuelve a elevar el nivel en el último muestreo.

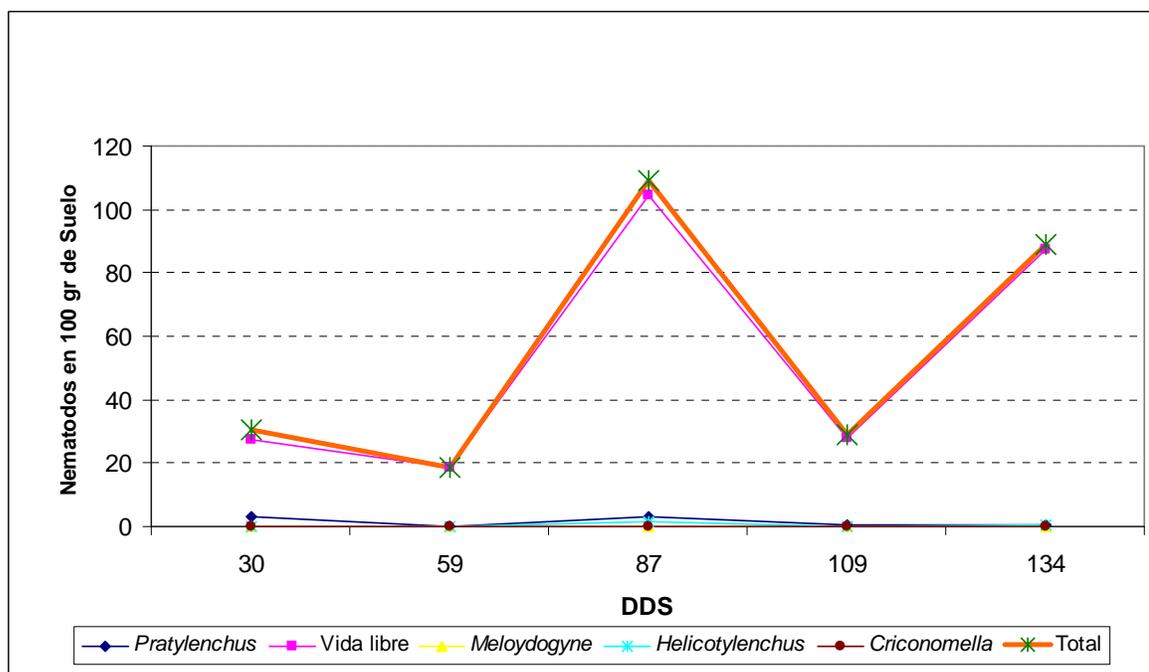


Figura 20. Comportamiento poblacional de los principales géneros de nematodos de vida libre y totales en suelo de arroz (*Oryza sativa*), finca Juan Ortíz. Upala, Alajuela, Junio - Noviembre 2007.

4.2.7 Finca Félix Artavia

Del mismo modo que se han comportado las poblaciones de nematodos en la mayoría de fincas, este caso también muestra una marcada tendencia al aumento de los individuos en el tiempo. Con un R^2 de 0,97 el modelo cuadrático que describe estas poblaciones da por entendido que las poblaciones llevan un crecimiento que en algún momento tiende a estabilizarse y puede volver a ascender. El comportamiento de las poblaciones en las muestras de suelo fue poco predecible y difícil de explicar mediante un modelo de regresión. Las Figuras 21 y 22 muestran las mediciones mensuales de las densidades poblacionales en esta finca para raíz y suelo, respectivamente.

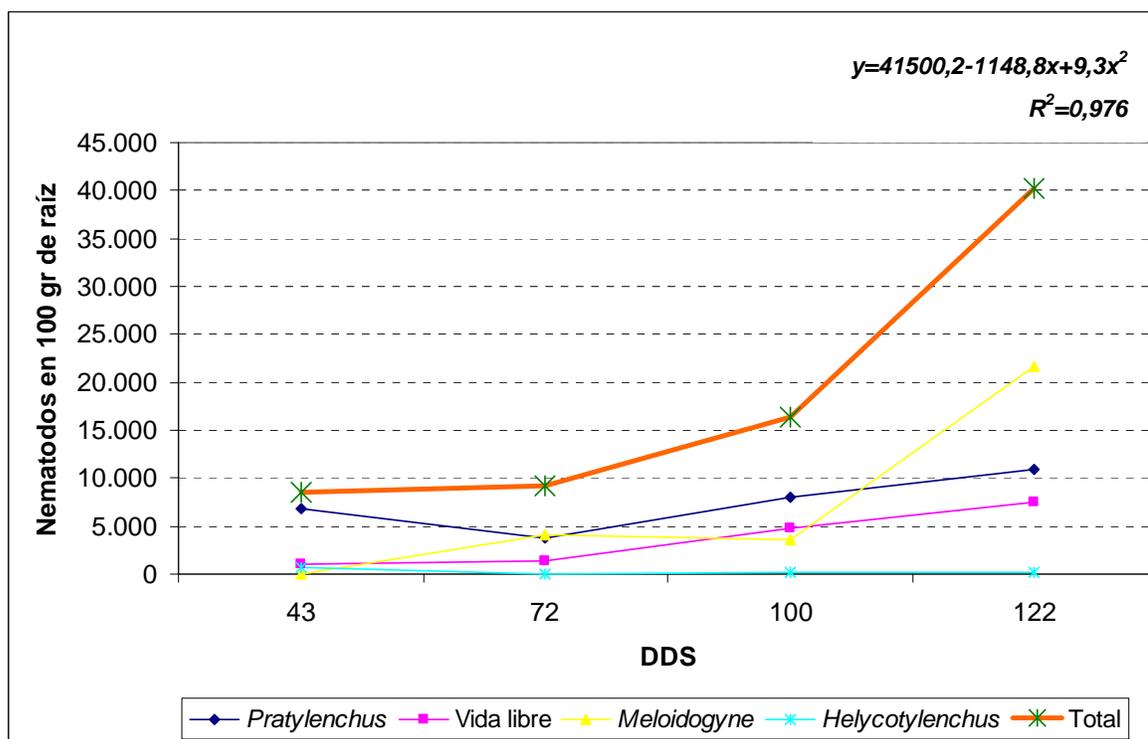


Figura 21. Comportamiento poblacional de los principales géneros de nematodos de vida libre y totales en raíz de arroz (*Oryza sativa*), finca Félix Artavia. Upala, Alajuela, Junio - Noviembre 2007.

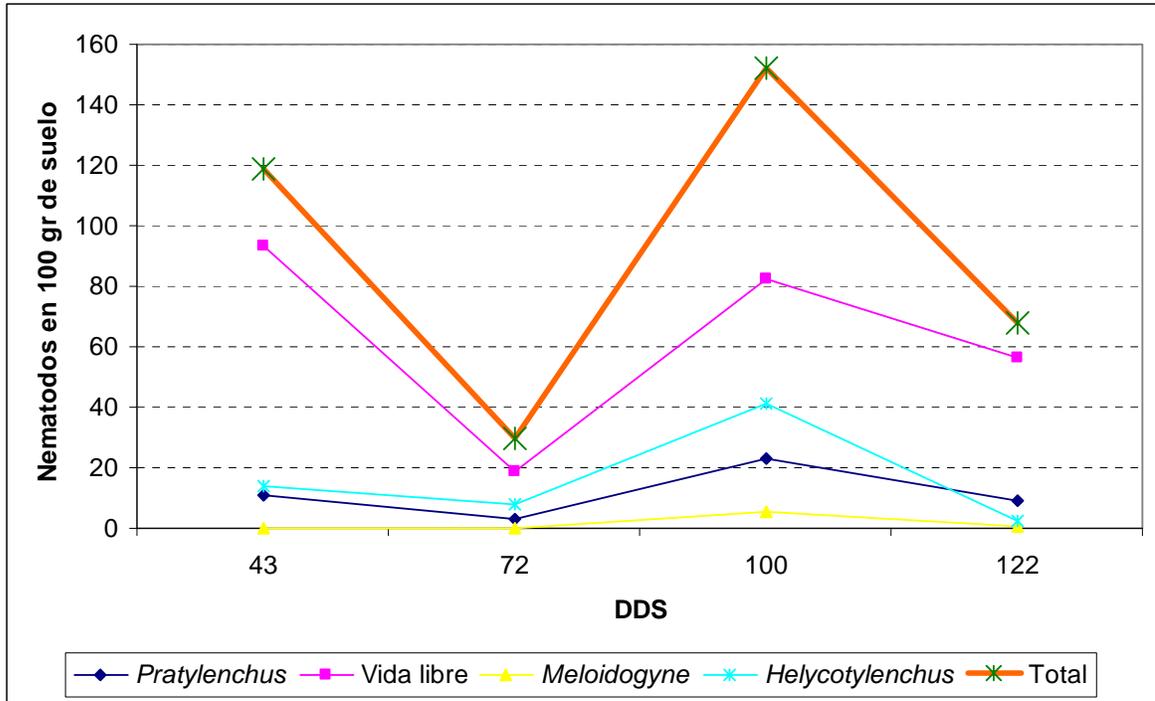


Figura 22 Comportamiento poblacional de los principales géneros de nematodos de vida libre y totales en suelo de arroz (*Oryza sativa*), finca Félix Artavia. Upala, Alajuela, Junio - Noviembre 2007.

4.3 Regresión Lineal Múltiple

4.3.1 Variables climáticas

Se trató de relacionar las variables climáticas (Humedad Relativa, Precipitación y Temperatura) a la variabilidad de la población de los principales géneros, vida libre y total de nematodos presentes en raíz de arroz, mediante el empleo de regresión lineal múltiple del programa de análisis estadístico SPSS (Cuadro 3).

Para el caso de la población total de nematodos se obtuvieron dos modelos, basado en los valores de R^2 , se puede decir que el modelo 2 es el que mejor representa las variaciones de los datos en relación a las variables, este análisis sugiere que ambas variables tienen relación en el cambio poblacional de los nematodos totales de la región. Además, el valor del R^2 corregido (0,406), indica que este modelo explica la variabilidad de la población en casi un 41%.

El Modelo 2 señala relación en el cambio poblacional de los nematodos, a las variaciones de temperatura ambiental y humedad relativa, se observa que los coeficientes presentan signo negativo, lo que indica que, el aumento de cualquiera de estas provocaría una disminución en la cantidad de nematodos; también se puede ver que existe significancia de las variables ($<0,05$), a la vez que el valor de Beta (también negativo) señala cuál de estas tiene mayor influencia en la variabilidad, en este caso se refiere a la temperatura que muestra el valor Beta más alto.

Quiere decir entonces, que de las variables ambientales incluidas en el análisis (Humedad Relativa, Precipitación y Temperatura), se consideran influyentes en las poblaciones de nematodos en raíz, únicamente temperatura y humedad relativa, de las cuales la que demuestra más influencia en el cambio es la temperatura, definido por un valor de Beta mayor al presentado por la humedad relativa.

Al igual que en el caso de las poblaciones totales, para las poblaciones del género *Pratylenchus* el análisis de regresión lineal múltiple revela que existe una relación entre las variaciones en las cantidades de nematodos de este género y los cambios en la temperatura; sin embargo, esta vez se ve incluida también la

precipitación, la cual anteriormente había quedado excluida, esto puede ser debido a que la variable humedad relativa tiene una relación directa a la precipitación y las variaciones en temperatura.

El análisis de regresión para *Pratylenchus* lo relaciona de forma negativa al aumento en cualquiera de las variables, sea temperatura o precipitación. Al considerar cuál de estas afecta más el desarrollo de las poblaciones de *Pratylenchus* el análisis, mediante el valor de Beta (-608), muestra que la mayor influencia en el cambio está dada por las variaciones que puedan darse en temperatura, lo cual sería una disminución en 42 313 nematodos por cada aumento en 1°C (Cuadro 3, Modelo 4).

Los nematodos de vida libre presentes en raíz, muestran una relación de cambio debida a las variaciones en temperatura y precipitación, tal como lo señala el Modelo 6. El comportamiento de las poblaciones de los nematodos de vida libre, según el análisis, se ve afectado por aumentos en la temperatura y precipitación, lo cual según los coeficientes presentados por el modelo provocaría una disminución en la cantidad de individuos.

Se le aplicó el mismo análisis a los datos obtenidos de los muestreos de suelo, a lo cual el programa no dio resultados que revelaran que estas variables tuvieran influencia en las variaciones de las poblaciones presentes.

Nacional Academy of Science (1978) señala que tanto la lluvia como la temperatura están vinculadas tanto en el crecimiento y desarrollo de nematodos como el de las plantas. Estos dos factores mencionados se vinculan con las fluctuaciones estacionales en las poblacionales de nematodos.

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

Las poblaciones de *Meloidogyne* y *Helicotylenchus* no mostraron tener relación de cambio debido a las variables climáticas involucradas.

Según lo señala Esquivel (Congreso Nacional Agronómico 1996), referido al suelo, la temperatura es una variable física que tiene gran significado biológico y puede afectar diversas actividades de los nematodos tales como movimiento, desarrollo y reproducción. También menciona que estos organismos requieren una película de agua entre las partículas de suelo para poder movilizarse, pero también que una cantidad mayor, que cause anegamiento por un tiempo prolongado, disminuye las cantidades de oxígeno en el suelo a la vez que se producen sustancias tóxicas, lo que genera condiciones adversas para el desarrollo de la mayoría de los géneros de nematodos estudiados, indicando también que sólo algunas especies como *Hirschmanniella* sp. son capaces de prosperar bajo estas condiciones.

Cuadro 3. Resultados análisis de regresión lineal múltiple de los principales géneros, y total de nematodos presentes en raíz vs variables climáticas. Upala, 2007.

Modelo	Variable	Constante	Valor B (coeficiente no estandarizado)	R ²	R ² ajustado	Beta	Sig (prueba t)
1	Nematodos totales	Temperatura (°C)	-45 256	0,224	0,196	-0,473	0,007 0,008
2	Nematodos totales	Temperatura (°C)	- 67 945	0,251	0,224	-0,711	0,000
		Humedad relativa	- 14 545			-0,528	0,003
3	<i>Pratylenchus</i>	Temperatura (°C)	- 34 842	0,251	0,224	-0,501	0,004 0,005
4	<i>Pratylenchus</i>	Temperatura (°C)	- 42 313	0,376	0,163	-0,608	0,001
		Precipitación	- 100			-0,369	0,028
5	Vida libre	Temperatura (°C)	- 4 550	0,191	0,163	-0,438	0,013 0,016
6	Vida libre	Temperatura (°C)	- 6 237	0,477	0,438	-0,600	0,000
		Precipitación	- 22			-0,558	0,001

4.3.2 Fertilidad

Se empleó análisis de regresión lineal múltiple, para estimar la posible relación de las variables cuantitativas del análisis de suelo (pH, Ca, Mg, K) y las variaciones poblacionales de los géneros de nematodos presentes.

Al aplicar el análisis al total de las poblaciones en raíz, este dio como resultado que un aumento en los niveles de magnesio (Mg) reduciría de forma considerable la presencia de estos microorganismos (Cuadro 4 y Anexo 7).

Al analizar las variaciones, debidas a la existencia de estos elementos, en las poblaciones de cada género por separado, se muestra al Mg con grado de relación en los cambios poblacionales de *Pratylenchus* y *Helicotylenchus*; además se presenta también al pH como influyente en ambos casos.

Según los resultados dados por el programa de análisis estadístico utilizado (SPSS), las poblaciones de *Meloidogyne* y nematodos de vida libre no se ven afectados por los niveles de estos elementos presentes en los suelos de las fincas muestreadas.

Para el género de *Pratylenchus* se probaron tres modelos de los cuales el número 4 (Cuadro 4) de acuerdo al valor de R^2 corregido fue el que mejor se ajustó al comportamiento de estos organismos, en relación con las variables involucradas, en donde el valor dado (0,49), señala que la variabilidad de las poblaciones se debe en casi un 50% al efecto sumado de los niveles de Mg, Ca y pH. Además el valor Beta, correspondiente a este modelo, señala que la mayor influencia en el cambio esta dada por el magnesio. Estos datos también reflejan que existe una relación positiva entre el crecimiento de las poblaciones de *Pratylenchus* y los valores del elemento calcio; mientras que aumentos en los valores de Magnesio y pH provocarían una disminución en las poblaciones de estos organismos.

Las poblaciones de *Helicotylenchus* mostraron relación con las variaciones en el pH del suelo y el contenido de potasio (K) y magnesio (Mg). El Modelo 7 (Cuadro 4) define según el valor Beta, al potasio como el más determinante (Beta= 1,08) en los cambios que se dan en la cantidad de individuos de este género, además de

que señala, mediante un valor positivo, que un aumento en los niveles de este elemento, está relacionado con el aumento en las poblaciones de *Helicotylenchus* en raíz de arroz; mientras que caso contrario representaría un aumento en los valores de magnesio y pH, que según el modelo, el aumento en una unidad de Mg significaría una disminución en 162 nematodos de este género y para el caso del aumento de pH en un grado significa una reducción de 907 individuos.

Cuadro 4. Resultados análisis de regresión lineal múltiple de los principales géneros, y total de nematodos presentes en raíz de arroz vs variables cuantitativas (Ca, Mg, K y pH) del análisis de suelo. Upala, 2007

Modelo	Variable	Constante	Valor B (coeficiente no estandarizado)	R ²	R ² ajustado	Beta	Sig (prueba t)
1	Nematodos totales	Mg	- 11 464	0,173	0,144	-0,416	0,000 0,022
2	<i>Pratylenchus</i>	Mg	- 11 860	0,350	0,327	-0,592	0,000 0,001
3	<i>Pratylenchus</i>	Mg pH	- 11 608 - 16 890	0,463	0,423	-0,579 -0,335	0,001 0,000 0,025
4	<i>Pratylenchus</i>	Mg pH Ca	- 26 019 - 24 615 3 932	0,549	0,497	-1,298 -0,489 0,797	0,000 0,001 0,003 0,035
5	<i>Helicotylenchus</i>	K	1 343	0,171	0,141	0,414	0,455 0,026
6	<i>Helicotylenchus</i>	K pH	2 842 - 762	0,402	0,356	0,876 -0,666	0,009 0,000 0,004
7	<i>Helicotylenchus</i>	K pH Mg	3 517 - 907 - 162	0,497	0,437	1,083 -0,793 -0,343	0,001 0,000 0,001 0,039

En relación a las poblaciones de nematodos presentes en suelo, con los factores atrás relacionados, el único género que presento algún tipo de variación ligada a estos fue *Helicotylenchus* sp. y según el programa estadístico, se da influencia únicamente del pH, el cual según el modelo, explica por medio del R² corregido, que la variabilidad de la población debida a este factor es de un 13% y que de la

misma forma, al incrementarse el pH disminuyen las poblaciones de este fitoparásito a razón de 12 individuos por cada aumento en una unidad (Cuadro 5).

Cuadro 5: Resultados análisis de regresión lineal múltiple de los principales géneros, y total de nematodos presentes en suelo vs variables cuantitativas (Ca, Mg, K y pH) del análisis de suelo. Upala, 2007

Modelo	Variable	Constante	Valor B (coeficiente no estandarizado)	R ²	R ² ajustado	Beta	Sig (prueba t)
1	<i>Helicotylenchus</i>	Mg	- 12	0,163	0,135	- 0,404	0,011 0,024

Anteriormente se relacionó la presencia de los elementos que determinan la acidez de un suelo, sobre las poblaciones de nematodos encontradas tanto en raíz como en suelo.

En este caso se emplearon los otros elementos determinantes de fertilidad del suelo, encontrando que la mayor influencia la ejerce el elemento manganeso (Mn), ya que este se presenta en la mayoría de los casos.

Para el caso de las poblaciones totales de nematodos, el modelo señala que existe influencia tanto en las poblaciones en el suelo como en la raíz, existe un incremento de las poblaciones cuando se da un aumento en los niveles de manganeso (Mn), pero esta variabilidad, según el R² ajustado, es explicada únicamente en un 14% para los casos de raíz y 10% en suelo (Cuadros 6 y 7).

Las poblaciones de *Pratylenchus* obtenidas de las muestras de raíz, mostraron tener relación de cambio debida a las variaciones en los niveles de Manganeso (Mn), Fósforo (P), Hierro (Fe). Los resultados derivados del análisis estadístico aplicado, señalan que el Modelo 4 (Cuadro 6) explica la variabilidad de la población de estos nematodos en un 57% y que la mayor influencia es representada por el elemento Mn, con un valor Beta de 0,93 y la menor influencia se le atribuye al elemento Fe (Beta = -0,27); además es necesario señalar que aumentos en el elemento Hierro representaron disminuciones en las cantidades de

individuos de este género según lo señala un valor negativo de Beta y el valor del coeficiente B señala esa disminución en 135 individuos por cada unidad de Fe aumentada.

Para el género *Helicotylenchus* las poblaciones en la raíz mostraron tendencia a variar cuando cambian los niveles de Hierro, lo que se observa en el Modelo 5 del Cuadro 6, la variabilidad debida a la presencia de este elemento la explica este modelo en un 61%, según el valor de R^2 ajustado y además esa variación se da hacia la disminución cuando los niveles de hierro aumentan.

Cuadro 6. Resultados análisis de regresión lineal múltiple de los principales géneros, y total de nematodos presentes en raíz vs variables cuantitativas (Mn, P, Fe, Cu, Zn) del análisis de suelo. Upala, 2007

Modelo	Variable	Constante	Valor B (coeficiente no estandarizado)	R^2	R^2 ajustado	Beta	Sig (prueba t)
1	Nematodos totales	Mn	165	0,170	0,141	0,413	0,028 0,023
2	<i>Pratylenchus</i>	Mn	198	0,461	0,442	0,679	0,582 0,000
3	<i>Pratylenchus</i>	Mn P	282 1 243	0,549	0,516	0,969 0,414	0,065 0,000 0,030
4	<i>Pratylenchus</i>	Mn P Fe	272 1 376 - 135	0,617	0,573	0,933 0,459 -0,271	0,732 0,000 0,012
5	<i>Helicotylenchus</i>	Fe	- 9	0,627	0,613	-0,792	0,000 0,000

En los análisis realizados al suelo de las fincas involucradas en el estudio, se encontró que el elemento Hierro se relaciona con poblaciones de nematodos en suelo únicamente para el género *Pratylenchus* sp. El valor de R^2 ajustado presume que el modelo explica esta variabilidad en aproximadamente un 15%, y que además, al igual que en raíz, un aumento en los niveles de estos representan una disminución en las cantidades de individuos del género encontrados.

Cuadro 7. Resultados análisis de regresión lineal múltiple de los principales géneros, y total de nematodos presentes en suelo vs variables cuantitativas (Mn, P, Fe, Cu, Zn) del análisis de suelo. Upala, 2007.

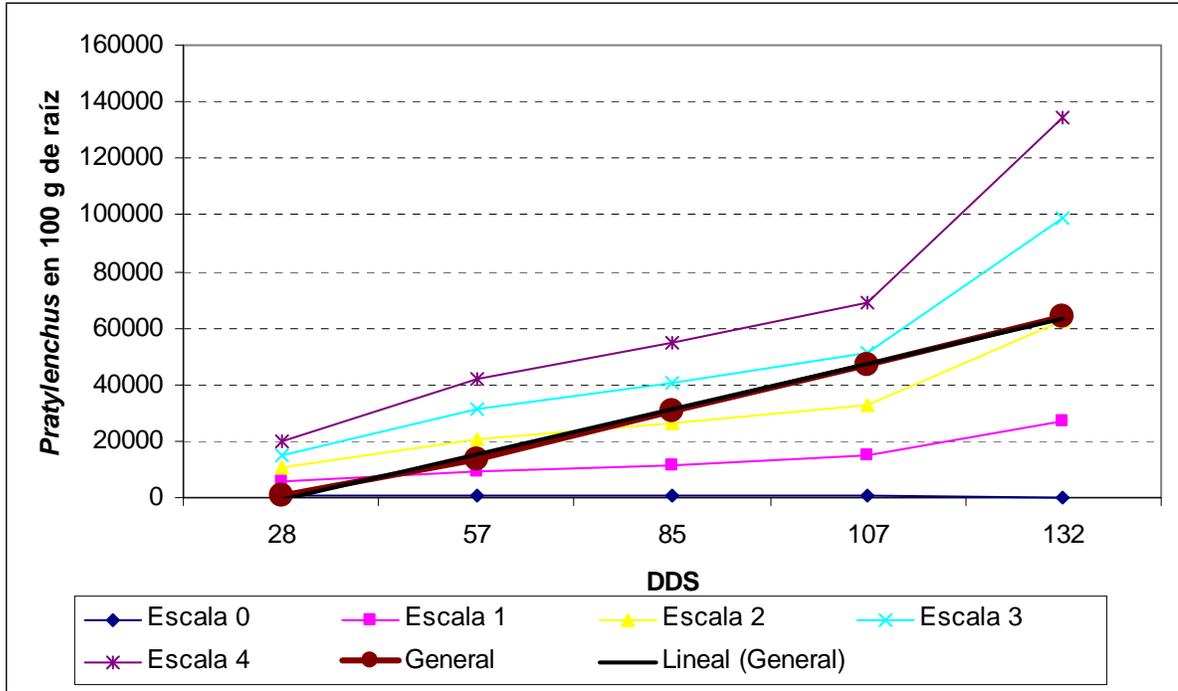
Modelo	Variable	Constante	Valor B (coeficiente no estandarizado)	R ²	R ² ajustado	Beta	Sig (prueba t)
1	Nematodos totales	Mn	0,34	0,130	0,100	0,360	0,008 0,046
2	<i>Pratylenchus</i>	Fe	- 0,16	0,180	0,151	- 0,424	0,001 0,017
3	<i>Helicotylenchus</i>	Mn	0,08	0,198	0,171	0,446	0,582 0,012

4.4 Estimación de incidencia de los dos géneros principales encontrados en el estudio

A partir de los resultados obtenidos, se generó una escala para estimar el nivel de incidencia de estos microorganismos dentro del cultivo, tomando como referencia únicamente los géneros que presentaron mayor importancia, es decir *Pratylenchus* sp. y *Meloidogyne* sp.

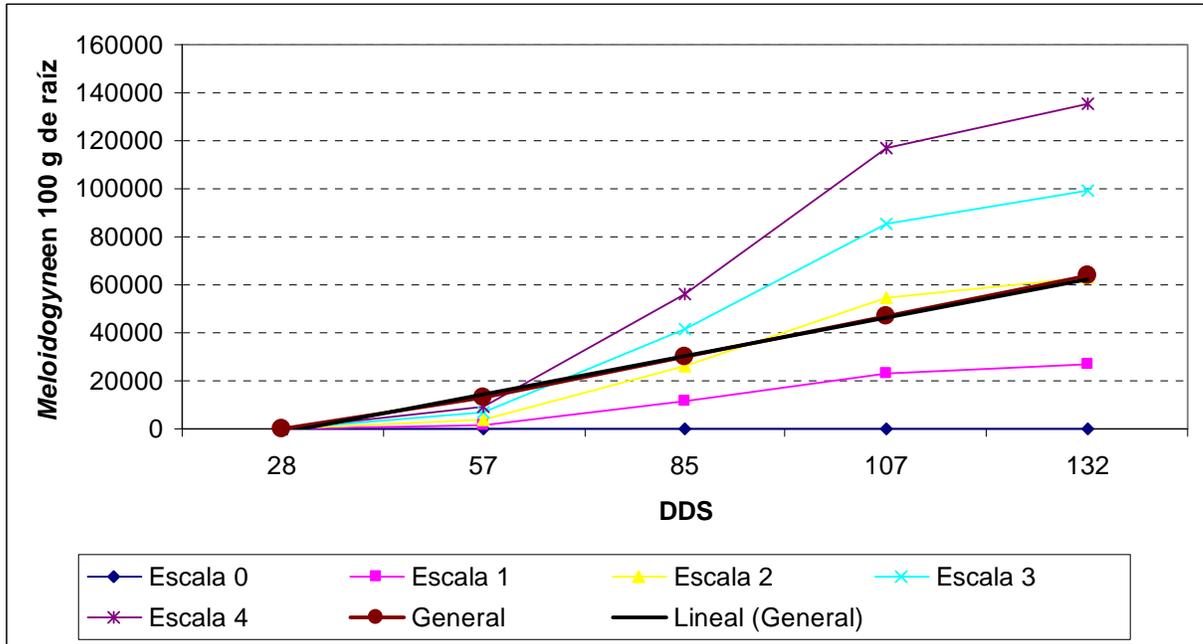
Esta escala presenta valores de cero a nueve generados a partir de los valores mínimos y máximos obtenidos en cada una de las fechas de muestreo, así como la edad promedio de las plantaciones en el momento. A partir de ésta se genera una simplificación que presenta los valores de cero a cuatro.

Para la aplicación de la escala, se asumirá el valor cero, como nivel no problemático y el valor cuatro como nivel crítico. Además se tomó el valor medio de cada uno de los muestreos para utilizarlo como referencia y poder establecer una ecuación general sobre el comportamiento de estos y de este modo que el monitoreo mensual permita mantener los niveles de infección por debajo de este nivel. Estas escalas se muestran (Figuras 23 y 24), para *Pratylenchus* sp. y *Meloidogyne* sp., respectivamente.



Escala		Días después de siembra									
		28		57		85		107		132	
<i>Pratylenchus</i>	0	0	1033	0	596	0	427	0	667	0	182
	1	2067		1191		853		1333		364	
	2	4461	5658	6656	9388	8047	11643	10354	14865	18224	27154
	3	6856		12120		15240		19376		36084	
	4	9250	10447	17585	20317	22433	26030	28397	32907	53944	62874
	5	11644		23050		29627		37418		71804	
	6	14039	15236	28514	31246	36820	40417	46439	50949	89664	98594
	7	16433		33979		44013		55460		107524	
	8	18828	20025	39443	42176	51207	54803	64481	68992	125384	134314
	9	21222		44908		58400		73502		143244	
Ecuación General: $y = 16051x - 16915$											
R² = 0,98											

Figura 23. Escala Empírica para estimación de incidencia de *Pratylenchus* sp. en arroz (*Oryza sativa*), en el cantón de Upala, Alajuela, Costa Rica. 2007.



Escala		Días después de siembra									
		28		57		85		107		132	
<i>Meloidogyne</i>	0	0	4	0	5	0	5	0	18	0	9
	1	7		9		9		36		18	
	2	35	49	1210	1811	7530	11291	15584	23358	18069,1	27095
	3	64		2411		15051		31131		36120,2	
	4	90	105	3612	4213	22572	26333	46679	54453	54171,3	63197
	5	120		4813		30093		62227		72222,3	
	6	140	150	6014	6615	37614	41375	77775	85548	90273,4	99299
	7	160		7215		45136		93322		108325	
	8	180	190	8416	9017	52657	56417	108870	116644	126376	135401
	9	200		9617		60178		124418		144427	
Ecuación General: $y = 16093x - 17775$											
R ² = 0,99											

Figura 24. Escala Empírica para estimación de incidencia de *Meloidogyne* sp. en arroz (*Oryza sativa*), en el cantón de Upala, Alajuela, Costa Rica. 2007.

5 CONCLUSIONES

De acuerdo a las condiciones en que se realizó este estudio, se obtienen las siguientes conclusiones:

1. Los principales géneros de nematodos encontrados en las plantaciones de arroz de la región son: *Pratylenchus* sp., *Meloidogyne* sp., *Helicotylenchus* sp., *Criconomella* sp. y nematodos de vida libre.
2. El género *Pratylenchus* sp. fue identificado como el género con mayores porcentajes relativos en raíz, dados por su predominancia en la mayoría de las fincas muestreadas, seguido por el género *Meloidogyne* sp.
3. En suelo se dió una dominancia de los géneros de vida libre, lo cual es un buen indicador de la calidad de los suelos; referido a los fitoparásitos, igualmente dominó el género *Pratylenchus* sp., seguido por *Helicotylenchus* sp. y dejando en un tercer lugar el género *Meloidogyne* sp. posiblemente por la naturaleza de este como endoparásito.
4. El comportamiento generalizado de las poblaciones de nematodos encontradas en las fincas muestreadas fue tendiente a crecer en el tiempo.
5. Se evidenció la competencia interespecífica entre los géneros fitoparásitos, *Pratylenchus* sp. y *Meloidogyne* sp.
6. El manejo para la alta producción (MAP) presente en las fincas de Dueck y Saporro del Norte, reflejó valores más altos que los lotes bajo manejo convencional dado dentro de las mismas fincas.

7. La precipitación puede influir sobre el comportamiento de las poblaciones de nematodos encontradas en los campos arroceros.

8. Las poblaciones de nematodos de los géneros *Pratylenchus* sp. y *Helicotylenchus* sp. se ven afectados por los niveles crecientes de Mg en el suelo.

9. Los elementos Potasio (K) y Manganeseo (Mn), se encontraron asociados al aumento en el número de individuos de *Pratylenchus* sp. y *Helicotylenchus* sp.

10. Los niveles altos de hierro en los suelos arroceros de la Región Huetar Norte, afectan negativamente el desarrollo de las poblaciones de nematodos.

6 RECOMENDACIONES

Basado en los resultados y conclusiones derivadas de este estudio se realizan las siguientes recomendaciones:

- Realizar nuevos estudios donde se pueda contar con parcelas destinadas a este fin y con un control estricto sobre el establecimiento y manejo de las mismas.
- Homogenizar tanto como sea posible las parcelas y/o fincas en donde se realicen futuros estudios con el fin de efectuar los muestreos en un mismo momento, bajo un mismo estado fenológico de la plantación y realizando un mismo manejo.
- Establecer estudios más detallados y controlados de los factores edáficos, antes, durante y después del ciclo del cultivo (Análisis de Suelos), para tener información más precisa de la relación de estos con las poblaciones de nematodos.
- De ser posible instalar instrumentos de medición de humedad y temperatura en el suelo de los campos en estudio debido a la influencia reportada en estudios previos, pero que se requiere ser comprobada.
- Realizar estudios bajo condiciones controladas, donde se pueda medir la influencia de los nematodos separada de factores nutritivos, edáficos, enfermedades y demás plagas, para poder compararlo con el desarrollo de estas poblaciones en campo.

7 LITERATURA CITADA

- Aragón, M. 1991. Determinación de géneros y densidades poblacionales de nematodos asociados a la pimienta negra (*Pipiper nigrum*) en dos zonas de la Región Huetar Norte. Informe Bach. Ing. Agr. San Carlos, CR. ITCR. 55p.
- Chandler, R. 1984. Arroz en los trópicos. San José, CR. IICA. 304p.
- Chávez, G. 1992. El cultivo del arroz: Curso de Granos Básicos. San Carlos, C.R. ITCR. 50p.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CO). 1985. Arroz: Investigación y Producción. Cali, CO. pp. 90 – 96.
- CONARROZ (Corporación Arrocera Nacional, CR). 2004. Informe Anual Estadístico 2002/2003. San José, CR. 63p.
- CONARROZ (Corporación Arrocera Nacional, CR). 2007. Informe Anual Estadístico 2005/2006. San José, CR.
- Congreso Nacional Agronómico (10), Congreso de suelos (2, 1996, San José, CR). 1996. Influencia del suelo sobre las poblaciones de nematodos. Ed. A. Esquivel San José, CR, EUNED/EUNA. pp. 57-61.
- CONITTA. (Comisión Nacional de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria, CR). 1991. Arroz. San José. CR. 44p.
- Datta, S. 1986. Fertilización del arroz, fundamentos y prácticas. México, DF. 72p.
- Esquivel, A. 2005. Manual de identificación de géneros de nematodos Importantes en Costa Rica. Universidad Nacional, Heredia Costa Rica. 50p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2003. Manejo de Nematodos Endoparásitos: Proyecciones Futuras (en línea). Eds. Gómez, M. Montes, M. Consultado 10 Feb. 2007. Disponible en <http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/1054/cuf0018s.pdf>
- Fernández, M.; Ortega, J. 1982. Comportamiento de las poblaciones de nematodos fitoparásitos en plátano enano Cavendish. Ciencias de la Agricultura. 13:7-17.
- Fortuner, R; Merny, G. 1979. Root-Parasitic nematodes of Rice. Revue nematology. 2 (1):79–102.

- González, J. 1982. Origen, taxonomía y anatomía de la planta de arroz (*Oryza sativa* L.). Investigación y Producción. Cali, CO, CIAT. pp. 47 – 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.
- Grist, D. 1982. Arroz. México, DF, Editorial Continental. 715p.
- Hutton, D. 1978. Influence on rainfall on some plantain nematodes in Jamaica. *Nematropica*. 8(2):34-39.
- InfoAgro (Información técnica agrícola). 2002. El cultivo del arroz (en línea). Consultado el 20 de junio del 2007. 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, CR, ITCR. 53p.
- Jiménez, M. 1972. Fluctuaciones anuales de la población de *Radopholus similis* en la zona bananera de Pococí, Costa Rica. *Nematropica*. 2(2):33-40.
- 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: Frecuencia y densidades poblacionales en las principales zonas productoras. *Agronomía Costarricense*. 11(2):215-220.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 1991. Aspectos Técnicos sobre Cuarenta y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica. San José, Costa Rica. 560p.
- Mai, WF; Lyon, HH. 1960. Pictorial key to genera of plant-parasitic nematodes. Edit: Comstock publishing associates. 136p.
- Marban, M. 1987. Fitonematología: Manual de Laboratorio. Turrialba, CR, Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza. 248p.
- Monge, L. 1987. Cultivo de Arroz. San José, CR, EUNED. 145p.
- Montero, E. 1993. Dinámica poblacional de Nematodos utilizando diferentes materiales de siembra en plátano (*Musa AAB*). Informe Bach. Ing. Agr. San Carlos, Costa Rica. ITCR. 57p.

- Murillo, J. 1982. Manual de Producción de Arroz de Secano en Costa Rica. 2 ed. San José, CR, Compañía Costarricense de Café. 115p.
- Nacional Academy of Science. 1978. Control de Nematodos parásitos de plantas. México, Limusa. 209p.
- OFIARROZ, 2001. Reconocimiento y manejo de las principales enfermedades del arroz en Costa Rica. San José, CR, Oficina del arroz. 80p.
- Ortiz, E. 2006. Identificación y cuantificación de nematodos asociados a la Naranja (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck), en la Región Huetar Norte de Costa Rica. Proyecto Lic. Ing. Agr Universidad Autónoma de Chapingo. México. 49p.
- Ortuño, N.; Franco, J.; Oros, R.; Main, G. 2006. Producción de tubérculos para semilla de papa libre de nematodos. Hoja Técnica: Manejo Integrado de Plagas 52 (1): i - iv
- 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.
- Román, J. 1978. Fitonematología Tropical. Universidad de Puerto Rico. Estación Experimental Agrícola. Río Piedras. Puerto Rico. pp. 7-8, 21, 141-158.
- Reynolds, W., Sleet, B. 1955. Root knot nematode infestation as influenced by soil texture. Soil Science. 80:459-461.
- 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 9 Feb. 2007. Disponible en: <http://www.conarroz.com/pdf/Informe%20Final%20nematico%20convenc%20OPI.pdf>
- Sancho, C; Salazar, L. 1985. Nematodos parásitos del arroz (*Oryza sativa* L.) en el sureste de Costa Rica. Agronomía Costarricense. 9(2): 161-163.
- SIRZEE (Sistema de información Regional de la Zona Económica Especial). 2007. Información geográfica: Ambiente (en línea).
- Suárez, H; Rosales, L. 2004. Problemas nematológicos en musáceas. Revista Digital CENIAP HOY Número 6, septiembre-diciembre 2004 (en línea). Maracay, Aragua, Venezuela. Consultado 20 oct. 2007. Disponible en: www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n6/arti/suarez_z/arti/suarez_z.htm
- Sudha, S.; Prabhoo, N. 1983. Meloidogyne (Nematoda: Meloidogynidae) induced root galls of the banana plant *Musa paradisiaca* a study of histopathology.

- Proceedings of the Indian Academy of Science. Animal Science. 92: 467-473.
- Tarte, R. 1980. La importancia del conocimiento de la biología y comportamiento de los nematodos parásitos del banano en el desarrollo de nematodos eficientes de control. Proyecto UNCTAD/PNUD/UPEB. 16p.
- Umesh, KC. 1994. Competition between the Plant-parasitic Nematodes *Pratylenchus neglectus* and *Meloidogyne chitwoodi*. Journal of Nematology 26(3):286-295.
- UNCTAD 2002. (Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo). Descripción del arroz. (En línea). Consultado: 14 agosto 2007. Disponible en:<http://www.unctad.org/infocomm/espagnol/arroz/descripc.htm#hist>.
- Universidad de Filipinas, 1975. Cultivo del Arroz. Manual de Producción. México, LIMUSA. 426p.
- Wallace ,M.K.; Rust, R.H. ; Hawkins, D.M. ; MacDonald, D.H. 1993. Correlation of edaphic factors with plant parasitic nematode population densities in a forage field. Journal of Nematology. 25 (4): 642-653.
- Zuckerman, BM; Mai, WF; Krusberg, LR. 1990. Plant Nematology Laboratory Manual. Traducido y editado al español por Nahum Marban Mendoza. México, Universidad autónoma de Chapingo. 212p.

8 ANEXO

Anexo 1. Generalidades de las fincas muestreadas, Upala, Alajuela. Junio a Noviembre del 2007.

Muestreos*	Finca	Tratamiento	Ubicación	Área (Ha)	Nombre Textural	Variedad
	CTP Upala	Convencional	Upala centro	3	Arcilloso	CR 4477
	Dueck	Convencional	Upala centro	5	Arcillo arenoso	CR 4477
27/06/2007	Dueck	MAP	Upala centro	4	Arcilloso	CR 4477
26/07/2007						
23/08/2007	Jn Ortíz	Convencional	Nazareth, Upala	4	Franco arcillo arenoso	Palmar 18
14/09/2007						
09/10/2007	Saporro	Convencional	San José, Upala	4	Franco arcillo arenoso	CR 4477
	Saporro	MAP	San José, Upala	4	Franco arcillo arenoso	CR 4477
	Felix Artavia	Convencional	San Isidro, Yolillal, Upala	6	Arcilloso	CR 4477

*Las fechas de muestreo aplican de igual forma para todas las fincas.

Anexo 2. Coordenadas geográficas de los puntos de muestreo en cada una de las fincas abarcadas, Upala, Alajuela. 2007.

CTP UPALA											
	Latitud Norte	Longitud oeste		Latitud Norte	Longitud oeste		Latitud Norte	Longitud oeste			
LOTE 1	1	10° 54' 13.2	85° 01' 30.2	LOTE 2	1	10° 54' 13.5	85° 01' 26.9	LOTE 3	1	10° 54' 15.4	85° 01' 28.7
	2	10° 54' 13.0	85° 01' 29.2		2	10° 54' 13.8	85° 01' 28.0		2	10° 54' 16.0	85° 01' 28.5
	3	10° 54' 12.9	85° 01' 27.4		3	10° 54' 14.0	85° 01' 27.2		3	10° 54' 15.9	85° 01' 27.9
	4	10° 54' 13.1	85° 01' 26.2		4	10° 54' 13.1	85° 01' 28.2		4	10° 54' 15.3	85° 01' 27.6
	5	10° 54' 14.1	85° 01' 26.7		5	10° 54' 12.2	85° 01' 28.7		5	10° 54' 15.1	85° 01' 27.4
DUECK CONVENCIONAL											
	Latitud Norte	Longitud oeste		Latitud Norte	Longitud oeste		Latitud Norte	Longitud oeste			
LOTE 1	1	10° 55' 35.0	85° 02' 24.7	LOTE 2	1	10° 55' 38.5	85° 02' 23.4	LOTE 3	1	10° 55' 40.0	85° 02' 24.5
	2	10° 55' 35.6	85° 02' 24.5		2	10° 55' 39.2	85° 02' 23.2		2	10° 55' 39.3	85° 02' 24.7
	3	10° 55' 36.4	85° 02' 24.2		3	10° 55' 39.9	85° 02' 22.9		3	10° 55' 38.7	85° 02' 25.0
	4	10° 55' 37.1	85° 02' 24.0		4	10° 55' 40.5	85° 02' 22.7		4	10° 55' 38.1	85° 02' 25.2
	5	10° 55' 37.8	85° 02' 23.7		5	10° 55' 40.6	85° 02' 24.3		5	10° 55' 37.3	85° 02' 25.5
DUECK MAP											
	Latitud Norte	Longitud oeste		Latitud Norte	Longitud oeste		Latitud Norte	Longitud oeste			
LOTE 1	1	10° 55' 35.0	85° 02' 24.2	LOTE 2	1	10° 55' 40.9	85° 02' 21.9	LOTE 3	1	10° 55' 40.1	85° 02' 21.6
	2	10° 55' 36.3	85° 02' 23.7		2	10° 55' 42.0	85° 02' 21.5		2	10° 55' 39.0	85° 02' 22.1
	3	10° 55' 37.5	85° 02' 23.2		3	10° 55' 44.2	85° 02' 20.7		3	10° 55' 36.7	85° 02' 23.1
	4	10° 55' 38.6	85° 02' 22.8		4	10° 55' 43.4	85° 02' 20.5		4	10° 55' 35.5	85° 02' 23.5
	5	10° 55' 39.8	85° 02' 22.3		5	10° 55' 42.2	85° 02' 20.9		5	10° 55' 40.1	85° 02' 21.6
SAPORRO CONVENCIONAL											
	Latitud Norte	Longitud oeste		Latitud Norte	Longitud oeste		Latitud Norte	Longitud oeste			
LOTE 1	1	10° 57' 25.4	85° 07' 58.3	LOTE 2	1	10° 57' 23.1	85° 07' 59.0	LOTE 3	1	10° 57' 21.5	85° 07' 59.5
	2	10° 57' 24.8	85° 07' 58.5		2	10° 57' 22.6	85° 07' 59.2		2	10° 57' 20.6	85° 07' 59.4
	3	10° 57' 23.8	85° 07' 58.8		3	10° 57' 22.0	85° 07' 59.4		3	10° 57' 21.1	85° 08' 00.4
	4	10° 57' 25.3	85° 07' 58.8		4	10° 57' 23.0	85° 08' 00.5		4	10° 57' 21.7	85° 08' 00.5
	5	10° 57' 25.4	85° 07' 58.3		5	10° 57' 24.1	85° 07' 59.4		5	10° 57' 22.4	85° 08' 00.5
SAPORRO MAP											
	Latitud Norte	Longitud oeste		Latitud Norte	Longitud oeste		Latitud Norte	Longitud oeste			
LOTE 1	1	10° 57' 27.2	85° 07' 58.3	LOTE 2	1	10° 57' 28.0	85° 07' 56.0	LOTE 3	1	10° 57' 28.8	85° 07' 54.0
	2	10° 57' 27.5	85° 07' 57.4		2	10° 57' 28.3	85° 07' 55.3		2	10° 57' 29.1	85° 07' 53.4
	3	10° 57' 27.7	85° 07' 56.7		3	10° 57' 28.5	85° 07' 54.6		3	10° 57' 29.4	85° 07' 52.7
	4	10° 57' 27.4	85° 07' 55.8		4	10° 57' 28.0	85° 07' 54.4		4	10° 57' 28.5	85° 07' 53.2
	5	10° 57' 27.2	85° 07' 56.4		5	10° 57' 27.7	85° 07' 55.1		5	10° 57' 28.2	85° 07' 53.9
JUAN ORTIZ											
	Latitud Norte	Longitud oeste		Latitud Norte	Longitud oeste		Latitud Norte	Longitud oeste			
LOTE 1	1	10° 56' 58.0	84° 58' 57.5	LOTE 2	1	10° 56' 59.9	84° 58' 58.5	LOTE 3	1	10° 57' 01.8	84° 58' 59.7
	2	10° 56' 58.8	84° 58' 57.8		2	10° 57' 00.5	84° 58' 58.9		2	10° 57' 02.3	84° 59' 00.4
	3	10° 56' 59.4	84° 58' 58.1		3	10° 57' 01.1	84° 58' 59.3		3	10° 57' 03.0	84° 59' 00.5
	4	10° 56' 59.8	84° 58' 59.4		4	10° 57' 01.0	84° 59' 00.1		4	10° 57' 02.0	84° 59' 01.1
	5	10° 56' 59.2	84° 58' 58.9		5	10° 57' 00.4	84° 58' 59.8		5	10° 57' 01.5	84° 59' 00.1
FELIX ARTAVIA											
	Latitud Norte	Longitud oeste		Latitud Norte	Longitud oeste		Latitud Norte	Longitud oeste			
LOTE 1	1	10° 55' 04.0	84° 57' 38.4	LOTE 2	1	10° 55' 01.7	84° 57' 43.1	LOTE 3	1	10° 55' 01.0	84° 57' 47.0
	2	10° 55' 03.2	84° 57' 37.3		2	10° 54' 59.9	84° 57' 43.0		2	10° 55' 03.0	84° 57' 46.0
	3	10° 55' 02.3	84° 57' 38.6		3	10° 55' 00.3	84° 57' 42.1		3	10° 55' 02.7	84° 57' 44.0
	4	10° 55' 02.8	84° 57' 40.9		4	10° 55' 00.6	84° 57' 44.3		4	10° 55' 03.8	84° 57' 39.4
	5	10° 55' 03.2	84° 57' 41.9		5	10° 55' 01.7	84° 57' 45.7		5	10° 55' 03.1	84° 57' 39.5

Anexo 3. Paquetes tecnológicos de Manejo de Fertilización usados en la producción de arroz, Upala, Alajuela. Junio – Noviembre. 2007.

CONVENCIONAL							
# de aplicación	qq semilla/ha	Edad(DDS)	kg/ha	Fórmula	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	3-3,5	0	100	18-46-0	18	46	0
2		21	100	10-30-10	10	30	10
3		45	50	26-0-26	13	0	13
4		55	50	46-0-0	23	0	0
Total				300		64	76
Manejo de Alta Productividad							
# de aplicación	qq semilla/ha	Edad(DDS)	kg/ha	Fórmula	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2-2,5	0	225	15.1-23.1-21	34	52	47,25
2		21	100	Urea azufrada	46	0	0
3		45	100	26-0-26	52	0	52
Total				425		132	52

Información brindada por Oficina Regional Huetar Norte, CONARROZ.

Anexo 4. Resumen datos climáticos, Upala, Alajuela. Junio – Julio 2007.

Fecha	Junio			Fecha	Julio		
	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Precipitación (mm)		Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Precipitación (mm)
01/06/2007	26	81	0	01/07/2007	28	85	46
02/06/2007	27	78	0	02/07/2007	27	87	124
03/06/2007	28	76	6	03/07/2007	26	92	21
04/06/2007	27	81	0	04/07/2007	25	94	0
05/06/2007	28	78	127	05/07/2007	25	95	0
06/06/2007	26	86	0	06/07/2007	26	91	0
07/06/2007	26	89	259	07/07/2007	24	96	0
08/06/2007	25	91	18	08/07/2007	25	93	6
09/06/2007	26	85	36	09/07/2007	25	90	0
10/06/2007	25	88	33	10/07/2007	25	90	8
11/06/2007	26	84	0	11/07/2007	25	86	35
12/06/2007	27	84	0	12/07/2007	25	88	14
13/06/2007	27	81	0	13/07/2007	25	91	0
14/06/2007	27	82	4	14/07/2007	26	89	0
15/06/2007	26	87	0	15/07/2007	26	88	0
16/06/2007	27	85	25	16/07/2007	27	79	0
17/06/2007	26	85	2	17/07/2007	25	89	72
18/06/2007	25	90	0	18/07/2007	24	91	2
19/06/2007	27	82	0	19/07/2007	26	87	53
20/06/2007	25	88	0	20/07/2007	27	81	0
21/06/2007	25	87	0	21/07/2007	26	87	192
22/06/2007	27	85	0	22/07/2007	25	88	7
23/06/2007	26	90	0	23/07/2007	26	83	0
24/06/2007	26	88	0	24/07/2007	26	87	76
25/06/2007	26	89	0	25/07/2007	25	92	0
26/06/2007	26	87	0	26/07/2007	26	84	0
27/06/2007	25	92	0	27/07/2007	27	82	58
28/06/2007	25	91	0	28/07/2007	26	85	0
29/06/2007	25	93	0	29/07/2007	26	86	0
30/06/2007	26	89	0	30/07/2007	25	88	0
				31/07/2007	25	90	0

Estación meteorológica Compañía Agrícola BC, Upala, Alajuela.

Anexo 5. Resumen datos climáticos, Upala, Alajuela. Agosto – Septiembre 2007.

Fecha	Agosto			Fecha	Septiembre		
	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Precipitación (mm)		Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Precipitación (mm)
01/08/2007	27	85	0	01/09/2007	26	84	0
02/08/2007	26	84	0	02/09/2007	25	86	0
03/08/2007	25	87	0	03/09/2007	25	89	0
04/08/2007	26	86	0	04/09/2007	26	77	0
05/08/2007	25	90	5	05/09/2007	25	86	0
06/08/2007	25	88	72	06/09/2007	25	90	0
07/08/2007	26	87	5	07/09/2007	27	83	0
08/08/2007	26	85	0	08/09/2007	25	87	0
09/08/2007	27	85	0	09/09/2007	26	85	0
10/08/2007	27	84	0	10/09/2007	26	86	0
11/08/2007	26	87	38	11/09/2007	26	86	0
12/08/2007	24	93	49	12/09/2007	26	86	55
13/08/2007	26	84	0	13/09/2007	26	89	0
14/08/2007	27	82	0	14/09/2007	24	93	0
15/08/2007	26	84	0	15/09/2007	24	94	0
16/08/2007	26	84	0	16/09/2007	24	92	0
17/08/2007	26	87	0	17/09/2007	26	87	0
18/08/2007	25	90	0	18/09/2007	27	84	0
19/08/2007	25	88	3	19/09/2007	26	87	0
20/08/2007	26	84	0	20/09/2007	25	91	0
21/08/2007	26	82	0	21/09/2007	26	87	0
22/08/2007	25	86	41	22/09/2007	26	88	0
23/08/2007	26	86	0	23/09/2007	26	85	0
24/08/2007	27	85	0	24/09/2007	25	89	0
25/08/2007	25	89	0	25/09/2007	26	84	0
26/08/2007	26	89	0	26/09/2007	26	86	0
27/08/2007	25	89	0	27/09/2007	25	89	0
28/08/2007	26	84	0	28/09/2007	26	84	0
29/08/2007	27	85	0	29/09/2007	26	87	0
30/08/2007	26	90	0	30/09/2007	25	91	0
31/08/2007	26	86	0				

Estación meteorológica Compañía Agrícola BC, Upala, Alajuela.

Anexo 6. Resumen datos climáticos, Upala, Alajuela. Octubre – Noviembre 2007.

Fecha	Octubre			Fecha	Noviembre		
	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Precipitación (mm)		Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Precipitación (mm)
01/10/2007	26	83	43	01/11/2007	26	84	0
02/10/2007	26	85	1	02/11/2007	26	82	0
03/10/2007	24	91	16	03/11/2007	26	82	0
04/10/2007	26	86	14	04/11/2007	25	82	0
05/10/2007	26	83	8	05/11/2007	24	92	30
06/10/2007	25	89	0	06/11/2007	24	91	106
07/10/2007	26	80	0	07/11/2007	23	90	25
08/10/2007	27	76	0	08/11/2007	24	89	0
09/10/2007	26	83	15				
10/10/2007	27	79	0				
11/10/2007	27	77	0				
12/10/2007	27	81	0				
13/10/2007	26	85	0				
14/10/2007	26	86	0				
15/10/2007	25	89	0				
16/10/2007	25	88	0				
17/10/2007	25	92	0				
18/10/2007	25	91	0				
19/10/2007	25	89	0				
20/10/2007	25	85	66				
21/10/2007	24	89	102				
22/10/2007	24	89	55				
23/10/2007	26	83	0				
24/10/2007	25	84	0				
25/10/2007	26	82	0				
26/10/2007	25	86	43				
27/10/2007	25	82	5				
28/10/2007	26	80	0				
29/10/2007	26	82	0				
30/10/2007	27	80	0				
31/10/2007	25	89	23				

Estación meteorológica Compañía Agrícola BC, Upala, Alajuela.

Anexo 7. Resultados análisis de suelos de las fincas en estudio, Upala, Alajuela, 2007.

Identificación	cmol(+)/L					mg/L					%
	pH	K	Ca	Mg	Acidez extraíble	P	Fe	Cu	Zn	Mn	
Félix Artavia	5,4	0,53	14,46	3,85	0,21	11	191	9	5,3	88	1,10
Saporro MAP	6,1	0,61	8,16	2,24	0,12	18	183	13	3,5	42	1,08
Saporro Conv	6,3	0,65	10,69	2,19	0,11	30	164	14	5,7	41	0,81
Andrés Dueck MAP	5,8	0,62	14,98	3,42	0,15	14	81	5	6,4	101	0,78
Andrés Dueck conv	5,8	0,86	16,12	3,18	0,15	12	72	3	5,2	81	0,74
CTP Upala	5,0	0,34	4,8	1,42	0,44	6	138	8	3,2	249	6,29
Juan Ortiz	5,6	0,56	16,02	4,5	0,15	14	166	7	4,5	52	0,71

Laboratorio de suelos y foliares CAFESA.