



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias Agrarias

Escuela de Agronomía

Variación de la fauna nematológica de un suelo forestal sometido a la aplicación de efluentes provenientes de una industria de levaduras.

Tesis presentada como parte de los requisitos para optar al grado de Licenciado en Agronomía.

PATRICIO ALEJANDRO VIDAL VIDAL

VALDIVIA – CHILE

2003

Profesor patrocinante

Laura Böhm Stoffel.

Ing. Agr.

Profesores informantes

Roberto Carrillo Llorente.

Ing. Agr., M. Sc., Ph. D.

Andrea Báez Montenegro.

Estadístico., Dr. (c) Economía Aplicada.

AGRADECIMIENTOS

A la Sra. Laura Böhm, por su constante preocupación y apoyo, durante el desarrollo de esta tesis.

A mis profesores informantes, Sr. Roberto Carrillo y Srta. Andrea Báez, gracias por su colaboración y orientación en el desarrollo de esta investigación.

A mis padres Hernán y Marlene, por su importante apoyo y comprensión durante mis años de estudio, animándome a ser una mejor persona. También doy las gracias a mi hermano Lucho gracias por su apoyo y sabios consejos cada vez que lo requerí.

También a los buenos amigos que hice durante mi paso por la Universidad: Carlos Villagra, Javier Bravo, Helmuth Alarcón, Rafael Apablaza, Mauricio Llancavil y Esteban Cárcamo.

Finalmente a mi amor Tania Carrillo, gracias por quererme y apoyarme incondicionalmente cuando más lo necesite.

INDICE DE MATERIAS

Capítulo		Página
1	INTRODUCCION	1
2	REVISION BIBLIOGRAFICA	3
2.1	Efluentes	3
2.1.1	Efluentes de la industria de levaduras	3
2.1.1.1	Composición del efluente de levaduras	3
2.1.1.2	Valor nutritivo del efluente levaduras	4
2.1.1.3	Posibles usos del efluente	6
2.2	Nemátodos	6
2.2.1	Clasificación de los nemátodos	7
2.2.2	Estructura general y morfología	9
2.2.2.1	Cutícula	9
2.2.2.2	Hipodermis	10
2.2.2.3	Musculatura	10
2.2.2.4	Sistema excretor	11
2.2.2.5	Pseudoceloma	12
2.2.2.6	Sistema digestivo	13
2.2.2.7	Sistema reproductor	15
2.2.2.8	Huevos y juveniles	17
2.2.2.8.1	Biología y desarrollo	18
2.2.2.8.2	Fases larvarias	18
2.3	Dispersión de los nemátodos	19
2.3.1	Movimiento en el suelo	20

Capítulo		Página
2.3.2	Aislamiento de los nemátodos del suelo	21
2.4	El ambiente suelo-planta	22
2.4.1	Efectos de la textura y estructura del suelo sobre los nemátodos	22
2.4.2	Efectos del pH	23
2.4.3	Efectos de la incorporación de enmiendas	23
2.5	Rol de los nemátodos como bioindicadores en el suelo	23
2.5.1	Uso de los nemátodos como bioindicadores	25
2.6	Indices ecológicos como indicadores de biodiversidad	25
2.6.1	Indice de diversidad de Shannon y Wiener (H)	26
2.6.2	Indice de madurez para las comunidades de nemátodos	26
3	MATERIAL Y METODO	28
3.1	Material	28
3.1.1	Area de estudio	28
3.1.2	Características del suelo	28
3.1.3	Clima	29
3.1.4	Plantación forestal	30
3.1.5	Efluentes	31
3.1.6	Equipos y material de campo	32
3.1.7	Equipos y material de laboratorio	32
3.2	Método	32
3.2.1	Aplicación del efluente	32
3.2.2	Muestreo de la fauna de nemátodos	33
3.2.3	Epocas de muestreo	34
3.2.4	Recolección de las muestras	34
3.2.5	Procesamiento de las muestras	34
3.2.6	Análisis cualitativo y cuantitativo, de las poblaciones de nemátodos presentes en las muestras	36

Capítulo		Página
3.2.7	Clasificación de las poblaciones por taxones	36
3.3	Evaluaciones	36
3.4	Diseño experimental del ensayo	37
3.5	Análisis estadístico	38
4	PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS	40
4.1	Población total de nemátodos durante en ensayo	40
4.1.1	Fluctuación en el número total de nemátodos por estrato	42
4.1.2	Número total de nemátodos según dosis de efluente	45
4.1.3	Número total de nemátodos para cada dosis de efluente durante el periodo de ensayo	47
4.1.4	Efectos de los tratamientos en la variación de la estructura de las comunidades de nemátodos	49
4.1.5	Variación de los nemátodos según su distinto hábito alimenticio	52
4.1.5.1	Variación en el grupo de nemátodos fitoparásitos durante el ensayo	52
4.1.5.2	Variación en el grupo de nemátodos bacteriófagos durante el ensayo	54
4.1.5.3	Variación en el grupo de nemátodos fungívoros durante el ensayo	56
4.1.5.4	Variación en el grupo de nemátodos depredadores durante el ensayo	58
4.2	Distribución porcentual por género nemátodos del suelo durante el ensayo	60
4.3	Indices ecológicos como indicadores de perturbación medio ambiental	64
4.3.1	Diversidad en la fauna nematológica del suelo	64

Capítulo		Página
4.3.2	Indice de madurez (IM)	66
5	CONCLUSIONES	70
6	RESUMEN	72
	SUMMARY	74
7	BIBLIOGRAFIA	76
	ANEXOS	84

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Calidad del agua residual de la producción de levadura (efluente)	5
2	Composición química del efluente industrial de levaduras	31
3	Valores c- p para familias de nemátodos terrestres y acuáticos	39
4	Efectos de la dosis de efluente en el número total de nemátodos en 50 g de suelo para el estrato de 0-10 cm	46
5	Efectos de la dosis de efluente en el número total de nemátodos en 50 g de suelo para el estrato de 10-30 cm	47
6	Efecto de la época en el número total de nemátodos por cada dosis de efluente (estrato de 0-10 cm)	48
7	Efecto de la época en el número total de nemátodos por cada dosis de efluente (estrato de 10-30 cm)	49
8	Efectos de los tratamientos en el número total de nemátodos fitoparásitos en el perfil de suelo de 0-10 cm	53
9	Efectos de los tratamientos en el número total de nemátodos fitoparásitos en el perfil de suelo de 10-30 cm	54
10	Efectos de los tratamientos en el número total de nemátodos bacteriófagos en el perfil de suelo de 0-10 cm.	55
11	Efectos de los tratamientos en el número total de nemátodos bacteriófagos en el perfil de suelo de 10-30 cm.	56
12	Efectos de los tratamientos en el número total de nemátodos fungívoros en el perfil de suelo de 0-10 cm	57
13	Efectos de los tratamientos en el número total de nemátodos fungívoros en el perfil de suelo de 10-30 cm	57

Cuadro		Página
14	Efectos de los tratamientos en el número total de nemátodos depredadores en el perfil de suelo de 0-10 cm	58
15	Efectos de los tratamientos en el número total de nemátodos depredadores en el perfil de suelo de 10-30 cm	59
16	Composición porcentual de la fauna nematológica del suelo durante el ensayo, para el estrato de 0-10 cm	62
17	Composición porcentual de la fauna nematológica del suelo durante el ensayo, para el estrato de 10-30 cm	63
18	Indices de la fauna nematológica del suelo durante el ensayo, para el estrato de 0-10 cm	65
19	Indices de la fauna nematológica del suelo durante el ensayo, para el estrato de 10-30 cm	65

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Clasificación de los nemátodos	8
2	Modificación del estoma en diferentes grupos de nemátodos según su hábito alimenticio	14
3	Ubicación y vista oeste de la plantación de <i>Eucaliptos globulus</i> , donde realizo el ensayo	29
4	Promedio de precipitaciones y temperaturas medias mensuales durante el ensayo	30
5	Diagrama de la ubicación del contenedor, tuberías y parcelas en el ensayo	33
6	Variación en la población total de nemátodos durante el ensayo en el estrato de 0-30 cm de profundidad	41
7	Número promedio de nemátodos por 50 g de suelo en cada profundidad de muestreo	43
8	Aporte porcentual de los grupos alimenticios de nemátodos durante el ensayo para el estrato de 0-10 cm	50
9	Aporte porcentual de los grupos alimenticios de nemátodos durante el ensayo para el estrato de 10-30 cm	51

INDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1	Aporte promedio de nemátodos en 50 g de suelo para las dos profundidades de muestreo (julio 2000)	85
2	Aporte promedio de nemátodos en 50 g de suelo para las dos profundidades de muestreo (diciembre 2000)	86
3	Aporte promedio de nemátodos en 50 g de suelo para las dos profundidades de muestreo (abril 2001)	87
4	Aporte promedio de nemátodos en 50 g de suelo para las dos profundidades de muestreo (marzo 2002)	88

1 INTRODUCCION

Uno de los principales problemas en la actualidad es la inmensa producción de residuos que supone la presencia del hombre sobre el planeta. Estos residuos provocan una progresiva degradación del entorno que puede llegar a ser, en algunos casos, irreversible; por ello se hace necesaria la búsqueda de procesos que permitan la eliminación controlada de los mismos.

Existe conciencia a nivel mundial sobre la importancia de contar con métodos alternativos y de menor costo que posibiliten darle un destino útil a los residuos industriales, incluso aquellos que presentan una elevada concentración de algunos componentes que pueden caer dentro de la categoría de contaminantes.

Una alternativa interesante, lo representa el reciclaje de residuos industriales líquidos o efluentes como aditivos al suelo, tanto para utilizar su valor como nutriente para el desarrollo vegetal, así como para permitir que el suelo actúe en calidad de filtro físico - químico y reactor biológico. Esto, considerando que el suelo es un cuerpo natural constituido por sustancias de tipo orgánico e inorgánico de diverso tamaño y composición, que en su distribución espacial posee poros los cuales pueden estar ocupados por agua y/o aire; sirviendo este de hábitat para organismos de origen animal y vegetal, los cuales se nutren y reproducen de acuerdo a su potencial genético y las condiciones edafoclimáticas existentes.

Por otra parte, existen distintos métodos para determinar la alteración del ecosistema en el suelo, entre los cuales se puede mencionar el medir las variaciones en las comunidades de nemátodos, las cuales pueden usarse como bioindicadores de la sanidad y condición del suelo.

Los nemátodos, organismos pertenecientes al reino animal, son muy cosmopolitas, debido a que pueden encontrarse en una gran variedad de hábitats, como son el medio acuático y terrestre, respondiendo rápidamente a las alteraciones de su medio ambiente, por lo cual se utilizan como indicadores biológicos de la perturbación medio ambiental.

Para este estudio, se planteó la hipótesis de que los nemátodos del suelo se ven afectados tanto en número como en biodiversidad, por las distintas dosis de efluentes de una industria de levaduras aplicadas al suelo.

Por lo tanto el objetivo general de este ensayo fue:

- _ Determinar las alteraciones en la fauna nematológica de un suelo, sometido al efecto de la aplicación del efluente proveniente de una industria de levaduras.

Los objetivos específicos fueron:

- _ Medir las fluctuaciones poblacionales de nemátodos presentes en un suelo sometido a cuatro meses de aplicación de efluentes en distintas dosis.
- _ Comparar la aplicación de dos índices ecológicos como indicadores de biodiversidad.

2 REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 Efluentes.

FLORS *et al.* (1981), sostienen que en los procesos industriales de fabricación de levaduras se producen residuos denominados efluentes. Según este autor los efluentes se caracterizan por presentarse como una suspensión negrusca, sin olores ofensivos y que sedimenta fácilmente. Tienen pH aproximadamente neutro y esta constituido por una serie de componentes inorgánicos solubles e insolubles (sales y ácidos). Contiene, además, diferentes materiales orgánicos no digeridos (proteínas, grasas, celulosa, lignina, etc.) y también bacterias responsables del proceso.

2.1.1 Efluentes de la industria de levaduras. MARTIN (2002), lo define como un desecho líquido, producto de la fabricación de levaduras, el cual es rico en carbono por estar constituido de vinaza, restos de melaza y otros compuestos orgánicos e inorgánicos.

2.1.1.1 Composición del efluente de levaduras. El efluente que emana del proceso industrial de levaduras se caracteriza por poseer una gran cantidad de moléculas orgánicas del tipo melanoidinas, que son similares a las estructura química de las sustancias húmicas del suelo, que se encuentra en forma natural en éste (MARTIN, 2002).

En la producción de levadura los efluentes generados contienen componentes de melaza no utilizados en el proceso, así como remanentes y subproductos generados durante la fermentación; durante el proceso de elaboración de levaduras se generan efluentes con diferentes flujos de carga contaminante, siendo el lavado del aceite de levadura el que aporta la mayor carga contaminante (DIEZ *et al.*, 1995).

Según CHILE, COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CONAMA) (1998), la producción de levadura deja residuos en las distintas etapas del proceso; entre éstos se incluyen productos químicos utilizados en la limpieza, como ácido sulfúrico, ácido fosfórico, monofósforo de amonio, hidróxido de amonio, soda cáustica, hipoclorito de sodio y sales.

DIEZ *et al.* (1995), señalan que la principal característica de los efluentes de levaduras es su elevado valor de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO), además, de contener gran cantidad de sólidos totales (ST), y una intensa coloración marrón, derivada de pigmentos que contienen melaninas, los cuales son de difícil degradación por los sistemas biológicos convencionales.

Por su parte RUFFER (1991), indica que el agua residual de una industria de levaduras posee un olor a levadura característico, es de coloración marrón, presenta una elevada demanda química de oxígeno, y altos niveles de nitrógeno y potasio, como se detalla en el Cuadro 1.

SCHLATTER *et al.* (1997), señalan que el efluente de la industria de levaduras contiene sedimentos, sales solubles como cloruros, sulfatos y boratos de sodio y potasio, y compuestos que contienen nitrógeno y fósforo, es decir, los principales elementos que componen este residuo son carbono, nitrógeno, sodio, potasio, calcio, azufre y en menor medida fósforo y boro. Todos excepto sodio, son elementos esenciales para los vegetales.

2.1.1.2 Valor nutritivo del efluente de levaduras. FLORS *et al.* (1981), describe el material residual obtenido de una industria de levaduras, como un producto de la fermentación, que consiste en una parte líquida y otra sólida, tipo lodo. El efluente o parte líquida, puede ser utilizado como fertilizante el cual contiene varios nutrientes solubles en agua, como fosfatos, amonio, sales de potasio y otras sales orgánicas.

CUADRO 1 Calidad del agua residual de la producción de levadura (efluente).

Parámetros	Contenidos
Color	Café a café oscuro
Olor	Levadiriforme (post fermentación)
Volumen de residuo	10 -40 m ³ /t de melaza*
Sólidos sedimentales	0 -5 mL/L
pH	4,8-6,5
Demanda química de oxígeno (DQO)	5000 -25000 mg/L
Carga específica de DQO	160 -265 (*)kg/t de melaza
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	3500 - 18000 mg/L
Carga específica de DBO ₅	120 - 220 kg/t de melaza
Sulfatos (SO ₄ ⁻²)	600 - 1200 mg/L
Nitrógeno total	500 -1200 mg/L
Fósforo total	10 - 50 mg/L
Potasio total	100 - 2000 mg/L

* Melaza de calidad 180 a 210 kg /t

FUENTE: RUFFER (1991).

FLORS *et al.* (1981), indican que la fracción sólida contiene la mayor parte de los elementos nutritivos y componente materiales, incluidos los ácidos húmicos, los que formados a partir de la lignina, proteínas, polisacáridos y otros mejoran la estructura granular del suelo; este residuo sólido también contiene residuos orgánicos sin descomponer como la lignina. Por otra parte, en la fracción de cenizas, presenta sustancias solubles como iones de amonio, potasio, radicales fosfóricos, y algunos elementos trazas absorbidos de la materia orgánica de intercambio.

DEMANT (1987), agrega que el efluente proveniente del proceso de elaboración de levaduras, contiene vitaminas y fitohormonas, como resultado de la actividad microbiana, y ha demostrado tener cierta influencia en el crecimiento de las plantas.

2.1.1.3 Posibles usos del efluente. MARTIN (2002), quien evaluó el uso del efluente de levaduras como fertilizante en un bosque de *E. globulus*, señala que una las principales limitantes en su utilización es la gran cantidad de sodio y potasio que contiene, lo que provoca un deterioro de la estructura del suelo, al dispersar los poros de éste. El mismo autor, agrega que como alternativa de evacuación y reciclaje de efluentes de una industria de levaduras, se requiere de una modificación previa de ellos, o aplicar dosis diluidas, y lograr así disminuir los niveles de sodio y potasio en el efluente.

También QUINTERO (2001), indica que para poder utilizar el efluente como fertilizante se debe diluir primero en agua y a esta solución se le agrega ácido acético. Además, señala que la melaza que forma parte del efluente de levaduras es un ingrediente importante, ya que contiene boro, elemento esencial para los cultivos de coles como el repollo y el brócoli.

2.2 Nemátodos.

La palabra nemátodo deriva de la palabra griega “nema” que significa hilo. Estos organismos son elongados y tubulares, con movimientos serpenteantes, y la mayoría de las especies son de vida libre (DROPKIN, 1980).

Estructuralmente los nemátodos son organismos simples, característicamente pseudocelomados, cubiertos por una cutícula proteínica. Los adultos contienen aproximadamente unas 1.000 células somáticas, y potencialmente centenares de células asociadas al sistema reproductivo. Se diferencian de los platelmintos por la presencia de un ano caudal (que falta en algunas especies) y por la faringe, cuya musculatura procede de las células de la pared y no del mesodermo (HICKMAN, 1986).

WARWICK (1975), señala que estos organismos pertenecen al reino animal y la mayoría de las especies de vida libre son habitantes del suelo, donde se mueven en las capas de agua.

Según MAGGENTI (1981), los nemátodos son uno de los grupos más abundante de invertebrados, con cerca de 30.000 especies descritas. Aproximadamente 50% de estas especies corresponden a especies marinas, los cuales son muy abundantes en los océanos incluso en zonas muy profundas. Un 15% aproximadamente de las especies conocidas son parásitos de animales invertebrados y vertebrados, donde se incluyen los parásitos de animales domésticos, y solo un 25 % de las especies son de vida libre y de estos cerca del 10% son parásitos de plantas. SOUTHEY (1970), señala que los nemátodos se encuentran en todo tipo de hábitat incluso en altas montañas y que en las tierras agrícolas abundan especies parásitas de plantas. Algunos nemátodos son cosmopolitas, mientras la distribución de otros es restringida por condiciones geográficas o medioambientales. La distribución de muchas especies ha sido influenciada por la actividad del hombre.

2.2.1 Clasificación de los nemátodos. Existen discrepancias entre los especialistas en la clasificación taxonómica de los nemátodos; sin embargo, una de las mas aceptadas en la actualidad es aquella que los integra en un Phylum separado, correspondiendo a este al Phylum Nematoda, el cual integra la clase Nematodea y dos subclases: Adenophorea y Secernentea (SOUTHEY, 1978).

Las otras formas de clasificación mantienen los órdenes, subórdenes, familias y taxones que son los más relevantes para clasificar especies, como lo señala la Figura 1.

POINAR (1979), entre otros autores, señala que los nemátodos se agrupan en dos grandes clases Adenophorea y la clase Secernentea, en la cual pretende agrupar y clasificar a nemátodos de una amplia diversidad de hábitat y caracteres.

Estos individuos se pueden clasificar además de acuerdo a su hábito alimenticio, así de acuerdo a BONGERS (1990), la mayoría de los nemátodos que habitan el suelo, se pueden integrar en uno de los siguientes grupos:

- _ Fitoparásitos: en este grupo se incluyen todos aquellos géneros que se alimentan especies vegetales vivas, estos son capaces de atacar las raíces, tallos, flores y semillas.
- _ Bacteriófagos: corresponde a nemátodos que obtienen su alimento directamente de la materia orgánica en descomposición.
- _ Fungívoros: en este grupo se incluyen aquellas especies que se alimenta de hongos.
- _ Depredadores: agrupa a especies que se alimentan de pequeños animales incluidos otros nemátodos.

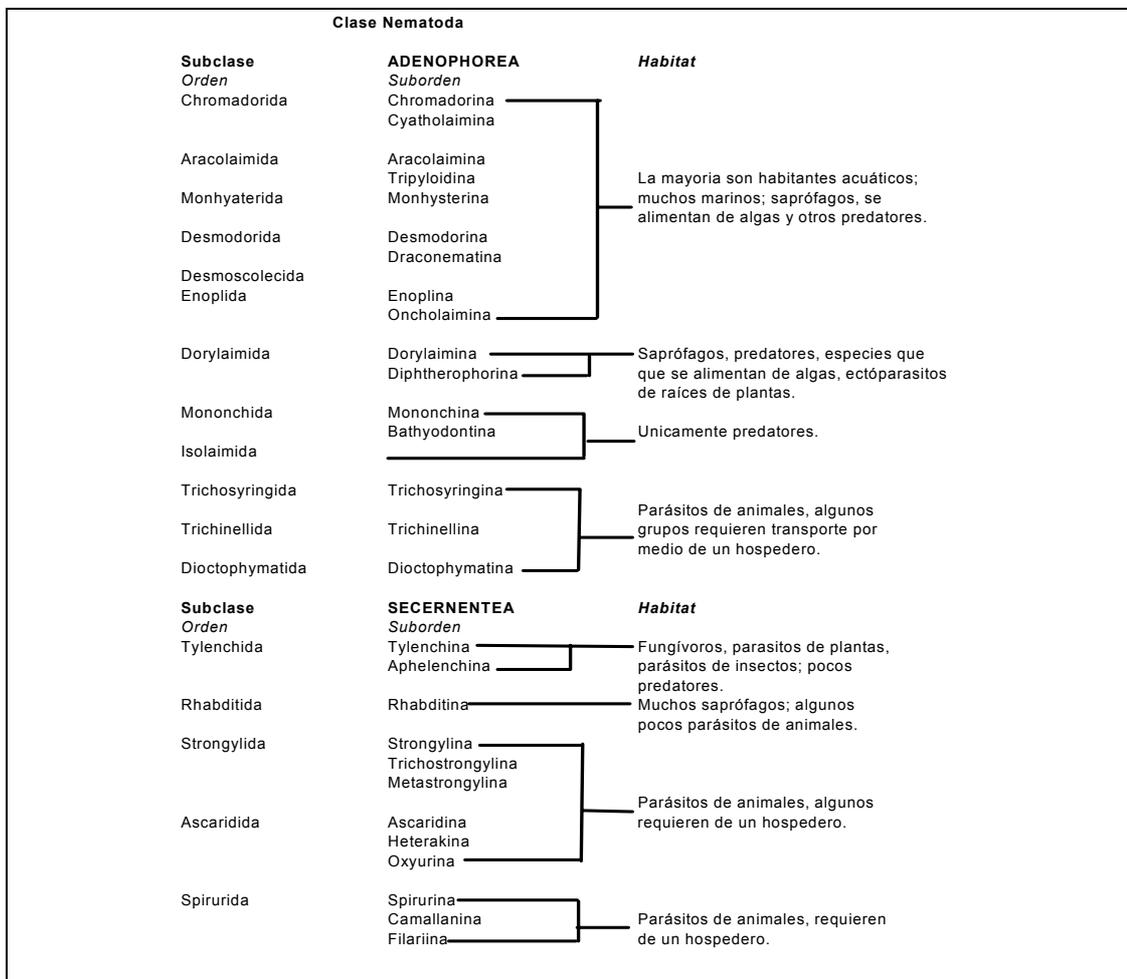


FIGURA 1 Clasificación de los nemátodos.

FUENTE: SOUTHEY (1978).

2.2.2 Estructura general y morfología. SOUTHEY (1978), explica que los nemátodos son organismos pseudocelomados, generalmente vermiformes, no segmentados, presentan simetría bilateral y hexaradial en la región cefálica, con cutícula más o menos estriada; en estos organismos los sistemas muscular, nervioso, reproductivo y digestivo se encuentran bien definidos.

Los nemátodos de vida libre, incluyendo los que parásitan plantas, son en general organismos pequeños de 0,2 mm a 2,0 mm. Su pequeño tamaño, sumado al hecho de tener cuerpo translúcido hace que no sean observables a simple vista, pero se pueden ver con facilidad en el microscopio cuando se aíslan en suelo y se depositan en agua (AGRIOS, 1996).

ROMAN (1978), agrega que el cuerpo de los nemátodos es simple, los nemátodos son metazoarios, ósea organismos pluricelulares, cuya forma corporal es cilíndrica y fusiforme con el diámetro de su extremo generalmente reducido.

Según POINAR (1979), los nemátodos no presentan un sistema circulatorio y respiratorio propiamente, en los demás órganos son similares a los organismos superiores.

2.2.2.1 Cutícula. El cuerpo de los nemátodos está recubierto por una cutícula incolora, que presenta estrías o marcas cuticulares; esta cutícula es removida cuando los nemátodos pasan a través de etapas larvarias sucesivas. La cutícula es producida por la hipodermis, que se extiende por la cavidad del cuerpo, inmediatamente bajo la cutícula como cuatro cordones que separan cuatro bandas de músculos longitudinales (HIRSCHMANN, 1960).

BIRD y BIRD (1998), indican que la cutícula se presenta como una estructura formada por cuatro capas, una cortical (exocutícula), otras dos capas medias (mesocutícula, y una matriz mas homogénea), y finalmente la parte basal (endocutícula).

La superficie cuticular presenta distintas adaptaciones morfológicas como son estrías y proyecciones que en algunos casos aparentan filamentos, los cuales participan como órganos sensoriales y tienen un rol en la locomoción (BLAXTER y ROBERTSON, 1998; SOUTHEY ,1978). De hecho, parte importante de los caracteres taxonómicos utilizados para la identificación de las diferentes taxas se basan en aspectos de la cutícula (MAGUNACELAYA y DAGNINO, 1999).

2.2.2.2 Hipodermis. Corresponde a un grupo de células glandulares que se extiende a lo largo de la cavidad del cuerpo a manera de cuatro cordones que separan cuatro bandas de músculos longitudinales, los cuales permiten la movilidad del individuo (AGRIOS, 1996).

La hipodermis, es particularmente importante en la actividad metabólica del nemátodo y es responsable entre otras cosas de la mantención de la secreción de la cutícula (BLAXTER y ROBERTSON, 1978). Es llamada en algunos caso epidermis o subcutícula (BIRD, 1971).

2.2.2.3 Musculatura. Las células de la musculatura somática se disponen longitudinalmente en bandas con forma de huso. Cada célula consta de dos regiones, una contráctil y una no contráctil, de la que depende los procesos mioneuronales (relación musculatura sistema nervios). La porción contráctil consta de variós elementos de este tipo de disposición oblicua. Las bandas musculares están compuestas de dos o más tipos de fibras (MAGUNACELAYA y DAGNINO, 1999).

Según HICKMAN *et al.* (1986), el sistema muscular está constituido por una capa muscular, que corresponde a la musculatura somática general, y músculos

especializados. La capa muscular está formada por células mioepiteliales, fusiformes, que forman fibras longitudinales, situadas en cuatro bandas o cuadrantes (dos masas musculares dorsales y dos ventrales, separadas en sentido longitudinal por una línea dorsal, una línea ventral y dos líneas laterales, formadas por relieves de la subcutícula), entre los cordones longitudinales.

2.2.2.4 Sistema excretor. BIRD y BIRD (1998), señalan que en nemátodos se presentan dos tipos de sistemas excretores: uno glandular y uno constituido por canales excretores (conductos acuíferos). El glandular es un tipo de excreción encontrado en muchas especies de vida libre, marina y acuática y generalmente se considera una característica primitiva.

DE BAUER (1987), agrega que en la clase Secernentea se agrupan aquellas especies con el aparato excretor bien definido, en cambio las especies de la clase Adenophorea poseen su aparato excretor poco desarrollado.

LUC *et al.* (1990), señalan que la forma de excreción de los nemátodos es a través del mecanismos de difusión, por el cual eliminan amonio, a través de la pared corporal. Carecen de protonefridios y unos pocos nemátodos carecen de cualquier sistema de excreción. La osmorregulación, la regulación iónica y, quizás, la excreción de otros desechos, se asocian generalmente con estructuras especializadas particulares: una célula o células glandulares excretoras (glándula ventral), sistema de canales excretores (conductos acuíferos), o ambos (LUC *et al.*, 1990; WRIGHT y PERRY, 1998).

En los nemátodos parásitos de las plantas la única parte que generalmente se ve es una sección del tubo excretor que lleva al poro excretor; éste casi invariablemente se encuentra situado frente al esófago. Una excepción importante la constituye las especies

del género *Tylenchulus* que tienen el poro excretor por detrás del esófago. El poro mismo es visible como una abertura redonda en la parte ventral (TAYLOR, 1971).

2.2.2.5 Pseudoceloma. El cuerpo de los nemátodos tiene una cavidad o pseudoceloma, el cual es un espacio entre los músculos somáticos y el tracto alimenticio. Sus dimensiones varían dependiendo de las especies (BIRD, 1971).

El pseudoceloma es una cavidad derivada del blastocelo, ubicada entre las vísceras y la pared corporal, no está tapizada por peritoneo y posee líquido perivisceral en su interior. La cavidad se extiende desde la musculatura hasta el tubo digestivo y rodea a los órganos reproductores. Su alta presión hidrostática (fuerte turgencia) conjuntamente con la cutícula, actúan como antagonista elástico (hidroesqueleto) de la capa longitudinal muscular, lo que se correlaciona funcionalmente con la ausencia de músculos circulares (HICKMAN *et al.*, 1986).

BIRD (1971), señala que el pseudoceloma está lleno con un fluido que baña a los órganos internos y, funciona como parte del sistema que mantiene la presión y la turgencia. Este fluido pseudocelomático posee una composición compleja, presenta un pH neutro, y tiene como componentes principales a las proteínas, glucosa, sodio, fósforo, cloro, potasio y magnesio; y en menor proporción zinc, hierro y ácido ascórbico.

WARWICK (1975), agrega que el líquido que contiene el pseudoceloma es conocido como hemolinfa, el cual provee al nemátodo de un sistema de turgencia que la ayuda a mantener en posición los órganos internos, distribuye nutrientes del intestino a otros órganos y transporta oxígeno, bióxido de carbono, sales y agua.

2.2.2.6 Sistema digestivo. El sistema digestivo corresponde estructuralmente a un tubo interno que se inicia en la abertura bucal y finaliza en el ano en las hembras y juveniles y en la cloaca en los machos (AGRIOS, 1996).

SOUTHEY (1970) y LUC *et al.* (1990), indican que el aparato digestivo es casi rectilíneo, raramente ondulado; éste se extiende entre la abertura oral (anteroterminal) y la abertura anal (subterminal). Comprende un estomodeo (boca, cavidad bucal y faringe), un mesenterón (intestino medio) y un proctodeo (intestino terminal, que puede ser el recto o la cloaca). El estomodeo finaliza en la unión con el intestino donde se ubica una válvula esófago intestinal.

La abertura bucal se encuentra rodeada por seis labios en cada uno de los cuales se disponen papilas sensitivas; en los costados de la cabeza se ubican además dos órganos quimiorreceptores denominados amfidios (SOUTHEY, 1978). La apertura bucal se conecta con la cavidad bucal o estoma que corresponde a una estructura cuticular y esclerotizada, la cual puede estar armada con diversas estructuras como dientes, dentículos y estilete (AGRIOS, 1996).

El estoma esta modificado de acuerdo a los hábitos alimenticios del nemátodo (ROMAN, 1978). En la cavidad bucal los nemátodos parásitos de plantas, poseen un estilete hueco de estructura cuticular que utilizan para perforar las células vegetales de las cuales succionan su contenido para alimentarse (TAYLOR, 1971).

Según MAGUNACELAYA y DAGNINO (1999), en el estoma existen estructuras móviles y otras inmóviles; a las estructuras inmóviles se les denomina “armadura del estoma” y a las estructuras móviles se les llama “cheilostoma”. El estilete, carácter típico de los nemátodos fitoparásitos, es protráctil y proyectable, que puede ser manejado con fuertes movimientos antero-posteriores, debido su gran musculatura asociada. Este órgano se usa para romper y penetrar tejidos vegetales.

La forma y estructura de la cavidad bucal es particularmente importantes para la identificación de las especies de nemátodos (Figura 2), ya que en algunos grupos el estoma se modifica y el estilete toma la forma de una aguja para adecuarse a ciertos tipos de alimentos (McSORLEY, 1999).

Según HICKMAN *et al.* (1986), los detalles estructurales de la cavidad bucal están relacionados con los hábitos alimentarios y son importantes en la identificación de las especies. La cavidad bucal puede ser un tubo estrecho o un espacio oval o con forma de taza. Cuando la cavidad bucal está muy especializada, puede dividirse en una cámara anterior, cerrada por los labios; un prostoma largo, y un telostoma (McSORLEY, 1999).

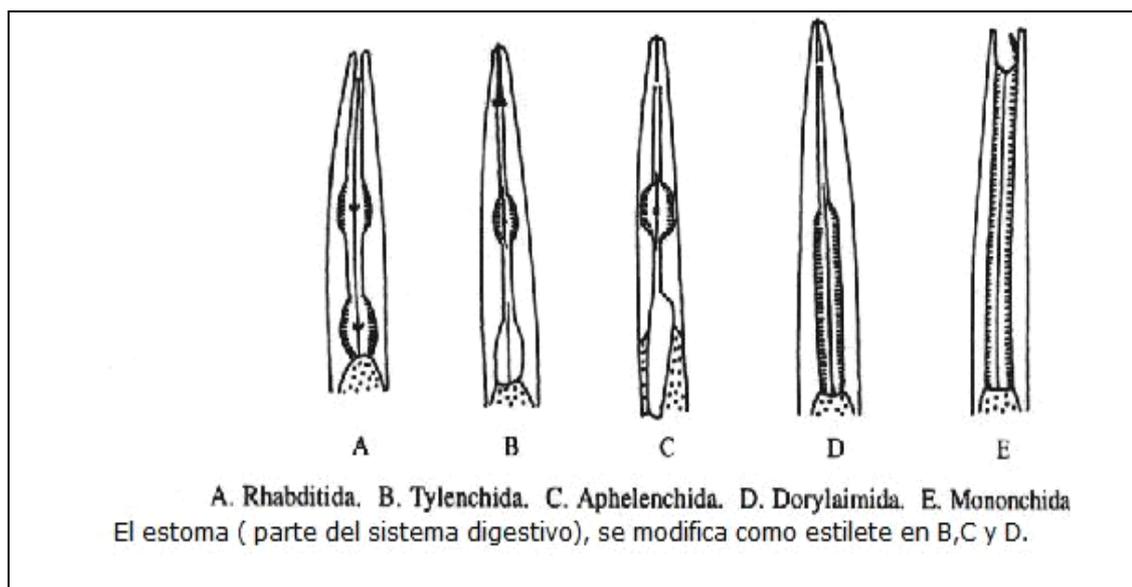


FIGURA 2 Modificación del estoma en diferentes grupos de nemátodos según su hábito alimenticio.

FUENTE: McSORLEY (1999).

BOOLOOTIAN (1993), señala que el estilete a veces se origina en una modificación del epitelio de la cavidad bucal (estomatostilo), y otras veces por una importante modificación de un diente (odontostilo). Los nemátodos que viven en el

interior de tejidos animales y los saprófagos de vida libre se alimentan predominantemente de líquidos y su región bucal se reduce a un poro diminuto que conduce a la faringe. En los nemátodos carnívoros; hay frecuentemente dientes, protuberancias grandes, placas cortantes o denticulos pequeños y abundantes; detrás de la boca puede haber una cápsula bucal con dientes en su base.

DROPKIN (1980), señala que el estilete varía en su forma y tamaño entre las especies y estas características son importantes en la clasificación de cada especie determinada.

De acuerdo a ESSER (2002), los nemátodos fitoparásitos se nutren pinchando la pared de las células con su estilete succionando el contenido de la célula. La succión es inducida por contracciones de un bulbo muscular en el esófago del nemátodo. La mayoría de los nemátodos que se alimenta de plantas vive en el suelo afuera de la raíz, y penetra en ella solamente con el estilete (ectoparásitos). Estos ectoparásitos tienen siempre un cuerpo en forma alargada para moverse fácilmente hacia nuevos sitios de alimentación y muy a menudo presentan largos estiletos para alcanzar las regiones más apetecibles adentro de la raíz (ESSER, 2002).

El intestino medio es un tubo sencillo con escasa especialización; presenta pocas variaciones, aunque el número de células que lo compone varía ampliamente. En algunas especies, presenta en su extremo anterior unas evaginaciones ciegas que permiten aumentar la superficie de absorción del alimento. En algunos casos se puede distinguir, histológicamente, una región anterior ventricular, una región media y una prerrectal (RUPPERT y BARNES 1996).

2.2.2.7 Sistema reproductor. Todas las especies de nemátodos presentan sexos separados y se reproducen por fertilización cruzada, aún cuando muchas especies son

hermafroditas. Las especies hermafroditas tienen todas las características morfológicas de las hembras, con la única diferencia es que en las gónadas producen tanto espermatozoides como oogonios. Este tipo de hermafroditismo se llama singámico. Otra forma de reproducción que caracteriza a algunas especies es por partenogénesis en la cual no participan machos y el oocito se desarrolla sin fertilización (ROMAN, 1978).

Los órganos sexuales son estructuras tubulares simples, las cuales contienen ductos para evacuar los huevos o el esperma (HICKMAN *et al.*, 1986).

De acuerdo a SOUTHEY (1978) y MAGUNACELAYA y DAGNINO (1999), el principal factor que permite discriminar entre machos y hembras, en general es el aparato reproductor; en los machos es la presencia de dos testículos y en la hembra uno o dos ovarios y en segundo término el tamaño de los individuos. Existen algunas especies de fitoparásitos, en que las hembras pierden la forma alargada mientras el macho se conserva vermiforme, lo que facilita la identificación de los sexos; también algunos caracteres sexuales secundarios de los machos permiten discriminar los sexos, entre los que se destaca las espículas y la bursa.

El aparato reproductor femenino lo componen un ovario, oviducto, útero y la vagina, que abre al exterior por la vulva o gonoporo. A las partes anteriores se pueden agregar la espermateca y glándulas accesorias que contribuyen a la formación de la cáscara; la espermateca es una zona modificada de la región terminal del oviducto (MAGUNACELAYA y DAGNINO, 1999).

RUPPERT y BARNES (1996), señalan que la hembra presenta uno o dos ovarios, tubulares, cordones apilotonados típicamente en pares; normalmente una gónada está orientada hacia la parte anterior y la otra hacia la parte posterior, con sus extremos opuestos enfrentados. El extremo superior del útero puede funcionar como receptáculo seminal. Cada útero desemboca en un tubo muscular corto común, denominado vagina. La vagina desemboca al exterior por el poro sexual generalmente

impar (vulva), situado ventralmente, generalmente en la zona media del cuerpo. El poro sexual femenino o vulva, está situado en la parte ventral del extremo anterior del cuerpo, aunque a veces se traslada hacia las proximidades del ano.

El aparato reproductor masculino, corresponde a una estructura formada por los testículos y los vasos deferentes; ocasionalmente se pueden observar una vesícula seminal a continuación del testículo. La cloaca en el macho es característica, su función es acomodar la espículas y otros accesorios como el gubenáculo (aparato guía para las espícula) durante la cópula (MAGUNACELAYA y DAGNINO, 1999).

De acuerdo a SOUTHEY (1978) y LUC *et al.* (1990), la región posterior de los machos presenta una considerable variación; suele estar curvada en forma de gancho o la cutícula ensanchada en expansiones alares con forma de abanico, constituyendo un accesorio copulador llamado bursa. A veces presentan papilas pedunculadas, sensoriales o expansiones a modo de ventosas. El poro genital masculino está situado muy cerca del ano y tiene ganchos cuticulares (espículas copuladoras), varillas utilizadas para asir a la hembra durante la cópula y para mantener abierto el gonoporo femenino durante la transmisión de los espermatozoides (RUPPERT y BARNES, 1996).

2.2.2.8 Huevos y juveniles. En todas las especies de nemátodos de vida libre y parásitos de plantas, la forma del huevo es morfológicamente similar no permitiendo su clasificación (BIRD, 1971).

ROMAN (1978), señala que en los nemátodos parásitos de animales los huevos varían en su estructura externa, la cual se usa para identificar las especies; sin embargo, en las especies de vida libre los huevos son generalmente ovalados y de superficie lisa.

La ovoposición de los huevos ocurre en distintos lugares, dependiendo del hábito alimenticio de la hembra; así los ectoparásitos los ponen en el suelo alrededor de las raíces, los endoparásitos adentro de los tejidos y los de vida libre en el suelo, este huevo esta revestido de quitina, y difiere de todas las estructuras del nemátodo (ROMAN, 1978).

ZUCKERMAN (1971), agrega que al momento de ser depositados los huevos presentan distintas etapas embrionarias. Su embriología generalmente sigue un patrón definido en el cual primero se forma una blástula luego una gástrula y finalmente una larva o juvenil.

2.2.2.8.1 Biología y desarrollo. El huevo que se encuentra protegido por una cutícula de quitina, da origen a una larva o juvenil, la cual mudará cuatro veces la cutícula hasta convertirse en adulto (POINAR, 1979).

El desarrollo hasta adulto de los nemátodos, se encuentra íntimamente ligado con el proceso de muda de la cutícula que permite el crecimiento corporal. En la mayoría de las especies de nemátodos ocurren cuatro mudas después de la eclosión (MAGUNACELAYA y DAGNINO, 1999).

Durante el ciclo de desarrollo, en la mayoría de los especies de nemátodos, los individuos de ambos sexos se mantienen como vermes cilíndricos, aún cuando existen especies que presentan diformismo sexual (AGRIOS, 1996).

2.2.2.8.2 Fases larvianas. Según MAGUNACELAYA y DAGNINO (1999), en nematología es muy frecuente el uso del termino larva para referirse a los estados juveniles de los nemátodos, sin embargo, este término es cuestionable, ya que se refiere a un juvenil que no sufrirá una metamorfosis completa, como ocurre con algunos grupos de insectos, por el cual el termino que se debiera usar es de juvenil.

El ciclo de vida de la mayor parte de estos parásitos es simple y directo, pudiendo ser dividido en seis estados evolutivos, uno de huevo, cuatro formas larvarias y el adulto (WEBSTER, 1972.).

El ciclo de vida de la mayoría de los nemátodos comienza con la incubación de los huevos y luego el desarrollo de los juveniles, cuya apariencia y estructura es similar a la de un adulto. Todos los nemátodos tienen cuatro estados juveniles, cada uno de los cuales concluye mediante una muda. Después de la última muda, los nemátodos se diferencian en machos y hembras. La hembra puede entonces producir huevos fértiles una vez que se ha sido fertilizada por un macho o en ausencia de machos, partenocápicamente como también por hermafroditismo (CHRISTIE, 1976).

El ciclo de vida, que comprende desde la etapa de huevo a la ovoposición de estos por la hembra, puede concluir al cabo de tres o cuatro semanas bajo condiciones ambientales óptimas, especialmente temperatura (TAYLOR, 1971).

En el desarrollo de los juveniles también participan factores externos, que pueden en mayor o menor grado condicionar el tiempo que el individuo demora en llegar al estado adulto. Entre los factores externos lo más importante son la temperatura y humedad, como así igual la alimentación, hospederos, tipo de suelo, y materia orgánica, entre otras (DE BAUER, 1987).

2.3 Dispersión de los nemátodos.

Como se señaló anteriormente los nemátodos son los animales multicelulares más numerosos que actualmente viven en la tierra. De hecho un puñado de suelo contiene millares de ellos. Las especies de vida libre son muy abundantes en el suelo, incluyen aquellos individuos que se alimentan de bacterias, de hongos, y de otros nemátodos, y

son especialmente abundantes en hábitats en los que hay una intensa descomposición de materia orgánica. Entre los nemátodos que viven en el suelo se incluyen a numerosos e importantes endoparásitos de plantas o de animales (NEHER, 2000).

Según WARWICK (1975), muchas de las especies de nemátodos conocidas son cosmopolitas; su dispersión ocurre por diferentes vías, incluso las aves, otros animales y los restos flotantes a los que se adhiere el lodo, funcionan como agentes de dispersión. Muchos nemátodos saprófagos recurren a insectos coprófagos para desplazarse de un hábitat a otro.

Según MAGUNACELAYA y DAGNINO (1999), el agua de riego es uno de los medios más eficientes para dispersar nemátodos en los cultivos, ya que los arrastra junto con partículas de suelo y los deposita en otros lugares. También se ha comprobado que las napas subterráneas pueden arrastrar nemátodos de un campo a otro.

Las poblaciones de nemátodos no permanecen estacionarias; disminuyen cuando las condiciones existentes no favorecen la reproducción, y aumentan cuando existen raíces de plantas susceptibles que sirven para la alimentación y cuando la temperatura y la humedad del suelo favorecen la actividad de los nemátodos (FOOD AN AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO), 1971).

2.3.1 Movimiento en el suelo. Los nemátodos se movilizan en el suelo muy lentamente por su propia capacidad. La distancia total que recorre un nemátodo probablemente no excede de un metro por estación (OVERGAARD, 1967).

BOOLOOTIAN (1993), señala que debido a la falta de músculos circulares y a la abundancia de músculos longitudinales, los nemátodos se mueven curvándose y retorciéndose, hacia adelante y atrás, mediante ondulaciones serpenteantes en el plano dorso-ventral; este movimiento es causado por la contracción alternada de las fibras

musculares longitudinales ventrales y dorsales; debido a que el espacio que ocupa el fluido central no es segmentado, los movimientos implican siempre a todo el cuerpo. Los anillos cuticulares pueden contribuir a la flexibilidad, mientras que fibras helicoidales cruzadas de la misma cutícula impiden la flexión completa no formándose hernias cuando el cuerpo se dobla y aumenta la presión hidrostática.

En la gran mayoría de los suelos la fauna de nemátodos se concentra entre los primeros 10 cm del perfil debido a que el factor mas importante en la distribución vertical es la presencia de alimento; de hecho, como lo señala WALLWORK (1970), los nemátodos pueden migrar verticalmente por efectos de temperatura o arrastrados por lluvias.

2.3.2 Aislamiento de los nemátodos del suelo. Utilizando una muestra fresca de suelo aproximadamente de 50 a 300 cc, los nemátodos pueden aislarse mediante distintos métodos como son el embudo de Baermann o el tamizado, los cuales utilizan sistemas de extracción en agua y su eficiencia es relativamente dependiente del tipo de suelo y las condiciones de extracción (AGRIOS, 1996).

Según FAO (1971), no siempre es factible calcular con precisión la población de nemátodos que existen en una extensión grande del suelo, ya que para obtener resultados estadísticamente significativos se deben examinar gran cantidad de muestras de suelos y raíces.

El tipo, número y distribución de las especies de nemátodos de los suelos agrícolas depende del clima, clase de suelo y otros factores locales. En el caso de las especies de fitoparásitos la población varía numéricamente de acuerdo al cultivo, la aplicación de abonos orgánicos y la desinfección del suelo, siendo el cultivo explotado el factor de mayor importancia (TAYLOR, 1971).

2.4 El ambiente suelo-planta.

Las regiones tropicales y subtropicales, así como suelos arenosos y cálidos, son muy favorables para la invasión de nemátodos, especialmente en las zonas de regadío. Además, los cultivos perennes y los explotados en los mismos campos año tras año, sufren a menudo ataques tan graves por parte de los nemátodos que apenas pueden recuperarse y sobrevivir (TAYLOR, 1971).

El daño que pueden causar estos organismos está directamente relacionado con la especie y la cantidad de nemátodos por volumen determinado de suelo. Aquellas especies que se presentan en altas poblaciones así como también aquellas capaces de sobrevivir en condiciones adversas son las que causan los mayores daños (GUIÑEZ, 1996).

En el suelo coexisten una diversidad de especies de nemátodos, pero no todas parasitan plantas y su actividad en éste facilitan la aireación y la circulación de componentes minerales y orgánicos del suelo (TAMAYO, 2002).

TAYLOR y BROWN (1997), indican que la mayor abundancia esta dada normalmente por los nemátodos parásitos de las plantas y los nemátodos libres de los suelos agrícolas. Este autor reporta para suelos cultivados un promedio de 3000 individuos por 100 g de suelo, de los cuales cerca de 900 son fitoparásitos.

2.4.1 Efecto de la textura y estructura del suelo sobre los nemátodos. La gran variedad de animales del suelo producen la descomposición de sustancias orgánicas de este. La contribución de estos organismos a la producción orgánica de respiración del suelo, es generalmente minúscula en comparación a la actividad de bacterias del suelo y organismos fungosos, pero son significativas (TATE, 2000).

El mismo autor señala que tanto los protozoos, nemátodos y microartrópodos, en su conjunto contribuyen a un 40 % de el nitrógeno mineralizado.

Según SASSER y JENKINS (1960), la estructura del suelo afecta la prevalencia, distribución e importancia de los nemátodos, señalando que numéricamente varían entre 0,5 millones/m² en turba a 10 a 11 millones/m² en arena y arcilla.

DROPKIN (1980), agrega que los suelos livianos son generalmente más favorables para los nemátodos, debido a que la aireación es más adecuada en suelo con partículas más grandes, que aquellas pesadas como los suelos arcillosos.

2.4.2 Efecto del pH. Según SASSER y JENKING (1960), los factores químicos naturales, como aquellos asociados con la composición del medio, en los cuales se incluye el pH, afectan la distribución de los nemátodos; así, por ejemplo pH demasiado ácidos reducen poblaciones de animales del suelo.

NORTON (1978), señala que el pH del suelo afecta de distinta forma a las especies y menciona que muchos fitoparásitos de raíces, toleran pH menores a 4, debido a que poseen una cutícula más gruesa y presenta niveles más altos de potasio y magnesio.

2.4.3 Efecto de la incorporación de enmiendas. Aunque los fertilizante químicos ejercen poca o ninguna influencia en las poblaciones de nemátodos, la adición de abonos orgánicos fomenta la multiplicación de las especies bacteriófagas (FAO, 1971).

Según NORTON (1978), la materia orgánica del suelo es importante ya que retiene agua, y sirve de sustrato para los nemátodos, los cuales junto a otros microorganismos la descomponen transformándola en humus.

2.5 Rol de los nemátodos como bioindicadores en el suelo.

Las comunidades del suelo contribuyen a la calidad y composición de la materia orgánica, la cual es fundamental para mejorar y estructurar el suelo (NEHER, 2000). Por su parte GOEDE y BONGERS (2002), agregan que los nemátodos juegan un papel

fundamental en la estructura y organización funcional del suelo, y poseen la capacidad para ser utilizados como bioindicadores ecológicos.

YEATES (1979), señala que las especiales características biológicas y ecológicas de estos organismos han convertido el estudio de las comunidades de nemátodos en una herramienta imprescindible para la comprensión del sistema edáfico; aparecen en prácticamente todos los ambientes posibles y presentan una alta abundancia y diversidad; su extracción del suelo y su identificación se realiza con relativa facilidad; y su respuesta a una perturbación ambiental es prácticamente inmediata, al vivir en la película de agua que rodea las partículas del suelo y poseer una cutícula semipermeable. Además, están presentes en el suelo incluso cuando la mayor parte de la fauna edáfica ha desaparecido, y al poseer unos hábitos tróficos diversos forman parte de una gran cantidad de redes tróficas.

Biológicamente los ecosistemas terrestres contienen una diversidad de microorganismos, que pueden ser usados como indicadores bióticos de la sanidad del suelo pudiendo reflejar el estado actual de los procesos ecológicos vitales del suelo y sus cambios a través del tiempo (NEHER, 2000). Para el mismo autor, las comunidades de nemátodos (planta-parásito y de vida libre), pueden usarse como bioindicadores de la sanidad y condición del suelo.

McSORLEY (1999), señala que los nemátodos, pueden ser usados como indicadores de contaminación ambiental, agregando que tanto la biomasa, como su actividad y la estructura de la comunidad de los organismos que componen el suelo, pueden ser usados como indicadores del ecosistema, porque estos realizan procesos críticos y funciones mejoradas de la calidad del mismo.

Por su parte MARCOT (1997), señala que los invertebrados, en el cual se incluyen los nemátodos son importantes en la producción y procesamiento de la energía y materiales esenciales del suelo, en el cual reciclan y procesan los nutrientes.

FISCUS y NEHER (2002), señalan que en los últimos veinte años se ha prestado especial atención a los nemátodos, ya que reflejan con sus variaciones poblacionales cambios en la estructura ecológica y funciones edáficas, de manera más predecible y eficaz que otros tipos de flora o fauna del suelo.

2.5.1 Uso de los nemátodos como bioindicadores. Diversos autores señalan que los nemátodos tienen varias características biológicas que refuerzan su uso como bioindicadores. Por ejemplo, NEHER (2000), indica que los nemátodos tienen una cutícula permeable que les permite responder con un rango de reacciones a los contaminantes; en segundo lugar, algunos nemátodos tienen fases resistentes en el estado de larvas y quistes como adultos que les permiten sobrevivir inactivamente durante las condiciones medioambientales desfavorables para su desarrollo; por último, el mismo autor agrega que al tener los nemátodos proteínas que liberan en periodos stress o en presencia de calor, podrían ser utilizadas como biomarcadores para la valoración ecotoxicológica de los suelos.

MARCOT (1997), agrega que además de su uso como bioindicadores, se ha explorado el estudio de las comunidades de nemátodos para evaluar la calidad del aire, las acumulaciones de metales en el suelo, el grado de acidez o de alcalinidad, el efecto de quema de rastrojos en el suelo, etc. Por último ayudan como bioindicadores de la fauna de invertebrados del suelo.

2.6 Índices ecológicos como indicadores de biodiversidad.

Las comunidades ecológicas difieren en cuanto al número de especies que las incluyen, y una de las áreas de investigación en que hay mayor actividad actualmente en la ecología de comunidades, es el estudio de la riqueza o diversidad de especies (DANIEL, 2002).

Inicialmente se propusieron índices simples de abundancia, proporciones de nemátodos por grupo trófico, luego se desarrollaron los índices de diversidad y posteriormente se desarrolló para evaluar la respuesta de las poblaciones de nemátodos a los cambios ambientales un índice de madurez (IM), el cual se planteó para los nemátodos terrestres (NEHER, 2000).

2.6.1 Índice de diversidad de Shannon y Wiener. Según DANIEL (2002), el concepto de diversidad de especies se basa en la suposición de que ellas interactúen unas con otras y con el medio, y que esas interacciones se expresan a través del número de especies presentes y sus abundancias relativas. La diversidad, por consiguiente, es formada a través de dos componentes: el número de especies presentes, la riqueza y la abundancia relativa de estas, llamada en general regularidad, equidad o uniformidad, siendo el índice de Shannon y Wiener, el que contempla esos dos componentes.

Según WOLDA (1983), entre los índices de diversidad no paramétricos, el de Shannon y Wiener ha sido el más usado para medir la diversidad de la entomofauna. Su función principal es medir la riqueza de un área determinada con respecto a otra. Su uso se recomienda en muestras aleatorias extraídas de una gran comunidad en que se conoce el número total de especies y combina la riqueza con la abundancia.

2.6.2 Índice de madurez para las comunidades de nemátodos. YEATES (1979), señala que el índice de madurez es una medida ecológica de perturbación medioambiental basado en la composición de las especies de nemátodos; en este índice se propone que es posible dar un valor creciente a cada uno de los taxones de nemátodo que coloniza un hábitat perturbado; lo cual significa que estos valores podrían dar una indicación de la recuperación del hábitat.

BONGERS (1990), propone que los taxones o taxa de nemátodos se puedan clasificar en un rango que va de 1-5; el mismo autor los clasifica en grupos basados en la habilidad colonizadora o de perturbación del hábitat, en ellos se reconocen dos extremos, indicado por los colonizadores “c”, y el de los persistentes “p”.

Las especies clasificadas como colonizadores corresponde a individuos de aquellos taxones que bajo condiciones favorables aumentan rápidamente en número por tener, en general, ciclos de vida cortos y alta tolerancia a la perturbación; éstos son a menudo numéricamente dominantes en las muestras. Las especies clasificadas como persistentes, en cambio, tienen una reproducción proporcionalmente más baja, sus ciclos de vida son relativamente largos y presentan baja habilidad de colonización, además estas especies son altamente sensibles a la perturbación y nunca son dominantes en las muestras, fluctuando en una muy baja proporción durante un año; tienen baja descendencia; gónadas pequeñas; huevos grandes y ocupan hábitat estables (BONGERS, 1990).

3 MATERIAL Y METODO

El presente trabajo consistió en su aspecto general, en evaluar la fluctuación de las poblaciones de nemátodos del suelo en un rodal de *Eucaliptus globulus* Labill, antes, durante y después de ser sometido a la aplicación de un efluente proveniente del proceso de fabricación de levaduras.

3.1 Material.

A continuación se detallan las características de la zona y predio en estudio así como los materiales y equipamiento utilizados en el trabajo.

3.1.1 Area de estudio. El ensayo se efectuó en el predio “Collico”, ubicado en la ciudad de Valdivia, X Región de Los Lagos, en un sector forestal delimitado de aproximadamente 1000 hectáreas totales, ubicado a 2 km al este de la ciudad de Valdivia. El estudio se localizó a 300 metros del camino principal, en el cual se encontraba establecido un rodal de *E. glóbulus* (Figura 3).

3.1.2 Características del suelo. El suelo corresponde a la serie Los Ulmos la cual se extiende en la vertiente oriental de la Cordillera de la Costa, alcanzando alturas sobre los 14 m.s.n.m (CHILE, CENTRO DE INVESTIGACION DE RECURSOS NATURALES, CIREN, 1999).

El suelo es de estructura subpoliedrica, con textura franco a franco arcillosa, derivado de cenizas volcánicas antiguas y rocas metamórficas. Corresponde a un suelo, con una profundidad de arraigamiento y de desarrollo superior a 100 cm; su topografía es ondulada a quebrada lo cual lo sitúa en la categoría de un suelo de aptitud preferentemente forestal (MARTIN, 2002).



FIGURA 3 Ubicación y vista oeste de la plantación de *Eucalyptus globulus*, donde se realizó el ensayo.

3.1.3 Clima. CHILE, INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIA) (1989), describe que el área en que esta inserto el predio, esta enmarcada dentro del clima de tipo costa-occidental con influencia mediterránea. Este tipo de clima se encuentra presente en una franja costera entre los paralelos 40° y 42° de latitud Sur, cuyas temperaturas se encuentran reguladas por la influencia del océano Pacífico; posee una precipitación media anual de 2.532 mm, la evaporación en bandeja llega a 807 mm anuales con un máximo mensual, en enero, con 152 mm y un mínimo mensual en junio, de 11 mm.

En la Figura 4 se observa que el régimen térmico para el periodo en el cual se aplico el efluente (periodo 2000/01), se caracterizó por una temperatura media anual de

15,9° C, con una máxima media del mes más cálido (enero) de 21,9°C, y una mínima media del mes mas frío (junio) de 11,4° C. El periodo libre de heladas es de aproximadamente de 5 meses, (noviembre a marzo). La temperatura media mensual se mantiene sobre los 12° C entre octubre y abril. Las precipitaciones acumuladas durante el periodo en que se utilizo el efluente (agosto-diciembre 2000) fueron de 696,1 mm, con una máxima en agosto de 261,6, mm y una mínima de 70,3 mm en diciembre del 2000.

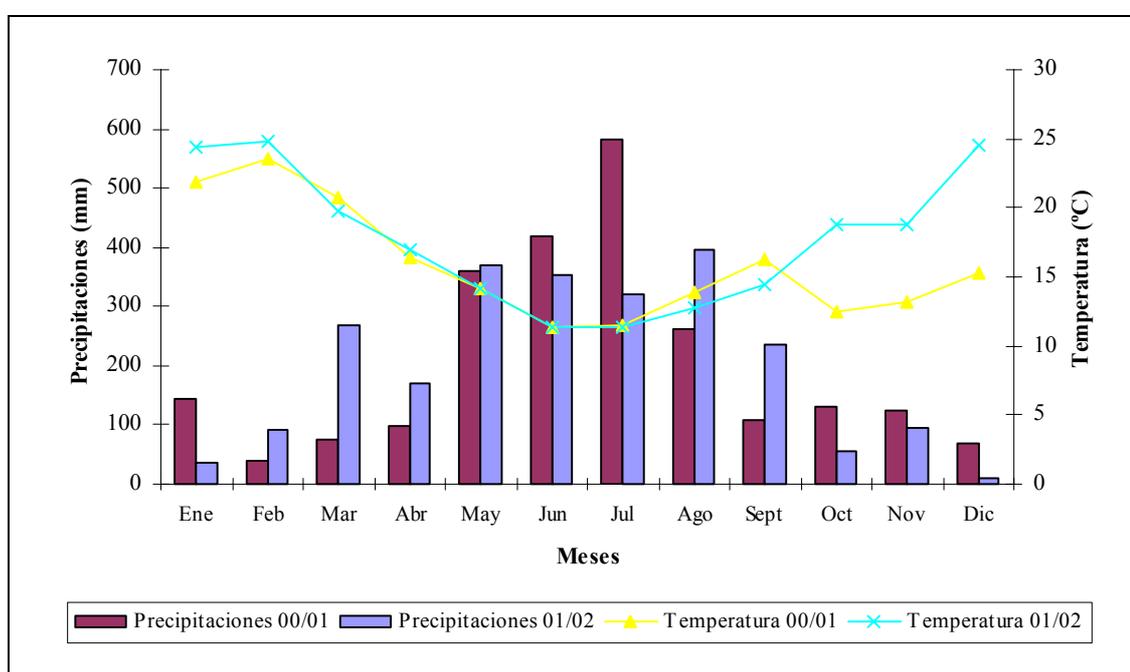


FIGURA 4 Promedio de precipitaciones y temperaturas medias mensuales durante el ensayo.¹

3.1.4 Plantación forestal. Se trata de un rodal de *E. globulus* de 10 años, situado en una pendiente ligeramente convexa de exposición SO, con inclinación de 5-10%; la

¹ UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE (2002). Estación Meteorológica Isla Teja. Valdivia. Comunicación personal.

densidad promedio de plantación fue de 1.575 árboles/ha, con un área basal 29,8 m²/ha, y una altura media total 17,1 m.

3.1.5 Efluente. En el ensayo se utilizó el efluente líquido producto de la fabricación de levaduras; éste corresponde a una mezcla entre la vinaza que sobra en el proceso de fermentación y otros residuos, originados principalmente del aseo que se hace de los diferentes tanques contenedores que intervienen en el proceso industrial de obtención de levaduras. Este efluente se diluye en agua para facilitar su evacuación y se tiene así un volumen de producción diario de 650.000 litros; su composición es variable y dependiente de la fase en que se encuentre la fermentación (la composición referencial se aprecia en el Cuadro 2); su pH fluctúa entre 5,3 y 6,5 (MARTIN, 2002). Cabe destacar, que la composición de los distintos elementos pueden variar dependiendo de los factores inherentes al proceso mismo de producción de levaduras, como son, por ejemplo, la fermentación, composición de la melaza, cremas y sales que llegan la tanque equalizador. Este efluente es rico en carbono, nitrógeno y posee una alta carga de sales de sodio y potasio.

CUADRO 2 Composición química del efluente industrial de levaduras.²

ELEMENTOS	CONCENTRACION (mg/L)
Carbono (C)	3300,0
Nitrógeno (N)	374,0
Fósforo (P)	10,2
Sodio (Na)	842,0
Potasio (K)	700,0
Calcio (Ca)	89,0
Magnesio (Mg)	2,0
Boro (B)	5,5
S(SO4)	229,0

² UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE (2002). Laboratorio de Suelos y Nutrición Forestal. Valdivia. Comunicación personal.

3.1.6 Equipos y material de campo. Para el muestreo se utilizó un barreno tipo Purckhauer (2,5 cm de diámetro), cuchillo, pala manual, baldes, bolsas de polietileno y rotuladores.

3.1.7 Equipos y material de laboratorio. Para la extracción y observación de las muestras se utilizaron: centrifuga, balanza de precisión Sartorius de 0,001 g de sensibilidad, refrigeradores, microscopios Zeiss 1000x, lupa estereoscópica Zeiss 40x, cubreobjetos, portaobjetos, embudos, pipetas, probetas, tubos de ensayo, vasos de precipitado de 500 mL, tamices de 30, 60, 120, 270, 500 mallas/pulgada, platillos de plásticos, filtros, etc.

3.2 Método.

El ensayo se desarrolló en cuatro parcelas de 100 m² cada una, con 13 a 18 árboles de *E. globulus* por parcela, en las cuales se aplicó mediante un sistema de regadío automático por goteo cuatro dosis mensuales de efluentes (0 L/m², 25 L/m², 50 L/m², 100 L/m²).

3.2.1 Aplicación del efluente. El efluente se aplicó por cuatro meses, en forma diaria, comenzando su aplicación a inicios del mes de agosto del 2000. En este período se registraron los datos de precipitaciones, temperatura, infiltración, conductivimetrica, nivel de sodio, nivel de potasio, nivel de calcio, nivel de magnesio. Como estos estudios siguieron una investigación paralela no se detallarán en este ensayo, utilizando solamente los antecedentes para analizar los resultados.

El efluente líquido se aplicó mediante gotero, en donde cada parcela que fue sometida a una dosis de irrigación contenía cuatro líneas de riego, compuestas por mangueras con 11 goteros autocompensados por línea. Estas mangueras se alimentaron en un estanque de acopio de 7000 L; a dicho estanque se conectó una bomba impulsora de riego por goteo provista con cañerías de PVC para llevar el efluente hasta las parcelas de ensayo, distantes 300 metros de las bombas (esquema en Figura 5). El sistema de

riego tenía capacidad de regar una parcela cada vez, para la cual se dispuso de goteros autocompensados de 3,6 L/h, los que estaban ubicados en una línea de emisores laterales a cada hilera de árboles, distanciados a 1 m entre ellos. Como se trataba de un caudal constante (3,6 L/h por gotero), se reguló el tiempo de riego, de manera de completar las distintas dosis.

La intensidad de riego utilizada fue de 1,14 mm/h, lo que involucra tiempos de riego de 0,75-1,46 y 2,96 horas por día, para las dosis mensuales de 25 L/m², 50 L/m², 100 L/m² respectivamente. Ello implicaba un consumo semanal de aproximadamente 5.200 L del efluente, debiendo rellenarse el estanque de acopio permanentemente.

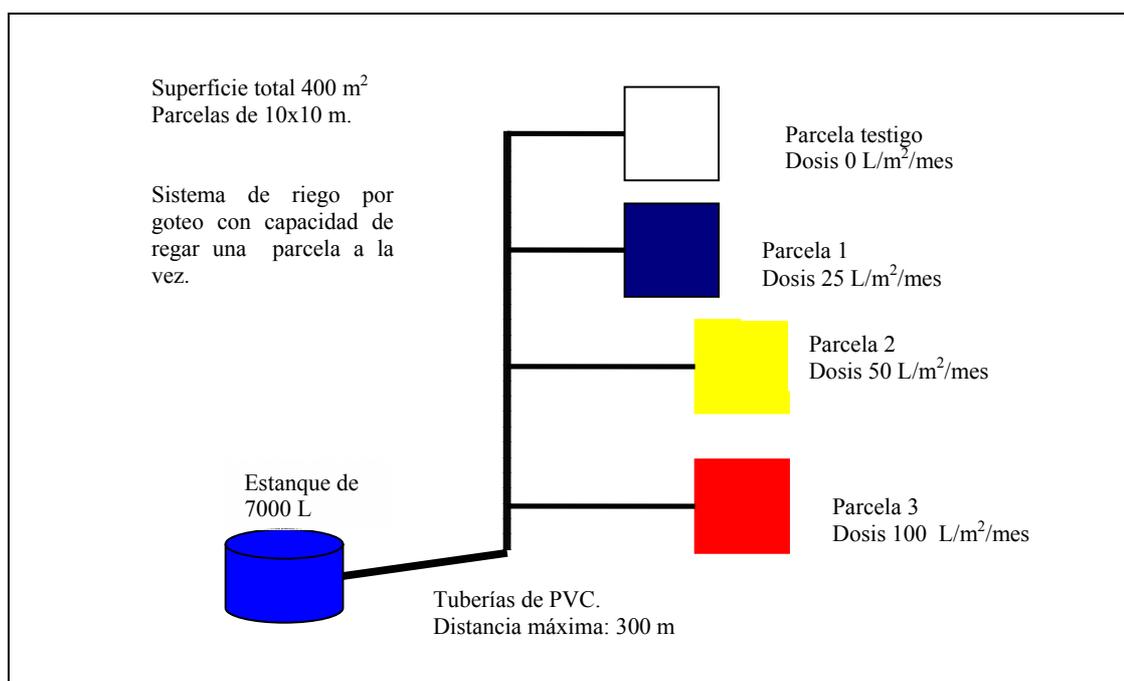


FIGURA 5 Diagrama de la ubicación del contenedor, tuberías y parcelas en el ensayo.

3.2.2 Muestreo de la fauna de nemátodos. La fauna nematológica del suelo, se evaluó en laboratorio, para la cual se tomaron periódicamente muestras de cada parcela

del ensayo. Estas se obtuvieron a dos profundidades (0 a 10 cm, 10 a 30 cm), en base a tres submuestras por profundidad.

3.2.3 Épocas de muestreo. Las muestras se obtuvieron en cuatro épocas: el primer muestreo se realizó previo a la aplicación del efluente (julio del 2000), el segundo inmediatamente finalizada la aplicación (diciembre 2000), el tercero cuatro meses después (abril del 2001) y el cuarto en marzo del 2002.

3.2.4 Recolección de las muestras. Todas las muestras se tomaron con un barreno del tipo Purckhauer de un metro de profundidad y 2,5 cm de diámetro, recolectándolas al azar dentro de la parcela. Para ello se limpió primero el lugar de la cubierta vegetal para luego enterrar el barreno en los primeros 10 cm, recogiendo el suelo en una bolsa de plástico previamente identificada; posteriormente en la misma perforación se insertó el barreno hasta 30 cm, para obtener la fracción de 10 a 30 cm. Las muestras colectadas se llevaron en bolsas de polietileno etiquetadas al laboratorio donde se mantuvieron en refrigeración a +/- 7° C hasta someterlas a su posterior procesamiento.

Para cada época de muestreo se tomaron tres muestras, por parcela y profundidad constituyendo éstas las repeticiones, en donde cada repetición estaba constituida a su vez por tres submuestras.

3.2.5 Procesamiento de las muestras. Para extraer los nemátodos presentes cada muestra se procesó, en base a dos repeticiones de 50 g de suelo cada una, por el método de decantación y centrifugación en azúcar adaptado de SOUTHEY (1978).

Este consistió en depositar 50 g de suelo en un balde incorporando de 3 a 4 L de agua a presión, agitando la suspensión para disgregar la muestra; después de decantar por 30 segundos los dos tercios superiores de la suspensión se pasaban por un set de tamices superpuestos de 60, 120, 250, 325 y 500 mallas/pulgada. El remanente inferior del balde se volvió a resuspender en agua tamizando nuevamente y se repetía el

procedimiento hasta que en el fondo del balde quedaban solamente residuos gruesos de suelo. Posteriormente sobre el set de tamices se aplicaba agua con presión suave por 2-3 min y se recuperaba el material retenido en los tres tamices mas finos (250-325-500 mallas/pulgada) en un tubo de centrifuga.

Este tubo se llevó a centrifugación a 3000 rpm por 5 min; en este proceso los nemátodos y residuos del suelo decantan, separándose las fases sólidas de la líquida del suelo. El sobrenadante se eliminó posteriormente, a el peletizado se le agregó una solución de azúcar (425 g/ L agua), agitando con una varilla para luego centrifugar por 30 segundos a 3000 rpm. Ello permite que la parte orgánica, incluidos los nemátodos presentes, quedaran en suspensión y se pasaba nuevamente a un tamiz de 500 mallas/pulg, ello lavando profusamente el tamiz para eliminar los restos de azúcar, debido a que por diferencia de concentración entre la solución de azúcar y los nemátodos, éstos no pueden permanecer en contacto con la solución concentrada de azúcar por más de un minuto, ya que se corre el riesgo de una plasmólisis. El residuo del tamiz se traspasó a tubos de ensayo con la cantidad necesaria de agua que permitiera arrastrar o recuperarlo completamente. El tubo se dejó reposar por 24 horas a 7° C, para que decantaran las partículas y los nemátodos en suspensión. Luego se extrajo el exceso de agua con un sifón manteniendo los 10 cc de base sobre las cuales se realizó el recuento.

El recuento se realizó bajo microscopio, en base a dos repeticiones de 0,5 cc cada una; en ese momento se contabilizaron los individuos presentes y se identificaron a nivel de género, de acuerdo a claves taxonómicas generales. En este caso se utilizaron como referencia las claves de THORNE (1961) y SOUTHEY (1978).

3.2.6 Análisis cualitativo y cuantitativo, de las poblaciones de nemátodos presentes en las muestras. Considerando que el recuento de nemátodos, se realizó bajo microscopio en base a dos repeticiones de 0,5 cc por muestra, para obtener el número de individuos por género, el promedio de ambas repeticiones se multiplicó por 20 dando el número de individuos en 50 g de suelo.

3.2.7 Clasificación de las poblaciones por taxones. Una vez identificados y contabilizados los nemátodos a nivel de género, cada grupo de individuos se clasificó de acuerdo a los grupos alimentarios o taxones siendo estos los propuestos por BONGERS (1990).

3.3 Evaluaciones.

Las evaluaciones que se realizaron en este ensayo son las siguientes:

- _ El número de individuos presentes por género de nemátodo en cada época, dosis y profundidad.
- _ Las fluctuaciones en el número poblacional por género y grupo alimenticio según época, dosis y profundidad de muestreo.
- _ Se evaluó el rol de los nemátodos como indicadores de biodiversidad para ello se usaron dos métodos; el índice de diversidad Shannon y Wiener (H) y el índice de madurez (IM).

Como indicador de diversidad se utilizó el método de Shannon y Wiener (H), siguiendo la metodología proporcionada por WOLDA (1983).

$$H = -\sum_{i=1}^s (p_i) * (\log_2 p_i)$$

$H = \text{índice de diversidad}$

$s = \text{Número de especies}$

$p_i = \% \text{ de la muestra de la especie } y$

(3.1)

Para aplicar el índice de madurez (IM) de BONGERS (1990), las especies presentes se agruparon por taxones, por hábito de vida dominante en cada sector, poblaciones por género, poblaciones en cada parcela, población por hábito colonizador y las fluctuaciones estacionales de ellas.

BONGERS (1990), indica que para calcular el índice de madurez (IM), se debe multiplicar la sumatoria del valor c-p, con la frecuencia del taxón del muestreo. En el Cuadro 3, se indican los valores “c-p” asignados por familia.

$$MI = \sum_i^n v(i) * f(i)$$

$v(i) = \text{Valor } c(\text{colonizador}) \text{ o } p(\text{persistente})$

$f(i) = \text{Es la frecuencia del taxón en un muestreo}$

(3.2)

3.4 Diseño experimental del ensayo.

El presente ensayo se realizó en base a un diseño completamente al azar, en donde se evaluaron, las épocas de muestreo, las dosis del efluente, profundidad y los grupos tróficos presentes. Para ello se utilizaron tres dosis del efluente más un tratamiento testigo, en cada una de las cuatro épocas de muestreo, para las dos profundidades de suelo.

3.5 Análisis estadístico.

Todos los parámetros registrados en las muestras de suelo, fueron sometidos a un análisis de varianza, para comparar entre tratamientos, previa comprobación de supuestos y transformaciones adecuadas. Aquellos resultados que presentaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados fueron sometidos a un análisis de comparaciones múltiples de Duncan con una 5% de significancia.

La transformación usada para corregir los datos fue la siguiente:

_ Transformación para datos de conteo , conocida como “ transformación de la raíz cuadrada”:

$$_ X = \sqrt{x + 0,5} , \text{ siendo } x \text{ el dato o número.} \quad (3.3)$$

CUADRO 3. Valores c- p para familias de nemátodos terrestres y acuáticos.

FAMILIA	Valores c-p	FAMILIA	Valores c-p
<i>Neotylenchidae</i>	2	<i>Achromodoridae</i>	3
<i>Anguinidae</i>	2	<i>Ethmolaimidae</i>	3
<i>Aphelenchidae</i>	2	<i>Cyatholaimidae</i>	3
<i>Aphelenchoididae</i>	2	<i>Desrnodoridae</i>	3
<i>Rhabditidae</i>	1	<i>Microlairnidae</i>	3
<i>Alloionematidae</i>	1	<i>Odontolaimidae</i>	3
<i>Diploscapteridae</i>	1	<i>Aulolaimidae</i>	3
<i>Bunonematidae</i>	1	<i>Bastianidae</i>	3
<i>Cephalobidae</i>	2	<i>Prismatolairnidae</i>	3
<i>Ostellidae</i>	2	<i>Ironidae</i>	4
<i>Panagrolaimidae</i>	1	<i>Tobrilidae</i>	3
<i>Myolaimidae</i>	2	<i>Onchulidae</i>	3
<i>Teratocephalidae</i>	3	<i>Tripylidae</i>	3
<i>Diplogasteridae</i>	1	<i>Alaimidae</i>	4
<i>Neodiplogasteridae</i>	1	<i>Bathyodontidae</i>	4
<i>Diplogastoroididae</i>	1	<i>Mononchidae</i>	4
<i>Tylopharyngidae</i>	1	<i>Anatonchidae</i>	4
<i>Odontopharyngidae</i>	1	<i>Nygolaimidae</i>	5
<i>Monhysteridae</i>	1	<i>Dorylaimidae</i>	4
<i>Xyalidae</i>	2	<i>Chrysonematidae</i>	5
<i>Linhomoeidae</i>	3	<i>Thornenematidae</i>	5
<i>Plectidae</i>	2	<i>Nordiidae</i>	4
<i>Leptolaimidae</i>	3	<i>Qudsianematidae</i>	4
<i>Halaphanolaimidae</i>	3	<i>Aporcelaimidae</i>	5
<i>Diplopeltidae</i>	3	<i>Belonidiridae</i>	5
<i>Rhabdolaimidae</i>	3	<i>Actinolaimidae</i>	5
<i>Choamadoridae</i>	3	<i>Discolaimidae</i>	5
<i>Hypodontolaimidae</i>	3	<i>Leptonchidae</i>	4
<i>Choanolaimidae</i>	4	<i>Diphtherophoridae</i>	3

1= Colonizador, 5= persistente.

FUENTE: BONGERS (1990).

4 PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos en este estudio sobre el efecto de los efluentes en los nemátodos, se presentan primero como número total de nemátodos de acuerdo a los parámetros evaluados y luego en relación a los índices de diversidad aplicados.

4.1 Población total de nemátodos durante el ensayo. Como se especificó en el Capítulo 3, la población de nemátodos en el suelo se evaluó en cuatro períodos: julio 2000, es decir previo a la aplicación del efluente (P_i), luego en diciembre del mismo año, es decir inmediatamente finalizada la aplicación (P_{f_1}), la tercera evaluación se realizó en abril 2001 (P_{f_2}), y la última evaluación en marzo de 2002 (P_{f_3}).

Al analizar los resultados promediando las tres dosis de efluente y compararlas con respecto al testigo (Figura 6), se observó que después de cuatro meses de aplicación del efluente (P_{f_1}), la población de nemátodos en el suelo se incrementó fuertemente, para posterior tender a una cierta estabilización en el tiempo. En la misma Figura 6 se aprecia que en el caso del tratamiento testigo la población de nemátodos también fluctuó durante el periodo de ensayo, aún cuando en una proporción menor.

Al respecto TAYLOR (1971), señala que normalmente, bajo condiciones de cultivo las comunidades de nemátodos no permanecen estacionarias en el tiempo; estas disminuyen cuando las condiciones medio ambientales existentes no son favorables para la reproducción, y por el contrario aumentan cuando existen condiciones ambientales de temperatura y humedad del suelo que favorecen la mayor producción y actividad de las raíces y sus sistemas radicales fibrosos junto con los nemátodos asociados a ellos, lo que ocurre especialmente en épocas de primavera-verano.

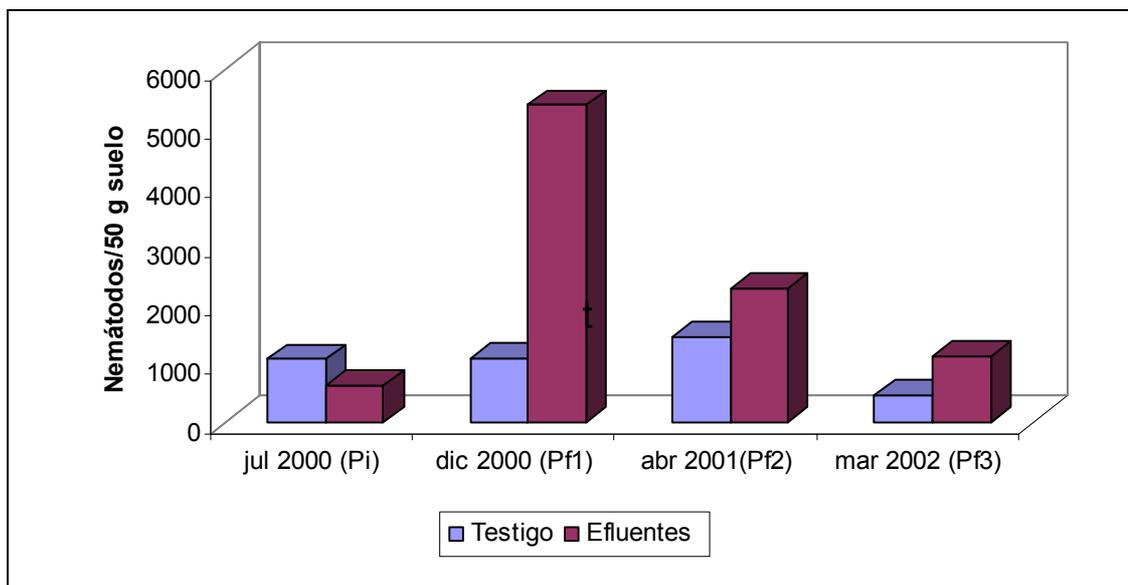


FIGURA 6 Variación en la población total de nemátodos durante el ensayo en el estrato de 0-30 cm de profundidad.

La información meteorológica recabada (ver Figura 4), permite apoyar la explicación con respecto el efecto estacional de la nematofauna durante el ensayo, para el tratamiento testigo. En donde la fluctuación numérica de nemátodos presentó el mayor incremento en diciembre 2000 y abril 2001, épocas en las cuales se registró la mayor precipitación y temperatura.

NEHER (2000), señala que periodos de temperaturas más altas, como es la época de primavera-verano, se favorecen el desarrollo e infección de nemátodos fitoparásitos en las plantas; en cambio, las bajas temperaturas prolongan la duración del ciclo biológico de estos organismos.

Por su parte, GOBBI y BRUGNI (1996), observaron la fluctuación estacional de grupos tróficos de nemátodos en un bosque central de *Austrocedrus chilensis* en Argentina, señalando que la abundancia de nemátodos varía significativamente a través del año; estos autores, detectaron diferencias significativas en la abundancia de la

nematofauna en las distintas épocas del año siendo las estaciones calurosas las que presentaban los mayores niveles de nemátodos, situación similar a la que se observó en esta investigación, como se aprecia en la Figura 6, para el tratamiento testigo, entre diciembre de 2000 y abril 2001, se produjo el mayor incremento en relación a las demás épocas analizadas, ya que en este periodo se presentaron las mayores temperaturas.

4.1.1 Fluctuación en el número total de nemátodos por estrato. Considerando que en el presente ensayo las muestras se obtuvieron a dos profundidades en el horizonte del suelo (0 a 10 y 10 a 30 cm), se presentan por separado los resultados del número total nemátodos para cada profundidad de muestreo.

Como se aprecia en la Figura 7, en relación a las parcelas en las cuales se aplicó el efluente, se observó una mayor cantidad de nemátodos en el estrato superior del suelo (0-10 cm); en este estrato se puede apreciar un marcado incremento en el número promedio de nemátodos inmediatamente finalizada la aplicación del efluente (Pf_1), en comparación a las demás épocas muestreadas. En la misma Figura 7, el aporte relativo de nemátodos fue numéricamente mucho menor en el estrato de 10-30 cm, presentando variaciones no tan marcadas entre una época y otra.

Cuatro meses después de finalizada la aplicación del efluente (Pf_2) se produce una disminución del número de nemátodos en comparación a la Pf_1 , para llegar a estabilizarse en el último periodo del ensayo (Pf_3), lo cual tiende a equilibrarse si se compara con la población P_i (ver Figura 7). Este efecto, se aprecia para el promedio de las dosis de efluente en el estrato de 0-10 cm.

En el testigo las fluctuaciones poblaciones no fueron tan marcadas como en aquellas parcelas en la cual se aplicó el efluente. Se presentó un mayor aporte numérico en el estrato superior del suelo (0-10 cm), efecto atribuible a la temperatura y humedad, así como a la presencia de raíces.

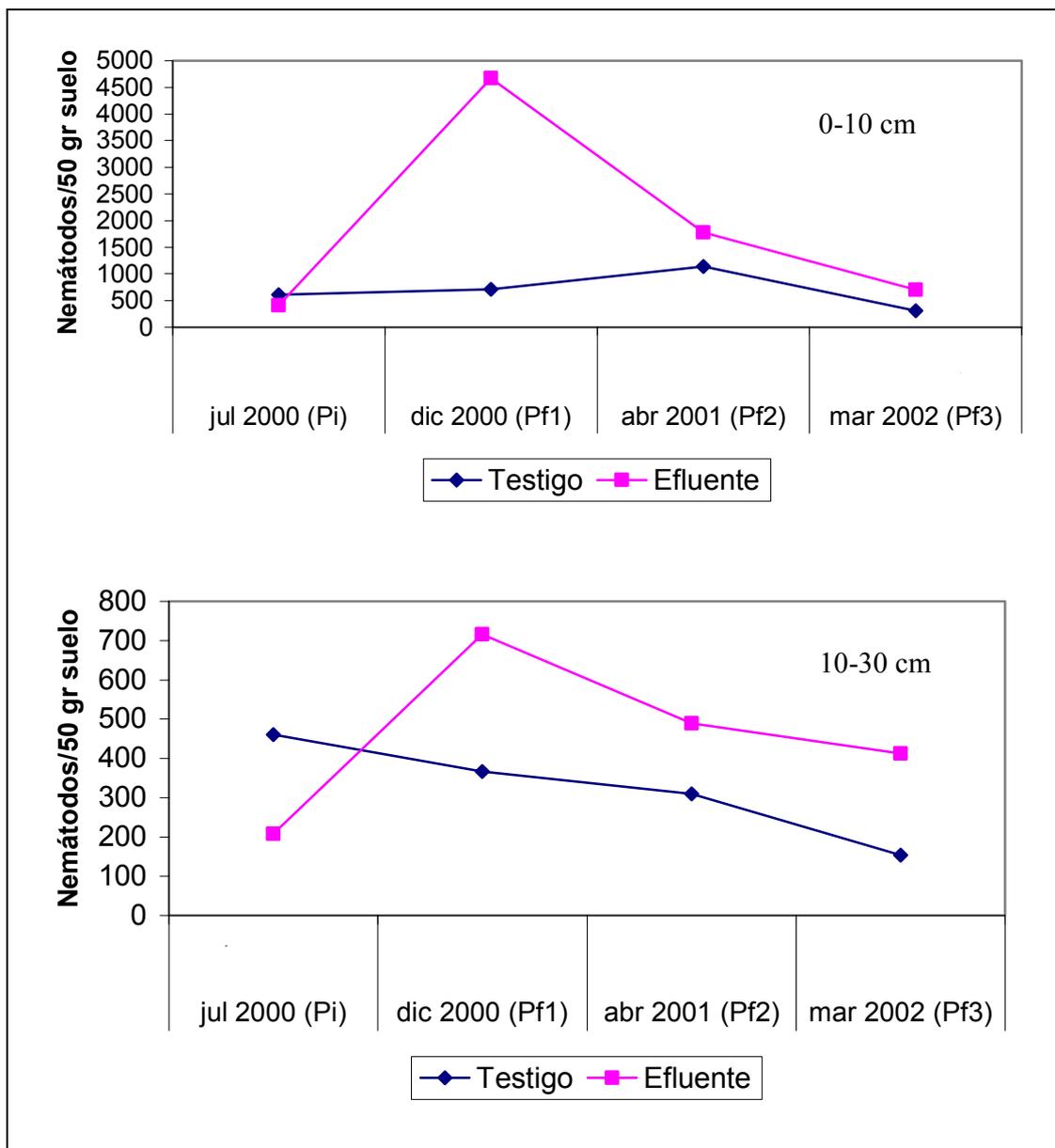


FIGURA 7 Número promedio de nemátodos por 50 g de suelo en cada profundidad de muestreo.

Los resultados de este ensayo en relación a la mayor cantidad de nemátodos en los estratos superiores del suelo, se explican por lo señalado por GOBBI y BRUGNI (1996), quienes indican que la nematofauna es mas abundante en el primer estrato del suelo, con valores que oscilan entre 30% y 68 % según la época del año, en donde los

valores mas altos, son los meses de mayor humedad y temperatura; mientras que entre fines de primavera y verano la distribución en profundidad es más homogénea.

Las características edáficas del suelo pueden explicar la distribución vertical de los nemátodos, presentado su mayor aporte relativo en los primeros 10 cm del perfil del suelo. En el predio Collico lugar donde se realizo el ensayo, el suelo presenta características de un suelo rojo-arcilloso, el cual según CHILE, INSTITUTO DE INVESTIGACION DE RECURSOS NATURALES- UACH (1979), se encuentra dentro de la serie los Ulmos; este tipo de serie se relaciona con suelos moderadamente profundos a profundos, presentado texturas moderadamente finas a finas. Esta última situación puede ser una limitante física para que se produzca un mayor desplazamiento de los nemátodos en profundidad. Esta característica motivó, a que no se realizaran muestreos de suelo a profundidades mayores.

Según BOOLOOTIAN (1993), para la fauna nematológica el espacio y la humedad son los factores críticos en su desarrollo, de modo que sólo habitan en los espacios interpedales del suelo, las que pueden penetrar entre las partículas del mismo en los suelos de textura muy gruesa. En suelos arcillosos se restringe su posibilidad de vida a medida que aumentan con profundidades sobre los 30 cm donde solo un 5 % del volumen del suelo es habitable por nemátodos, mientras que en la superficie el porcentaje de suelo habitable por estos organismos alcanza hasta un 13 %, siendo su hábitat preferido la zona superficial del suelo y la mayoría se sitúa en los primeros 10 cm del mismo.

Otra característica importante, que explica la mayor proporción de nemátodos encontrados en el presente ensayo en el estrato superior del suelo (0-10 cm), en el tratamiento testigo, es mencionada por MARTIN (2002), quien señala que los suelos del predio Collico son bien estructurados, poseen grandes cantidades de materia orgánica en la superficie, la que desciende bruscamente hacia los horizontes mas profundos, también poseen un pH bastante bajo a lo largo de todo el perfil, presentado niveles de aluminio y

hierro altos, con niveles de potasio de intercambio y nitrógeno total medios hacia la superficie, disminuyendo a niveles extremadamente bajos a medida que se desciende en profundidad. Estas características hacen que los primeros centímetros del perfil del suelo sea un hábitat ideal para el desarrollo de comunidades de nemátodos en el suelo.

4.1.2 Número total de nemátodos según dosis de efluente. Al comparar el efecto de la dosis de efluente con respecto al testigo en cada una de las épocas de muestreo, en el Cuadro 4, se aprecia que la población total de nemátodos en el estrato de 0-10 cm varió en forma significativa entre los tratamientos. Así, la población total inicial para este estrato mostró diferencias desde el inicio del ensayo (P_i), donde la parcela correspondiente a la dosis de 50 L/m^2 presentaba una población total inferior a las dosis de 0 y 25 L/m^2 . No obstante lo anterior, al comparar los resultados una vez finalizada la aplicación del efluente (P_{f1}), se observó que para esta misma dosis (50 L/m^2), la población se incrementó significativamente con respecto a los restantes tratamientos, mientras que disminuyó fuertemente equiparándose estadísticamente con los demás tratamientos en la tercera época de muestreo (P_{f2}).

Estos resultados muestran el fuerte incremento en el número de nemátodos en el suelo para todas las dosis de efluente aplicadas; como se analizará mas adelante este incremento se debió principalmente al aumento sustancial de nemátodos bacteriófago, es decir que se alimentan con los residuos orgánicos contenidos en el efluente, la razón de que solo resultara significativa para la dosis de 50 L/m^2 , se puede explicar según MARTIN (2002), por la alta cantidad de sales incorpora al suelo con el efluente, produjo que este colapsara en su capacidad de infiltración, lo que paso a las cuatro semanas de comenzada la aplicación con dosis superiores a 50 L/m^2 al mes y a las siete semanas con la dosis de 25 L/m^2 , este fenómeno provoco que el efluente no infiltrara y comenzara a escurrir, haciendo inviable la irrigación de altas cantidades de efluente al suelo por periodos muy prolongados.

CUADRO 4 Efecto de la dosis de efluente en el número total de nemátodos en 50 g de suelo para el estrato de 0-10 cm.

Dosis (L/m ²)	jul 2000(Pi)	dic 2000(Pf ₁)	abr 2001(Pf ₂)	mar 2002 (Pf ₃)
Testigo (0)	611,0a*	713,3 b	1140,0a	306,6 c
Dosis 1 (25)	634,0a	2400,6 b	2510,0a	586,6 bc
Dosis 2 (50)	196,6 b	8093,6a	1950,0a	620,0ab
Dosis 3 (100)	413,3ab	3533,3 b	880,0a	896,6a

* Letras distintas en la columna, indican diferencias estadísticamente significativas, Duncan 5%.

Según datos paralelos obtenidos por MARTIN (2002), en este mismo ensayo, la aplicación del efluente incrementó el nivel de pH en el suelo. Este cambio afectó en primera instancia el horizonte superior del suelo en el caso de las dosis menores, y a la totalidad del suelo con dosis mayores.

Al respecto, el mismo autor, agrega que el pH alcanzado durante el período de aplicación fue incluso en algunos casos, superior al del propio efluente aplicado, lo cual indicó la presencia de reacciones químicas con los minerales de arcilla, junto con la posible disminución del potencial redox de la matriz del suelo. Este fenómeno provocó una reducción del número de nemátodos en las épocas posteriores a la aplicación del efluente, situación que pudo ser causado por una menor oxigenación del suelo, junto con un mayor consumo de éste provocado por los microorganismos presentes en el (SCHEFFER y SCHACHTSCHABEL, 1998).

Para la profundidad de 10-30 cm (Cuadro 5), existieron diferencias significativas en las poblaciones de nemátodos registradas en el ensayo sólo en la mayor dosis de efluente (100 L/m²), en diciembre 2000 (Pf₁). También se pudo observar que el testigo presentó la mayor cantidad de nemátodos en 50 g de suelo en la población inicial (P_i), situación que no fue producto de las dosis de efluentes aplicados, sino que por manejos anteriores realizadas en el suelo. El efecto de la dosis de efluente no es tan importante

como en el estrato de 0-10 cm, ello se debería a que al ir incrementando en profundidad el número de nemátodos del suelo se reduce, debido a que existen menos poros libres en el suelo, para que los nemátodos puedan desplazarse, también se suma el efecto de las sales incorporadas al suelo con el efluente, que produjo que el suelo colapsara en su estructura.

CUADRO 5 Efecto de la dosis de efluente en el número total de nemátodos en 50 g de suelo para el estrato de 10-30 cm.

Dosis (L/m ²)	jul 2000(Pi)	dic 2000(Pf ₁)	abr 2001(Pf ₂)	mar 2002 (Pf ₃)
Testigo (0)	461,0a *	366,6 b	310,0a	153,3 c
Dosis 1 (25)	286,0ab	586,6 b	650,0a	336,6 b
Dosis 2 (50)	226,6 b	293,3 b	216,6a	406,6ab
Dosis 3 (100)	113,3 b	1266,6a	370,0a	493,3a

* Letras distintas en la columna, indican diferencias estadísticamente significativas, Duncan 5%.

4.1.3 Número total de nemátodos para cada dosis de efluente durante el periodo de ensayo. La variación en el número total de nemátodos en el tiempo de acuerdo a las dosis de efluente muestra que hubo diferencias estadísticamente significativas solamente para las dosis más altas (50 y 100 L/m²). Al evaluar las consecuencias de la aplicación de éstas en la población total de nemátodos en el suelo en el Cuadro 6, se aprecia que solamente se presentó un efecto significativo con dosis de 50 L/m² o superiores. Además, el efecto se hizo evidente solo en el segundo período de muestreo, es decir, inmediatamente finalizada la aplicación del residuo industrial de levaduras, este efecto se revertió desde la tercera época en adelante cuando disminuyeron fuertemente las poblaciones de nemátodos en el suelo, probablemente porque el efecto del residuo industrial se diluyó.

CUADRO 6 Efecto de la época en el número total de nemátodos por cada dosis de efluente (estrato de 0-10 cm).

Epocas	Testigo	Dosis 1	Dosis 2	Dosis 3
	0 L/m²	25 L/m²	50 L/m²	100 L/m²
Jul 2000 (Pi)	611,0a *	634,0a	196,6 b	413,3 b
Dic 2000 (Pf ₁)	713,3a	2400,7a	8093,6a	3533,3a
Abr 2001 (Pf ₂)	1140,0a	2510,0a	1950,0 b	880,0 b
Mar 2002 (pf ₃)	306,6a	586,6a	620,0 b	896,6 b

* Letras distintas en la columna, indican diferencias estadísticamente significativas, Duncan 5%.

En el estrato de 10-30 cm (Cuadro 7), solo se evidenció la existencia de diferencias estadísticamente significativas en la dosis de efluente de 100 L/m², lo cual coincide con el momento en que se finalizó la aplicación del efluente (Pf₁), posteriormente el número total de nemátodos declinó pero se mantuvo en niveles superiores a los presentes al inicio del ensayo. Las otras dosis aplicadas no evidenciaron diferencias significativas lo cual se puede explicar de acuerdo a MARTIN (2002), debido a que en estratos más profundos el efecto de la dosis de efluente no es tan relevante producto de la dispersión de los poros del suelo, situación causada porque que la estructura de este colapsa e impide que este residuo llegue a mayores profundidades, esto se ocasionaría porque este efluente poseía una relación de absorción de sodio (RAS), promedio de 42,3 el cual es muy alto para un suelo.

De hecho los resultados del trabajo paralelo realizado en el lugar del ensayo mostraron que el alto nivel de RAS del efluente, hace que sea inadecuado para el riego sobre el suelo, a menos que se modifique la composición de este, disminuyendo su concentración de sodio o aumentando la del calcio y magnesio para alcanzar valores de RAS menores de 15 (MARTIN 2002).

CUADRO 7 Efecto de la época en el número total de nemátodos por cada dosis de efluente (estrato de 10-30 cm).

Epocas	Testigo 0 L/m²	Dosis 1 25 L/m²	Dosis 2 50 L/m²	Dosis 3 100 L/m²
Jul 2000 (Pi)	461,0a *	286,0a	226,6a	113,3 c
Dic 2000 (Pf ₁)	366,6ab	586,6a	293,3a	1266,6a
Abr 2001 (Pf ₂)	310,0 b	880,0a	216,6a	370,0 b
Mar 2002 (Pf ₃)	153,3 c	336,6a	406,6a	493,3 b

* Letras distintas en la columna, indican diferencias estadísticamente significativas, Duncan 5%.

4.1.4 Efectos de los tratamientos en la variación de la estructura de las comunidades de nemátodos. En función de sus hábitos alimenticios los nemátodos según BONGERS (1990), pueden clasificarse en cuatro grandes grupos tróficos: fitoparásitos, bacteriófagos, fungívoros y depredadores.

YEATES (1979), señala que son justamente las características biológicas y ecológicas de cada grupo las que han permitido convertir el estudio de las comunidades de nemátodos en una herramienta importante para la comprensión de los sistemas edáficos.

En el presente ensayo el grupo alimenticio predominante en el testigo y para el estrato de 0-10 cm, fueron los fitoparásitos, los cuales como se aprecia en la Figura 8, fluctuaron proporcionalmente poco (60 a 90 %) en el transcurso del ensayo. También se pudo observar que el aporte relativo porcentual de los fitoparásitos en los tratamientos con efluente fue más variable, donde disminuyeron marcadamente una vez finalizada la aplicación del efluente (Pf₁) alcanzando solo un 5% del total de nemátodos presentes en la muestra; junto con esto se observó un fuerte incremento en la presencia de los bacteriófagos y fungívoros. Sin embargo, esta situación se revierte al transcurrir el tiempo disminuyendo proporcionalmente los bacteriófagos y fungívoros, como

consecuencia directa de la suspensión del efluente al agotarse su fuente de alimentación (bacterias, protozoos, algas, hongos y levaduras), pero además por el incremento de los nemátodos depredadores, debe considerarse que estos últimos presentan una gran capacidad de colonización y multiplicación (BONGERS, 1990).

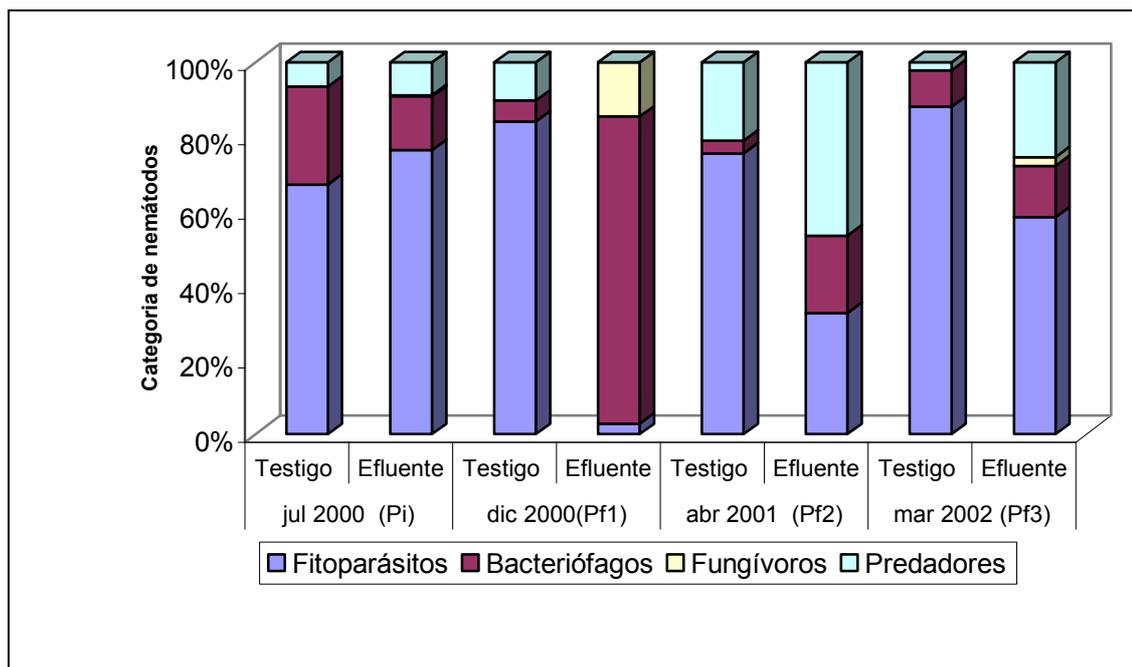


FIGURA 8 Aporte porcentual de los grupos alimenticios de nemátodos durante el ensayo para el estrato de 0-10 cm.

Una distribución similar a la señalada en el primer estrato de suelo se observó en las distintas categorías de nemátodos en el siguiente estrato de 10-30 cm (Figura 9).

Para ambas profundidades (0-10 y 10-30 cm), el tratamiento testigo, reflejó en general, lo que se esperaba como variación en la población normal desde los meses de verano a otoño, en un suelo cultivado, sin cambios notorios, en donde el grupo predominante para ambas profundidades son los fitoparásitos.

Estos resultados concuerdan con BOOLOOTIAN (1993), en el sentido que la mayor parte de las especies de nemátodos presentes en suelos cultivados son fitoparásitos, es decir individuos que se alimentan de raíces u otras estructuras subterráneas; el mismo autor indica que al producirse un aumento de la población bacteriana del suelo por diferentes causas, las especie bacteriófagas tienden a aumentar debido a la abundancia del recurso alimenticio (bacterias).

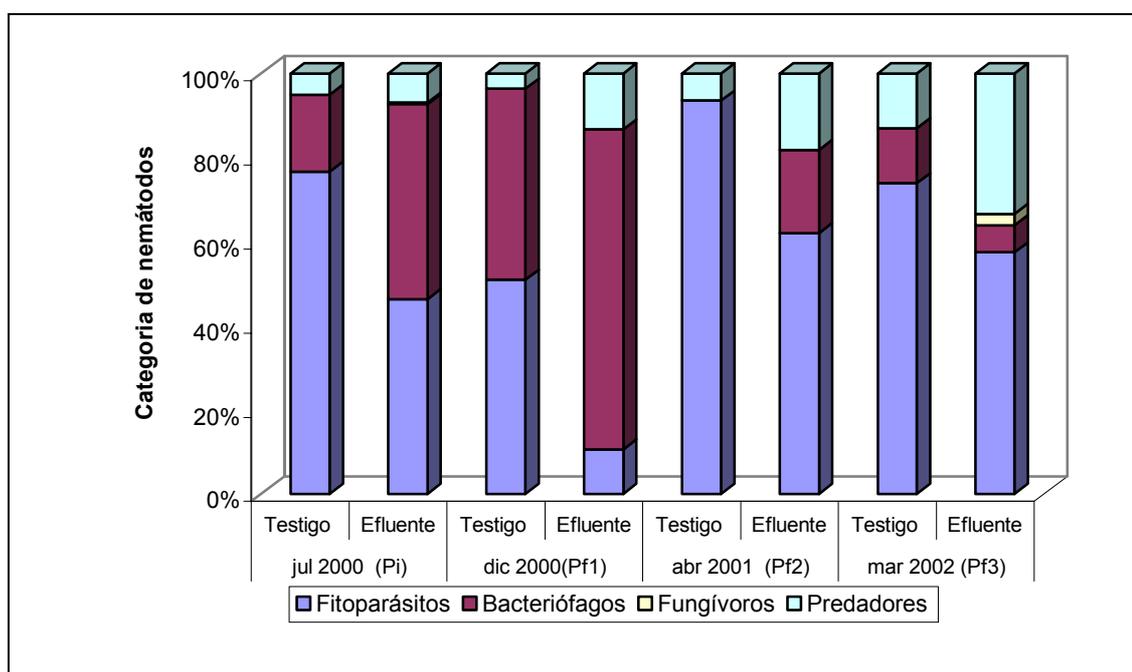


FIGURA 9 Aporte porcentual de los grupos alimenticios de nemátodos durante el ensayo para el estrato de 10-30 cm.

Las variables de temperatura y precipitación, actúan de modo diferente sobre los nemátodos de acuerdo a sus hábitos alimenticios y aún más sobre las especies individuales, en donde los bacteriófagos y depredadores no varían significativamente en las diferentes épocas del año, en un ecosistema estable (GOBBI y BRUGNI, 1996).

Según TAYLOR (1971), los fertilizante químicos ejercen poca o ninguna influencia en la poblaciones de nemátodos, en cambio la adición de abonos orgánicos

fomenta la multiplicación de las especies bacteriófagas en desmedro de las especies fitoparásitas, lo cual concuerda con los resultados obtenidos al aplicar en el suelo el efluente de levaduras, el cual por su composición se adapta dentro de la categoría de un producto orgánico por su alta concentración de carbono (Cuadro 2).

4.1.5 Variación de los nemátodos según su distinto hábito alimenticio. A continuación se analizara el efecto sobre cada grupo trófico por separado, analizando su evolución a lo largo del ensayo.

4.1.5.1 Variación en el grupo de nemátodos fitoparásitos durante el ensayo. Según YEATES y BIRD (1994), los fitoparásitos son dominantes en cultivos agrícolas, aportando sobre el 60 % total de la población de nemátodos, le siguen en importancia los bacteriófagos los cuales junto a los fitoparásitos aportan más del 80 % de la comunidad total del suelo.

El grupo de los fitoparásitos corresponde a aquellos nemátodos cuya fuente de alimentación son órganos vegetales. En el caso del presente ensayo este grupo lo conformaron principalmente individuos ectoparásitos radicales migratorios. En el Cuadro 8, se puede apreciar diferencias estadísticamente significativas solamente en la segunda época de muestreo (Pf_1), en donde el mayor aporte de nemátodos fitoparásitos se encuentra asociado al tratamiento testigo (0 L/m^2), lo cual coincide con el periodo de término de la aplicación de efluente industrial. Esto se puede explicar debido a que el efluente pudo producir un efecto nemátocida en los fitoparásitos o que éstos disminuyan al ser desplazados en el espacio de los poros del suelo por los bacteriófagos, junto con un aumento de otras especies antagonistas a estos.

En el Cuadro 9, se observó en el estrato de 10-30 cm, diferencias significativas en el tratamiento testigo para el muestreo inicial (P_i), situación que se pudo deber a manejos anteriores realizados en el suelo. En la fecha en la cual se realizó la aplicación del efluente (Pf_1), se observó la misma situación señalada en estrato superior, aunque

solo para la dosis de 25 L/m² con respecto al testigo de manera significativa. El número de nemátodos en el suelo se recuperó en la última época de muestreo (Pf₃), presentado diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, en donde el mayor aporte numérico de nemátodos se presentó en la mayor dosis de efluente (100 L/m²), situación que se puede explicar por el efecto estacional de las comunidades de nemátodos en el tiempo, dispersión del suelo y las pérdidas por percolación del efluente, por lo cual su efecto sobre el número de nemátodos fitoparásitos se ve mermando (Cuadro 9).

CUADRO 8 Efectos de los tratamientos en el número total de nemátodos fitoparásitos en el perfil de suelo de 0-10 cm.

Dosis (L/m ²)	jul 2000 (Pi) α	dic2000 (Pf ₁)	abr2001(Pf ₂)	mar2002(Pf ₃)
Testigo (0)	410,0a *	600,0a	860,0a	270,0a
Dosis 1 (25)	550,0a	220,0 b	650,0a	386,6a
Dosis 2 (50)	136,6a	173,3 bc	670,0a	396,6a
Dosis 3 (100)	263,3a	13,3 c	420,0a	443,3a

* Letras distintas en la columna, indican diferencias estadísticamente significativas, Duncan 5%.

α Transformación de $\sqrt{X+5}$, datos en tabla reales.

MAGUNACELAYA y DAGNINO (1999), señalan que la materia orgánica aplicada al suelo produce en su descomposición nitrógeno el cual libera compuestos amoniacales que tienen acción nemátocida, reduciendo los niveles poblacionales de nemátodos, especialmente en las especies fitoparásitas. Cuando se aplican fertilizantes inorgánicos, si es que producen un aporte de amoniaco, tiene una acción semejante a la aplicación de materia orgánica. Con la materia orgánica se incorpora a la rizósfera una diversidad importante de especies de microorganismos, como bacterias, protozoos, hongos, y miles de nemátodos depredadores de nemátodos fitoparásitos. Este aporte de

biomasa tiene como consecuencia una suerte de control biológico sobre las poblaciones de nemátodos fitoparásitos.

CUADRO 9 Efectos de los tratamientos en el número total de nemátodos fitoparásitos en el perfil de suelo de 10-30 cm.

Dosis (L/m ²)	jul 2000(Pi)	dic2000 (Pf ₁) α	abr2001(Pf ₂)	mar2002(Pf ₃)
Testigo (0)	353,3a *	186,6a	290,0a	113,3 d
Dosis 1 (25)	126,6 b	133,3ab	570,0a	166,6 c
Dosis 2 (50)	103,3 b	26,6 b	150,0a	246,6 b
Dosis 3 (100)	60,0 b	66,6ab	190,0a	296,6a

* Letras distintas en la columna, indican diferencias estadísticamente significativas, Duncan 5%

α Transformación de $\sqrt{X+5}$, datos en tabla reales.

4.1.5.2 Variación en el grupo de nemátodos bacteriófagos durante el ensayo. Para el estrato de 0-10 cm (Cuadro 10), se evidenció un efecto estadísticamente significativo del efluente en la segunda época de muestreo (Pf₁), luego de terminada la aplicación del efluente, únicamente en la dosis 2 (50 L/m²); resultado que se explica por el hecho que los nemátodos del grupo de los bacteriófagos poseen una mayor fuente de alimentación en el suelo, debido a que obtienen su alimento directamente de la materia orgánica en descomposición, es decir del residuo o contenido del efluente (BONGERS, 1990). Como se aprecia en el mismo Cuadro 10, en las épocas siguientes sigue influyendo el efecto de las dosis de efluente pero en una menor proporción, tendiendo a estabilizarse en la Pf₃ (marzo 2003), sin embargo, aún en esta fecha se observa un efecto de la dosis más alta.

CUADRO 10 Efectos de los tratamientos en el número total de nemátodos bacteriófagos en el perfil de suelo de 0-10 cm.

Dosis (L/m ²)		jul 2000 (Pi) α		dic 2000(Pf ₁) α	abr2001(Pf ₂)	mar2002(Pf ₃)
Testigo	(0)	161,0a	*	40,0 c	40,0 b	30,0 b
Dosis 1	(25)	30,0 b		1280,6 bc	510,0a	63,3 b
Dosis 2	(50)	30,0 b		6813,3a	380,0a	46,6 b
Dosis 3	(100)	120,0ab		3480,0 b	223,3a	180,0a

* Letras distintas en la columna, indican diferencias estadísticamente significativas, Duncan 5%.

α Transformación de $\sqrt{X + 0,5}$, datos en tabla reales.

Para el estrato de 10-30 cm (Cuadro 11), se observaron diferencias estadísticamente significativas, en la época en la cual se finalizó la aplicación del efluente (Pf₁), correspondiendo éstas a un incremento significativo en los bacteriófagos en la dosis mayor (100 L/m²), luego en las épocas siguientes la dosis mas baja mantuvieron las mayores poblaciones de bacteriófagos, obteniéndose diferencias significativas en abril 2001, pero en este caso para la dosis de 25 L/m².

El menor aporte de nemátodos en el estrato más profundo del suelo (10-30 cm) se puede explicar según MARTIN (2002), a que el efluente no percoló a las capas inferiores del suelo. El mismo autor señala que al aplicar el efluente de levaduras en un suelo de la provincia de Valdivia, se incorporó con dosis de más de 9 t/ha/año de sodio y potasio; ello produjo un efecto químico a nivel de las arcillas del suelo que conlleva a un fenómeno físico de dispersión, lo cual provoca el deterioro de la estructura del suelo, producto de esto las arcillas se dispersan, provocando que arcillas mas finas sean arrastradas hacia los poros mas gruesos terminando por ocluir el sistema, impidiendo el flujo de infiltración normal de agua.

CUADRO 11 Efectos de los tratamientos en el número total de nemátodos bacteriófagos en el perfil de suelo de 10-30 cm.

Dosis (L/m ²)	jul 2000 (Pi) α	dic2000(Pf ₁) α	abr 2001 (Pf ₂)	mar 2002 (Pf ₃)
Testigo (0)	84,3a *	166,6 c	0,0 b	20,0ab
Dosis 1 (25)	123,3a	433,3 b	200,0a	40,0a
Dosis 2 (50)	113,3a	530,3 b	40,0 b	40,0a
Dosis 3 (100)	53,3a	1146,6a	50,0 b	0,0 b

* Letras distintas en la columna, indican diferencias estadísticamente significativas, Duncan 5%.

α Transformación de $\sqrt{X + 0,5}$, datos en tabla reales.

4.1.5.3 Variación en el grupo de nemátodos fungívoros durante el ensayo. En general en el ensayo la proporción de nemátodos fungívoros fue relativamente baja con respecto a los otros grupos, estos se presentaron especialmente durante la segunda época de muestreo (Pf₁), es decir inmediatamente finalizada la aplicación de efluente. Para el estrato de 0-10 cm existieron diferencias significativas al aplicar el efluente (Cuadro 12), para las dosis de 25 y 50 L/m² en comparación a las otras dosis, efecto producido por el residuo de la fabricación de levaduras, ya que los nemátodos fungívoros tomaron también alimento de este residuo o de los hongos presentes en el sustrato, como efecto de la incorporación de productos orgánicos al suelo.

Esto se apoya en las observaciones realizadas por YEATES y BIRD (1994), en relación a la distribución en profundidad de los fungívoros, observaron que estos presentan la mayor abundancia en los estratos superiores del suelo, esto se corresponde con la presencia de hongos, restos vegetales en los primeros 10 cm de suelo lo cual es utilizado por ellos como fuente de alimentación.

CUADRO 12 Efectos de los tratamientos en el número total de nemátodos fungívoros en el perfil de suelo de 0-10 cm.

Dosis (L/m ²)	jul 2000 (Pi) α	dic 2000(Pf ₁) α	abr2001(Pf ₂)	mar2002(Pf ₃)
Testigo (0)	0,0a *	0,0 b	0,0a	0,0a
Dosis 1 (25)	4,0a	900,0a	0,0a	6,6a
Dosis 2 (50)	0,0a	1160,6a	0,0a	23,3a
Dosis 3 (100)	0,0a	40,0 b	0,0a	20,0a

* Letras distintas en la columna, indican diferencias estadísticamente significativas, Duncan 5%.

α Transformación de $\sqrt{X + 0,5}$, datos en tabla reales.

Para el estrato de 10-30 cm (Cuadro 13), a diferencias de los grupos anteriores los fungívoros presentaron diferencias significativas solo en la dosis de 25 L/m² en la época inicial (julio 2000), por el contrario en la Pf₁ (diciembre) y Pf₂ (abril 2001) no se encontraron nemátodos en las muestras. Sin embargo su presencia aumentó aunque no significativamente en las dosis mayores 50 y 100 L/m², en la última época de muestreo (Pf₃).

CUADRO 13 Efectos de los tratamientos en el número total de nemátodos fungívoros en el perfil de suelo de 10-30 cm.

Dosis (L/m ²)	jul 2000 (Pi) α	dic2000 (Pf ₁)	abr2001(Pf ₂)	mar2002(Pf ₃)
Testigo (0)	0,0 b *	0,0a	0,0a	0,0 b
Dosis 1 (25)	2,6a	0,0a	0,0a	0,0 b
Dosis 2 (50)	0,0 b	0,0a	0,0a	20,0a
Dosis 3 (100)	0,0 b	0,0a	0,0a	13,3ab

* Letras distintas en la columna, indican diferencias estadísticamente significativas, Duncan 5%.

α Transformación de $\sqrt{X + 0,5}$, datos en tabla reales.

GOBBI y BRUGNI (1996), observaron en un bosque de *A. chilensis* en Argentina, que solo menos de un 15 % de la nematofauna correspondió a este grupo alimenticio, no presentando diferencias significativas en ninguna de las épocas muestreadas. Si observaron que presentaron una disminución en pleno verano y principios de otoño, siendo su presencia más importante en primavera. Situación que se refleja en el ensayo realizado.

4.1.5.4 Variación en el grupo de nemátodos depredadores durante el ensayo. Este grupo según BONGERS (1990), agrupa a aquellas especies que se alimentan de pequeños animales incluidos otros nemátodos. En el Cuadro 14, se observa que si bien su número se incrementó inmediatamente finalizada la aplicación del efluente (Pf₁), este no alcanzó a ser significativo; sin embargo, el efecto del efluente en este grupo alcanza a ser claramente significativo en el último periodo de muestreo, es decir 11 meses después de finalizar la aplicación del efluente industrial.

CUADRO 14 Efectos de los tratamientos en el número total de nemátodos depredadores en el perfil de suelo de 0-10 cm.

Dosis (L/m ²)	jul 2000 (Pi)	dic 2000 (Pf ₁)	abr2001(Pf ₂) ^α	mar2002(Pf ₃)
Testigo (0)	40,0a *	73,3a	240,0a	6,6 c
Dosis 1 (25)	50,0a	0,0a	1350,0a	130,0 b
Dosis 2 (50)	30,0a	0,0a	900,0a	153,3ab
Dosis 3 (100)	30,0a	0,0a	236,6a	253,3a

* Letras distintas en la columna, indican diferencias estadísticamente significativas, Duncan 5%

^α Transformación de $\sqrt{X + 0,5}$, datos en tabla reales.

MAGUNACELAYA y DAGNINO (1999), señalan que los depredadores ejercen en el suelo una función de control, aumentando cuando ocurre alguna alteración

ambiental, y ejerciendo una labor de control de otras taxas de nemátodos, especialmente los nemátodos bacteriófagos. Debido a que se produce un aumento en los otros grupos de nemátodos (Cuadro 14), al aplicar el efluente era esperable que ello produjera una respuesta numérica en el grupo de nemátodos depredadores, pero desplazado en el tiempo.

El mismo efecto mencionado en el estrato superior, se apreció en este ensayo en el estrato de 10-30 cm (Cuadro 15), pero cuantitativamente en menor proporción, en donde solo se detectan diferencias estadísticamente significativas en la última época de muestreo (Pf₃) para el testigo (0 L/m²), en las demás épocas, aunque no se apreciaron diferencias estadísticas significativas, siempre se presentaron los mayores aportes relativos de nemátodos en las dosis del efluente de la fabricación de levaduras.

CUADRO 15 Efectos de los tratamientos en el número total de nemátodos depredadores en el perfil de suelo de 10-30 cm.

Dosis (L/m ²)	jul 2000(Pi)	dic2000 (Pf ₁) α	abr2001(Pf ₂)	mar 2002(Pf ₃)
Testigo (0)	23,3a *	13,3a	20,0a	20,0 c
Dosis 1 (25)	33,3a	20,0a	110,0a	130,0ab
Dosis 2 (50)	10,0a	213,3a	26,6a	100,0 b
Dosis 3 (100)	0,0a	53,3a	130,0a	183,3a

*Letras distintas en la columna, indican diferencias estadísticamente significativas, Duncan 5%.

α Transformación de $\sqrt{X + 0,5}$, datos en tabla reales.

Según GABBI y BRUGNI (1996), los depredadores no varían significativamente a lo largo del año, estando prácticamente ausentes en muestras obtenidas en invierno, presentando sus valores más altos en muestras obtenidas en primavera-verano, pero presentando una abundancia relativa en el año más baja en comparación a las otras taxas

encontradas. Esta situación es distinta a lo observado por GABBI y BRUGNI (1996), en relación a los depredadores, ya que es necesario considerar el tipo de ecosistema y los factores climáticos presentes. Para este ensayo el aporte numérico de los nemátodos en el testigo presento sus valores mas altos en julio 2000 (Pi), con sus valores mas bajos en diciembre del 2000 (Pf₁).

4.2 Distribución porcentual por género nemátodos del suelo durante el ensayo.

Los nemátodos extraídos de las muestras de suelo se identificaron solamente a nivel de género, reconociéndose un total de 23 géneros en los diferentes tratamientos y periodos del ensayo.

Cabe destacar que de éste total, previo a la aplicación del efluente en las muestras de suelo se obtuvieron solo 21 géneros, número que disminuyó después de las aplicaciones realizadas.

En el primer estrato de suelo (0-10 cm), se observó (Cuadro 16), que los géneros que aportaron el mayor porcentaje de individuos en el muestreo inicial correspondieron a los fitoparásitos como son; *Helicotylenchus*, *Paratylenchus*, *Tylenchus* y también *Lectolaimus* nemátodo bacteriófago. Inmediatamente finalizada la aplicación del efluente (Pf₁), el aporte porcentual de individuos por cada género varió sustancialmente, predominando porcentualmente en las dosis de efluente mayores, géneros que están agrupados dentro de los bacteriófagos, como son; *Leptolaimus*, *Plectus* y *Rhabdities*. La mayor proporción de estos géneros para esta época se puede explicar debido a que estos géneros presentan una mayor fuente alimenticia producto de la aplicación del efluente de la fabricación industrial de levaduras durante cuatro meses.

En el estrato siguiente (10-30 cm), se puede observar en el Cuadro 17, que se mantiene misma tendencia señala en el estrato superior es decir los géneros predominantes son en su mayoría *Helicotylenchus*, *Paratylenchus* *Pratylenchus* y *Psilenchus*, con una tendencia estable en el tiempo solo alterándose en la época en que

se finalizó la aplicación del efluente (Pf₁), en donde el mayor aporte porcentual estaba dado por los géneros bacteriófagos *Leptolaimus*, *Plectus* y *Rhabdities*.

El aporte de las especies *Diplogaster*, *Mononchus*, *Seinura* (depredadores), es limitado en la mayoría de las épocas de muestreo (Pi, Pf₁, Pf₃), a excepción de la Pf₂ (abril 2001), donde aportan entre un 25 a 50 %, cifras que se ven reflejadas en las parcelas en las cuales se aplicó el efluente. Esto se puede explicar ya que en esta época estas especies tuvieron una mayor fuente de alimentación por el aporte de nemátodos bacteriófagos de la época anterior (Pf₁), y lograron mejorar su potencial reproductivo. La especie *Nothotylenchus* (fungívoro) tuvo una baja participación en el ensayo salvo en Pf₁ (diciembre 2000), producto del mayor aporte del efluente industrial, el cual fue utilizado por esta especie como fuente de alimentación.

Según YEATES y KING (1997), citando a Yeates y Bird (1994), indican que *Criconemoides*, *Tylenchorynchus*, *Helicotylenchus* y casi la mayoría de las especies fitoparásitas del tipo ectoparásitas migratorias, presentan una mayor abundancia relativa en aquellas estaciones más húmedas y calurosas (primavera), estación en la cual pudieron observar que la mayor abundancia de la nematofauna fitoparásita se dio en los primeros estratos del suelo por el efecto de la humedad. Según este mismo autor el comportamiento y la distribución de las especies fitoparásitas se debió al juego de dos variables, la disponibilidad de alimento y la humedad del suelo.

CUADRO 16 Composición porcentual de la fauna nematológica del suelo durante el ensayo, para el estrato de 0-10 cm.

Géneros	Valor c-p	Grupo Alimenticio	Julio 2000(Pi)				Diciembre 2000(Pf1)				Abril 2001(Pf2)				Marzo 2002 (Pf3)			
			L/m2				L/m2				L/m2				L/m2			
			0	25	50	100	0	25	50	100	0	25	50	100	0	25	50	100
<i>Aphelenchoides</i>	2	1*	2,2	0,0	1,7	1,6	6,5	0,0	0,0	0,2	0,9	1,1	1,8	0,0	8,7	2,3	3,2	6,7
<i>Aphelenchus</i>	2	1	0,0	1,1	0,0	0,0	1,9	1,7	0,0	0,2	1,8	1,5	3,0	5,8	8,7	8,0	2,2	0,0
<i>Criconemoides</i>	3	1	0,0	0,5	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Helicotylenchus</i>	3	1	17,5	46,8	32,2	21,8	12,1	0,0	2,1	0,0	32,7	11,7	5,4	9,3	15,2	9,7	11,8	7,1
<i>Hemicicliophora</i>	3	1	0,0	0,0	0,0	0,0	15,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Heterodera</i>	3	1	3,8	0,5	3,4	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	7,6	2,3	3,2	1,5
<i>Hoplolaimus</i>	3	1	1,1	0,0	0,0	2,4	1,9	0,0	0,0	0,0	2,7	0,4	0,0	1,2	0,0	0,0	2,7	0,0
<i>Longidorus</i>	5	1	2,7	0,0	0,0	1,6	0,9	0,0	0,0	0,0	4,5	0,4	7,2	5,8	0,0	0,6	0,0	0,0
<i>Meloidogyne</i>	3	1	1,1	4,2	3,4	3,2	1,9	0,0	0,0	0,0	1,8	1,9	0,0	4,7	0,0	0,0	0,0	0,4
<i>Paratylenchus</i>	2	1	10,9	10,5	10,2	5,6	8,4	0,0	0,0	0,0	11,8	0,4	1,8	5,8	6,5	5,1	6,5	8,2
<i>Pratylenchus</i>	3	1	3,8	7,9	1,7	6,5	2,8	0,0	0,0	0,0	1,8	0,4	1,8	0,0	21,7	1,1	2,7	12,6
<i>Psilenchus</i>	2	1	9,3	0,0	0,0	4,8	15,9	0,0	0,0	0,0	3,6	1,5	4,2	1,2	0,0	11,9	12,4	4,8
<i>Trichodorus</i>	4	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0
<i>Tylenchorynchus</i>	3	1	5,5	0,0	13,6	8,1	2,8	0,0	0,0	0,0	3,6	1,5	0,6	5,8	3,3	3,4	2,7	0,0
<i>Tylenchus</i>	2	1	9,3	15,2	1,7	5,6	10,3	7,5	0,0	0,0	7,3	5,6	6,0	7,0	16,3	21,0	16,7	8,2
<i>Xiphinema</i>	5	1	0,0	0,0	1,7	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Leptolaimus</i>	4	2	12,5	4,2	15,3	14,5	3,7	19,2	20,8	26,4	1,8	10,9	8,9	15,5	7,6	10,8	4,3	13,8
<i>Plectus</i>	2	2	6,3	0,0	0,0	9,7	0,9	34,2	63,4	72,1	1,8	9,4	7,8	5,8	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Rhabditis</i>	1	2	7,5	0,5	0,0	4,8	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	1,2	5,8	2,2	0,0	3,2	6,3
<i>Nothotylenchus</i>	2	3	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	37,5	13,7	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	3,8	2,2	
<i>Diplogaster</i>	4	4	0,0	2,6	0,0	0,0	4,7	0,0	0,0	0,0	10,9	1,9	1,8	3,5	0,0	7,4	7,5	12,3
<i>Mononchus</i>	2	4	5,5	1,1	1,7	4,8	3,7	0,0	0,0	0,0	0,9	41,4	34,4	11,2	2,2	4,5	7,5	9,7
<i>Seinura</i>	1	4	1,1	4,2	13,6	2,4	1,9	0,0	0,0	0,0	10,9	8,3	12,5	11,6	0,0	10,2	9,7	6,3

* Grupo alimenticio (1= Fitoparásitos, 2= Bacteriófagos, 3= Fungívoros, 4= Depredadores).

CUADRO 17 Composición porcentual de la fauna nematológica del suelo durante el ensayo, para el estrato de 10-30 cm.

Géneros	Valor c-p	Grupo alimenticio	Julio 2000(Pi)				Diciembre 2000(Pf1)				Abril 2001(Pf2)				Marzo 2002 (Pf3)			
			L/m2				L/m2				L/m2				L/m2			
			0	25	50	100	0	25	50	100	0	25	50	100	0	25	50	100
<i>Aphelenchoides</i>	2	1*	0,0	4,7	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,9	16,4	0,0
<i>Aphelenchus</i>	2	1	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	2,0	9,0	0,0	
<i>Criconemoides</i>	3	1	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
<i>Helicotylenchus</i>	3	1	23,9	15,2	17,6	11,8	15,7	1,1	2,3	0,0	15,7	0,0	2,3	0,0	10,9	5,9	0,0	13,5
<i>Hemicicliophora</i>	3	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
<i>Heterodera</i>	3	1	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
<i>Hoplolaimus</i>	3	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
<i>Longidorus</i>	5	1	9,4	0,0	0,0	0,0	3,5	2,3	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	
<i>Meloidogyne</i>	3	1	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
<i>Paratylenchus</i>	2	1	4,3	4,7	5,9	17,6	5,2	2,3	0,0	2,6	5,2	2,3	0,0	2,6	6,5	4,0	0,0	16,9
<i>Pratylenchus</i>	3	1	12,3	2,3	0,0	5,9	10,4	2,3	0,0	0,0	10,4	2,3	0,0	0,0	13,0	0,0	0,0	13,5
<i>Psilenchus</i>	2	1	8,7	2,3	0,0	5,9	1,7	2,3	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	15,6	0,7
<i>Trichodorus</i>	4	1	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,9	0,0	0,0
<i>Tylenchorynchus</i>	3	1	1,4	5,8	2,9	11,8	0,0	0,0	0,0	0,0	11,4	0,0	0,0	8,7	0,0	2,5	5,4	
<i>Tylenchus</i>	2	1	6,5	7,0	13,2	0,0	13,0	11,4	6,8	2,6	13,0	0,0	6,8	2,6	34,8	15,8	15,6	10,1
<i>Xiphinema</i>	5	1	0,0	1,2	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
<i>Leptolaimus</i>	4	2	9,4	4,7	8,8	11,8	34,8	3,4	4,5	0,0	34,8	3,4	4,5	0,0	13,0	5,0	4,1	0,0
<i>Plectus</i>	2	2	6,7	32,6	41,2	29,4	8,7	70,5	13,6	90,5	8,7	70,5	13,6	90,5	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Rhabdities</i>	1	2	2,2	5,8	0,0	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,9	5,7	0,0
<i>Nothotylenchus</i>	2	3	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,9	2,7	
<i>Diplogaster</i>	4	4	2,9	9,3	0,0	0,0	3,5	3,4	0,0	4,2	3,5	3,4	0,0	4,2	6,5	0,0	13,1	8,8
<i>Mononchus</i>	2	4	2,2	0,0	4,4	0,0	0,0	0,0	70,5	0,0	0,0	0,0	70,5	0,0	6,5	20,8	2,5	10,8
<i>Seinura</i>	1	4	0,0	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	0,0	0,0	0,0	2,3	0,0	0,0	17,8	9,0	17,6

*Grupo alimenticio (1=Fitoparásitos, 2=Bacteriófagos, 3=Fungívoros, 4=Depredadores).

4.3 Índices ecológicos como indicadores de perturbación medio ambiental.

La perturbación medio ambiental se evaluó en base dos índices ecológicos, los cuales se detallan a continuación.

4.3.1 Diversidad en la fauna nematológica del suelo. La diversidad de la fauna nematológica del suelo se analizó por medio del índice de diversidad de Shannon y Wiener (H) en las dos profundidades muestreadas. Este según WOLDA (1983), es el indicador más usado para medir la diversidad de la entomofauna, siendo su función principal medir la riqueza de un área determinada con respecto a otra.

En el Cuadro 18, se observa como se comporta el índice de diversidad (H), durante el ensayo para el estrato de 0-10 cm. En este Cuadro se aprecia que el testigo, en las cuatro épocas de muestreo, se mantuvo constante con valores entre 3,15 a 3,72. Si se compara con las dosis de efluente, se aprecia un marcado descenso del índice de diversidad, en la época inmediatamente finaliza la aplicación del efluente (Pf₁), en la dosis de 50 y 100 L/m². Esto se puede explicar debido a que en esa época la diversidad de la comunidad se vió alterada por un crecimiento mayor de los bacteriófagos, en desmedro de los fitoparásitos. Esto provocó una alteración medioambiental que repercutió en la nematofauna del suelo; la diversidad de la población nematológica tuvo una rápida recuperación en la siguiente época (Pf₂), hasta lograr estabilizarse en el último muestreo (Pf₃) y lograr hacerse comparable a la población inicial (julio 2000).

Para el estrato siguiente (10-30 cm), en el Cuadro 19, se puede apreciar que la diversidad de los géneros es mucho menor si se compara con el estrato superior, pero se mantiene la misma tendencia de una menor diversidad en la época en la cual se finalizó la aplicación del efluente (Pf₁), para las dosis de efluente con un valor promedio de 1,25. El testigo (0 L/m²), presento valores que fluctuaron entre 2,73 a 3,52 durante el ensayo.

CUADRO 18 Indices de la fauna nematológica del suelo durante el ensayo, para el estrato de 0-10 cm.

Epocas	Julio 2000(Pi)				Diciembre 2000(Pf1)				Abril 2001(Pf2)				Marzo 2002 (Pf3)			
	L/m2				L/m2				L/m2				L/m2			
Dosis	0	25	50	100	0	25	50	100	0	25	50	100	0	25	50	100
Generos identificadas	16	14	12	17	19	5	4	5	17	17	16	15	11	16	16	14
Numero de especies	1753	1902	590	1240	2140	7202	24280	10600	3300	7980	5030	2580	920	1760	1860	2690
% Fitoparasitos	67,10	86,75	69,49	63,71	84,11	9,16	2,14	0,38	73,64	26,32	33,40	46,51	88,04	65,91	63,98	49,44
% Bacteriofagos	26,35	4,73	15,25	29,03	5,61	53,35	84,18	98,49	3,64	22,18	17,89	27,13	9,78	10,80	7,53	20,07
% Fungivoros	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00	37,49	13,67	1,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,14	3,76	2,23
% Depredadores	6,55	7,89	15,25	7,26	10,28	0,00	0,00	0,00	22,73	51,50	48,71	26,36	2,17	22,16	24,73	28,25
Indice de diversidad (H)	3,63	2,53	2,89	3,62	3,72	1,37	1,01	0,88	3,27	2,88	3,23	3,68	3,15	3,37	2,45	3,05
Indice de madurez (IM)	2,57	2,69	2,25	2,73	2,57	2,38	2,44	2,53	2,72	2,32	2,42	2,59	2,61	2,45	2,34	2,61
Valor promedio H	3,63		3,01	*	3,72		1,09		3,27		3,26		3,15		2,96	
Valor promedio IM	2,57		2,56		2,57		2,45		2,72		2,44		2,61		2,47	

* Valor promedio de las dosis de efluentes (25, 50 y 100 L/m2).

CUADRO 19 Indices de la fauna nematológica del suelo durante el ensayo, para el estrato de 10-30 cm.

Epocas	Julio 2000(Pi)				Diciembre 2000(Pf1)				Abril 2001(Pf2)				Marzo 2002 (Pf3)			
	L/m2				L/m2				L/m2				L/m2			
Dosis	0	25	50	100	0	25	50	100	0	25	50	100	0	25	50	100
Generos identificadas	16	15	8	8	10	10	6	4	10	10	6	4	8	11	12	10
Numero de especies	1383	858	680	340	1100	1760	880	3800	930	2640	650	1100	460	1010	1220	1480
% Fitoparasitos	76,64	44,29	45,59	52,94	53,04	22,73	9,09	5,26	53,04	22,73	9,09	5,26	73,91	49,50	60,66	60,14
% Bacteriofagos	18,29	43,12	50,00	47,06	43,48	73,86	18,18	90,53	43,48	73,86	18,18	90,53	13,04	11,88	9,84	0,00
% Fungivoros	0,00	0,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,92	2,70
% Depredadores	5,06	11,66	4,41	0,00	3,48	3,41	72,73	4,21	3,48	3,41	72,73	4,21	13,04	38,61	24,59	37,16
Indice de diversidad (H)	3,52	3,15	2,49	2,77	2,81	1,69	1,46	0,6	2,81	2,84	2,64	3,15	2,73	3,17	1,61	2,61
Indice de madurez (IM)	2,95	2,49	2,38	2,47	3,23	2,25	2,09	2,08	2,52	2,67	3,38	2,41	2,72	2,05	2,27	2,32
Valor promedio H	3,52		2,80	*	2,81		1,25		2,81		2,88		2,73		2,46	
Valor promedio IM	2,95		2,45		3,23		2,14		2,52		2,82		2,72		2,21	

* Valor promedio de las dosis de efluentes (25, 50 y 100 L/m2).

De acuerdo a los estudios de GOBBI y BRUGNI (1996), en un suelo cultivado los fitoparásitos son los que presentan la mayor cantidad de familias y géneros, lo cual coincide con los resultados obtenidos para las cuatro épocas de muestreo en este ensayo, en donde los fitoparásitos aportan la mayor diversidad, en relación a los otros grupos tróficos.

En datos obtenidos por SANCHEZ *et al.* (2002), se desprende que el índice de diversidad (H) aumenta su valor en muestras obtenidas en el verano, por el efecto estacional que presentan los nemátodos durante su vida, y en condiciones favorables. El índice se mantiene en su parcela testigo, mientras que en las zonas contaminadas con efluentes se produce un importante descenso poblacional.

Investigaciones realizadas por YEATES y BIRD (1994), en relación a la diversidad de las comunidades de nemátodos en suelos del sur de Australia, muestran que la mayor diversidad se encuentra en praderas y en bosques de hojas caducas, por el contrario índices de diversidad menores se hayan en bosques perennes y en campos cultivados. Otra característica señalada por YEATES y KING (1997), citando a Yeates y Bird (1994), es que la diversidad de los nemátodos cambia en el curso de la sucesión secundaria de un ecosistema, debido a que los componentes particulares de la diversidad se modificaron de diversas maneras.

Por su parte NILES y FRECKMAN (1998), señalan que los nemátodos son organismos altamente sensibles a los cambios en su ecosistema, si estos individuos son expuestos a residuos contaminantes orgánicos como son en este caso son los residuos de la industria de levaduras, se observara un incremento cuantitativamente mayor en el número de nemátodos en desmedro de una disminución de su biodiversidad.

4.3.2 Índice de madurez (IM). Se calculó el índice de madurez (IM), en las dos profundidades muestreadas. Este índice según BONGERS (1990), determina la

capacidad persistente (c), o colonizadora (p), de una taxa de nemátodos en un determinado hábitat.

Según el mismo autor, el objetivo del IM, es distribuir las especies en relación a su forma de reproducción, la variación del c-p, se puede deber a contaminación, deshidratación, eutrificación, condiciones anaeróbicas, perturbación física y aumento de la salinidad.

Para este parámetro en el primer estrato del suelo (0-10 cm), se observa en el Cuadro 18, que los valores son constantes en el tiempo, para las cuatro épocas de muestreo con cifras que fluctúan entre 2,25 a 2,73, no existiendo una marcada diferencia entre las dosis de efluente, el testigo y las diferentes épocas de muestreo. Se encontraron diferencias sólo si se compara el aporte promedio por época para las dosis de 25, 50, 100 L/m² (Cuadro 19) en comparación con el testigo (0 L/m²), en donde el valor más alto del ensayo se presentó en el testigo, en la población inicial (Pi) con una cifra de 2,57, y el más bajo para el promedio de la dosis, en la época en la cual se finalizó la aplicación del efluente (2,45). Esta baja diferencia entre los índices de madurez durante el ensayo, se puede explicar porque se trató de un suelo en que la mayor proporción de individuos son los fitoparásitos los cuales poseen en su mayoría altos valores c-p, fluctuando entre 2 a 5, cifras que lo acercan más a ser catalogados como persistentes, en comparación a los otros grupos alimenticios, siendo la participación de los otros grupos proporcionalmente mucho menor en cantidad y diversidad especialmente en suelos cultivados (BONGERS, 1990).

Estos resultados concuerdan con YEATES y BIRD (1994), quienes trabajando en distintos suelos cultivados del sur de Australia, encontraron que el índice de madurez (IM) fue similar entre sí con valores que fluctuaron entre 2,15 a 2,30, lo cual se explicaba por el mayor aporte porcentual de los fitoparásitos en las muestras de suelo, presentando los valores más altos en invierno.

Al analizar el índice de madurez en el estrato de 10-30 cm (ver Cuadro 19), se puede apreciar que existe un mayor rango de fluctuación entre los índices el cual va desde 2,05 a 3,23. Se observó que el testigo fluctuó entre 2,52 a 3,23, con los valores más altos (3,23), en la Pf₁ (diciembre 2000), reflejando una fluctuación estacional normal. Si se compara con el promedio de las dosis de efluente aplicadas durante el ensayo, se observó el índices de madurez más bajo en diciembre 2000 (2,14), época en la cual se finalizó la aplicación del efluente, para el promedios para las dosis de 25, 50 y 100 L/m², en comparación con el testigo.

También estos datos coinciden con los obtenidos por SANCHEZ *et al.* (2002), en el cual el índice de madurez calculado de muestras en España, observaron que la nematofauna edáfica sigue sufriendo las consecuencias de la contaminación del suelo. Estos autores señalan que los grupos tróficos de fungívoros y depredadores son los que presentan mayores diferencias entre las zonas contaminadas y no contaminadas del río estudiado, por lo que pueden servir como eficaces indicadores para el seguimiento de la recuperación de suelos afectados por contaminación de metales pesados. En ribera de este río el IM para la zona control se encuentra entre 1,18 y 2,78 y para la zona contaminada entre 1,07 y 1,94, lo que supone una importante diferencia.

BONGERS (1990), señala citando a Popovic (1992), que existen diferencias en el índice de madurez comparando una zona contaminada con Zn industrial (IM=1,86-2,07) con una zona control no contaminada (IM= 2,14-2,45).

Según BONGERS (1990), citando a Tamis (1986), indica que en estudios realizados en grupos de nemátodos en un bosque forestal en Holanda se comprobó que la aplicación de fertilización de amoníaco, produjo un aumento del índice de madurez (IM).

Los resultados de la aplicación de este índice en el presente ensayo no reflejan con precisión las variaciones en el suelo sometido a ensayo, situación que pudo estar causada por la baja cantidad de muestras utilizadas o por el tipo de evaluación realizada.

5 CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se desarrolló el presente ensayo y en base a los resultados obtenidos, se puede concluir lo siguiente:

La población de nemátodos del suelo se vio incrementada, después de cuatro meses de la aplicación del efluente proveniente de una industria de levaduras.

El efecto del efluente varió en relación a la profundidad de suelo, siendo mayor en el estrato de 0-10 cm de profundidad.

La incorporación del efluente afectó en forma significativa la fauna nematológica del suelo con dosis de 50 y 100 L/m².

Al analizar las poblaciones de nemátodos de acuerdo a los grupos alimenticios presentes, el grupo que predominó en la mayoría de las muestras y épocas analizadas, fueron los fitoparásitos; sin embargo, estos fueron superados porcentualmente por los bacteriófagos en la segunda época de muestreo (diciembre 2000), producto de la adición del efluente al suelo.

La aplicación de los dos índices ecológicos (índice de diversidad y de madurez), sirvió para interpretar cambios en la nematofauna del suelo, producto de una perturbación medioambiental.

El índice de diversidad de Shannon y Wiener (H), interpretó en mejor forma los cambios producidos por la aplicación de efluentes en las poblaciones de nemátodos del ensayo, en comparación al índice de madurez (IM).

Los resultados obtenidos, transcurridos quince meses desde finalizada la aplicación del efluente, muestran que el número de nemátodos en el suelo tienden a estabilizarse en el tiempo.

6 RESUMEN

Desde julio del 2000 hasta marzo del 2002, se llevo a cabo una investigación en un rodal de *Eucalyptus globulus*, ubicado en los alrededores de la provincia de Valdivia, X Región y en el laboratorio de Nematología de la Universidad Austral de Chile, con el objetivo de evaluar la alteración en la fauna nematológica de un suelo sometido al efecto de la aplicación del efluente proveniente de una industria de levaduras.

El ensayo se desarrolló en parcelas de 100 m², en base a cuatro dosis mensuales de efluente (0 L/m², 25 L/m², 50 L/m², 100 L/m²) aplicados mediante un sistema de regadío automático por goteo. Cada dosis fue aplicada por cuatro meses a partir de agosto del 2000. Durante el ensayo se realizaron muestras de suelo a dos profundidades (0-10 y 10-30 cm); la primera muestra se realizo en julio 2000, previo a la aplicación del efluente (Pi), luego en diciembre del mismo año, es decir inmediatamente finalizada la aplicación (Pf₁), la tercera evaluación se realizo en abril 2001(Pf₂), y la ultima evaluación en marzo de 2002 (Pf₃).

Los resultados obtenidos muestran que la aplicación del efluente afectó la diversidad y abundancia de la fauna nematológica del suelo, especialmente en el estrato superior de éste (0 a 10 cm) donde se encontró la mayor proporción de los individuos presentes.

Inmediatamente finalizada la aplicación del efluente, se detectaron diferencias significativas, con respecto al testigo en la población total de nemátodos presentes en el suelo (estrato 0 a 10 cm), en los tratamientos sometidos a las dosis de 50 y 100 L/ m². El estrato de 10-30 cm siguió la misma tendencia, aunque solo en forma significativa para la dosis de 100 L/m².

De acuerdo a los grupos alimenticios encontrados, al iniciar el ensayo dominaron los nemátodos fitoparásitos con un aporte porcentual que alcanzo a un 68 % del total de individuos presentes, disminuyendo a un 8 % una vez finalizada la aplicación del efluente (Pfl), pasando a dominar los nematodos bacteriófagos que alcanzaron un porcentaje de representación equivalente a un 78 %. En la tercera época de muestreo el aporte de cada grupo fue nuevamente revertido, en donde los predadores lograron un porcentaje de representatividad similar a los fitoparásitos, tendiendo en la última época de muestreo a estabilizarse la distribución porcentual en el tiempo y haciéndose comparable a la población inicial.

En cuanto a la evaluación de los índices ecológicos como indicadores de perturbación medioambiental, se pudo apreciar que la diversidad de las especies de nemátodos en el ensayo se redujo a un índice de 1,17 producto de la aplicación del efluente, lo mismo ocurrió con el índice de madurez el cual presentó los valores mas bajo en esta época (2,29) pero con rangos de diferencia mucho menores en relación al testigo si se compara con el índice de diversidad.

SUMMARY

From July 2000 to March 2002, research was carried out on an *Eucalyptus globulus* plantation, located in the surroundings of the province of Valdivia, X Region and in the Nematology laboratory belonging to Universidad Austral Chile, with the objective of evaluating the alterations in the nematode fauna of the soils submitted to the application effect of a flow coming from a yeast factory.

The experiment was developed in plots of land of 100 m², based on four monthly doses of the effluent (0 L/m², 25 L/m², 50 L/m², 100 L/m²) applied by means of an automatic drop watering system. Each dose was applied for 4 months from August 2000. During the research, samples of the soil were taken at (0-10 and 10-30 cm) depth; the first sample was carried out in July 2000, previous to the effluent application (Pi), then in December of the same year, that is to say, immediately after the application (Pf₁), the third evaluation was carried out in April 2001 (Pf₂), and the last evaluation in March 2002 (Pf₃).

The results showed that the application of the effluent affected the diversity and abundance of soil nematode fauna, especially in the upper soil stratum (0 to 10 cm) where it was found the highest number of individuals.

Immediately after the effluent application, significant differences were detected, in relation to control plots in the total number of nematodes present in the soil (strata 0 to 10 cm), in the treatments submitted to the doses of 50 and 100 L/m². The strata of 10 to 30 cm followed the same tendency, but differences were only though in statically significant in relation to control only for the doses of 100 Lm².

According to the guild groups found, at the beginning of the experiment, the phytoparasitic nematodes were the dominant one, with a percentage that reached 68% of the total number of nematodes, diminishing to 8% once the effluent application was finished (Pfl), being the bacteriofagus nematodes the dominant ones that reached a high percentage of 78% of the structural nematode community. In the third period of sampling, the percentage of each group was again changed, where the predators reached a representative percentage similar to the ones of the fitoparasitic, having the tendency, during the last sampling season to stabilize the percentage distribution in the time and being similar to the initial population.

In relation to the ecological indexes as indicators of environmental perturbation, it could be appreciated that the diversity of nematode species in the experiment was reduced to an index of 1,17 due to the effluent application; the same happened to the maturity index which presented the lowest indexes in this season (2,29) but with ranks of difference much more lower in relation to the control if it is compared with the diversity index.

7 BIBLIOGRAFIA

AGRIOS, G. N. 1996. Fitopatología. 2ª ed. México, D.F, Limusa. 756p.

ANZIETA, J. 2003. Efectos de la aplicación de un efluente industrial en el agua de un suelo forestal de la Provincia de Valdivia, X Región. Tesis Lic. Ing Forestal. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 46p.

BIRD, A. y BIRD, J. 1998. Introduction to functional organization. The physiology and biochemistry of free-living and plant parasitic nematode. Londres, Cabi., pp 1-20.

BIRD, A. 1971. The structure of nematodes. London, Academic Press. 318p.

BLAXTER, M.L.y ROBERTSON, W. M. 1978. The cuticle. *In*: Perry, R.N., Wright, D.J. (eds). The physiology and biochemistry of free-living and plant-parasitic nematodes. London, CAB International. pp 25-40.

BONGERS, T. 1990. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. *Oecologia (Alemania)* 83: 14-19

BOOLOOTIAN, R. A. 1993. Fundamentos de zoología. México D.F., Limusa. 210p.

- CHILE, INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE RECURSOS NATURALES. 1979. Universidad Austral de Chile. Estudios de suelos en la provincia de Valdivia. Santiago, Chile. 177p.
- CHILE, INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIA). 1989. Mapa agroclimático de Chile. Santiago, Foses. 87p.
- CHILE, COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CONAMA). 1998. Guía para el control y prevención de la contaminación ambiental. Fabricación de levaduras. Santiago. 56p.
- CHILE, CENTRO DE INVESTIGACION DE RECURSOS NATURALES (CIREN).1999. Descripción de suelos; materiales y símbolos. Estudio agroecológico de la provincia de Valdivia- X Región. Valdivia. 196 p.
- CHRISTIE, J. 1976. Nemátodos de los vegetales su ecología y control. México D.F, Limusa. 275 p.
- DANIEL, O. 2002. Uso del modelo del monitoramiento (DIMO) y del índice de QINGHONG (Q), en el análisis de la diversidad de especies vegetales de un fragmento de bosque Atlántico brasileño. (Online). Universidad Federal de Mato Grosso de Sul. Brasil.<<http://iufro.boku.ac.at/iufro/iufronet/d6/wu/ponencias/tema3/danielo2.html>> (12 dic. 2002).
- DE BAUER, M. 1987. Fitopatología. México D.F., Limusa. 384p.
- DEMANT, D. 1987. Digested slurry from biogasplants-experiences in its use and fertilizer effects. *In*: Biogas workshop East Africa, abril 27th to may 1st. 1987. Arusha, s.e. pp. 54-76.

- DIEZ, M. , INOSTROZA, L. y JARA ,I. 1995. Desarrollo de una estrategia para el tratamiento de efluentes líquidos de la industria de levadura. Archivos de biología y tecnología (Brasil). 38 (4): 1085-1093.
- DROPKIN, V. 1980. Introduction to plant nematology. New York, Wiley. 293 p.
- ESSER, P.2002. Que son los nemátodos.(Online).Florida, USA. Department of agriculture.<<http://area.ba.cnr.it/~e085ac01/ONTA/NEMATODE-S.html>>(3 Jul. 2002).
- FISCUS, D. y NEHER, D. 2002. Distinguishing sensitivity of free living soil nematode. (Online)<<http://www.eesciencie.utoledo.edu/faculty/publication/fiscus.html>>(13 may. 2002).
- FLORS, A., LEQUERICA, J. L. y VALLES, D. 1981. Producción de metano por fermentación aeróbica. IV. Aspectos económicos. Revista Agroquímica y Tecnológica de Alimentos (Argentina) 21(1): 55-70.
- FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION (FAO). 1971. Guía de la FAO para el combate de los nemátodos. Introducción a la Nematología Aplicada. 131 p.
- GOBBI, M. y BRUGNI, N. 1996. Fluctuación estacional de grupos tróficos de nemátodos en un bosque central de *Austrocedrus chilensis* en Argentina. Bosque (Chile). 17(1):21-27.
- GOEDE, M. y BONGERS, T. 2002. The nematode maturity index.(Online).<<http://www.ianr.unl.edu/son/deGoede.htm>>. 23 ene. 2001.

- GUIÑEZ, A. 1996. Nemátodos en Praderas. *In*: Ruiz, I. (ed.). Praderas para Chile. Santiago, Chile, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). pp: 299-308.
- HICKMAN, C. P.; ROBERTS, L. S. y HICKMAN, F. M. 1986. Zoología; principios integrales. Madrid, Interamericana. 420p.
- HIRSCHMANN, H. 1960. External characters and body wall of nematodos (Cap. 10). *In*: Sasser, J. N y Jenkins, W.R. (eds.) Nematology: Fundamentals and recent advances with emphasis on plant parasitic and soil forms. Chapel Hill. University of North Carolina press. pp: 130-135.
- LUC, M., HUNT, D. J. y MACHON, J.E. 1990. Morphology, anatomy and biology of plant parasitic nematode, a Sinopsis. *In*: Luc, M., Sikora, R. A. y Bridge J. (eds.). Plant Parasitic Nematode In Subtropical and Tropical Regions. London, CAB International. pp 1-44.
- McSORLEY, R. 1999. Soil biology and biochemistry; nematode. *In*: Summer, M (ed.) . Handbook of Soil Science. USA, CRC. pp C52-C58.
- MAGUNACELAYA, J. y DAGNINO, E. 1999. Nematología agrícola de Chile. Universidad de Chile. Serie Ciencias Agronómicas N° 2. 282p.
- MAGGENTI, A.R. 1981. General nematology. New York, Springer-Verlag. 372p.
- MARCOT. B. 1997. Extracts on potential use of bioindicators for species and ecosystem monitoring.(Online).<<http://www.spiritone.com/~brucem/icxbio.htm>>. (4 may. 2001).

- MARTIN, C. 2002. Efectos de la aplicación de un efluente industrial sobre las propiedades de un suelo de la serie los Ulmos, provincia de Valdivia. Tesis Lic. Ing forestal. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 40p.
- NEHER, D. 2000. Role of nematode in soil health and their use as indicator. (Online). <http://www.eeescience.utoledo.edu/faculty/neher.Publications/01JON_manuscript.doc> (6 may. 2002).
- NILES, R. y FRECKMAN, D. 1998. Nematode ecology in bioassessment and ecosystem health.. *In*: Barker, K., Pederson, Gary A., and Windham, L. (eds.). Plant and Nematode Interactions. American Society of Agronomy, Madison, WI. pp. 65-85
- NORTON, D. C. 1978. Ecology of plant - parasitic nematodes. New York, Wiley. 268 p.
- OVERGAARD, C. 1967. Nematoda. *In*: Bunge, A. y Raw, F. (eds.). Soil biology. London, Academic Press. pp 197-210.
- POINER, G. 1979. Nematodes for biological control of insects. Berkeley, California. CRC Press. 275 p.
- QUINTERO, M.. 2001. Eficaz abono orgánico. (Online). <<http://www.mida.gob.pa/agro-vision/articulo-6.html>>. (6. may. 2002).
- ROMAN, J. 1978. Fitonematología tropical. Río de Piedras, Universidad de Puerto Rico. 256 p.

- RUFFER , C. 1991. Taschenbuch der Industrieabwasser-Reinigung. Munchen Oldenbourg Verlag.. pp 7-24 .
- RUPPERT, E. E. y BARNES, R.D. 1996 .Zoología de los invertebrados. México, McGraw-Hill . 344p.
- SANCHEZ, S; CAMARGO y NAVAS, A. 2002. Nemátodos edáficos como indicadores ecológicos del proceso de restauración de la ribera del río Guadianar(Huelva,España).(Online).<www.lifeguadajoz.org/aguas/educacion/europeas/comunicaciones/Nem%E1 todos-Guadamar.doc> (10 mar. 2003).
- SASSER, N y JENKINS, W. 1960. Nematology. New Jersey, Chapel Hill. 479 p.
- SHEFFER, F., SCHACHTSCHABEL, P. 1998. Leherbuch der Bodenkunde. Stuttgart Enke. 494 p.
- SCHLATTER, J., GREZ, R. y GERDING, V. 1997. Fertilización forestal. Curso corto de postitulo. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 62p.
- SOUTHEY, J. 1970. Laboratory methods for work with plant and soil nematodes. Londres. 147 p.
- _____, J. 1978. Plant Nematology. Londres, Mc Crow . 440p.
- TAYLOR, A. 1971. Introducción a la Nematología Vegetal Aplicada. Guía de la FAO para el estudio y combate de los nemátodos parásitos de las plantas. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Roma, Italia. 131p.

- TAYLOR, D. y BROWN, F. 1997. Nematodes vectors of plant viruses. Escocia, C.A.B International. 286 p.
- TAMAYO, M. 2002. Nemátodos.(Online). <<http://www.Monografias.com/trabajo5/nemato/nemato.shtml>>. (10 feb. 2002).
- TATE, R. 2000. Soil Microbiology. 2^a ed. Londres, Wiley. 508p.
- THORNE, G. 1961. Principles of nematology. Nueva York, Mac Graw- Hill . 553p.
- WALLWORK, J. 1970. Ecology of soil animals. Londres, McGraw - Hill. 290 p.
- WARWICK, N. 1975. The biology of free-living nematodes. Oxford, Clarendon. 215p.
- WEBSTER, J. M. 1972. Economic nematology. Londres, Academic Press. 535p.
- WOLDA, H. 1983. Diversity index and tropical cockroaches. Oecologia (Alemania). 58:290-298.
- WRIGHT, D. J. y PERRY, R.N.1998. Musculature and neurobiology *In*: Perry, R.N., Wright, D.J. (eds.).The physiology and biochemistry of free-living and plant-parasitic nematodes. Londres, CAB International. pp 49-66.
- YEATES, G. W. 1979. Soil nematodes in terrestrial ecosystems. Journal of Nematology. (Londres) 11(3): 213-227.

YEATES, G. W. y BIRD, A. F. 1994. Some observations on the influence of agriculture practices on the nematode faunae of some South Australian soil. *Fundamental and Applied Nematology* 17(2):133-145.

YEATES, G. W. y KING, K. L. 1997. Soil nematodes as indicator of the effect of management on grassland in the New England tablelands: comparison of native and improved grassland. *Pedobiologia (Alemania)* 41 (6):526-536.

ZUCKERMAN, B. MAY, W. y ROHDE. 1971. *Plant Parasitic Nematodes. Vol. I.* Londres, Academic Press. 345 p.

ANEXOS

ANEXO 1 Aporte promedio de nemátodos en 50 g de suelo para las dos profundidades de muestreo (julio 2000).

Dosis Taxas	Testigo (0L/m2)		Dosis 1 (25 L/m2)		Dosis 2 (50 L/m2)		Dosis 3 (100 L/m2)	
	0-10 cm	10-30 cm	0-10 cm	10-30 cm	0-10 cm	10-30 cm	0-10 cm	10-30 cm
Fitoparasitos								
<i>Aphelenchoides</i>	13,33	0,00	0,00	13,33	3,33	13,33	6,67	0,00
<i>Aphelechus</i>	0,00	13,33	6,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Criconemoides</i>	0,00	13,33	3,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Helicotylenchus</i>	106,67	110,00	296,67	43,33	63,33	40,00	90,00	13,33
<i>Hemicicliophora</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Heterodera</i>	23,33	16,67	3,33	0,00	6,67	0,00	6,67	0,00
<i>Hoplolaimus</i>	6,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,00	0,00
<i>Longidorus</i>	16,67	43,33	0,00	0,00	0,00	0,00	6,67	0,00
<i>Meloidogyne</i>	6,67	3,33	26,67	0,00	6,67	0,00	13,33	0,00
<i>Paratylenchus</i>	66,67	20,00	66,67	13,33	20,00	13,33	23,33	20,00
<i>Pratylenchus</i>	23,33	56,67	50,00	6,67	3,33	0,00	26,67	6,67
<i>Psilenchus</i>	56,67	40,00	0,00	6,67	0,00	0,00	20,00	6,67
<i>Trichodorus</i>	0,00	0,00	0,00	3,33	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Tylenchorynchus</i>	33,33	6,67	0,00	16,67	26,67	6,67	33,33	13,33
<i>Tylenchus</i>	56,67	30,00	96,67	20,00	3,33	30,00	23,33	0,00
<i>Xiphinemia</i>	0,00	0,00	0,00	3,33	3,33	0,00	3,33	0,00
Total	410,00	353,33	550,00	126,67	136,67	103,33	263,33	60,00
Bacteriofagos								
<i>Leptolaimus</i>	76,67	43,33	26,67	13,33	30,00	20,00	60,00	13,33
<i>Plectus</i>	38,33	31,00	0,00	93,33	0,00	93,33	40,00	33,33
<i>Rhabditis</i>	46,00	10,00	3,33	16,67	0,00	0,00	20,00	6,67
Total	161,00	84,33	30,00	123,33	30,00	113,33	120,00	53,33
Fungi								
<i>Nothotylenchus</i>	0,00	0,00	4,00	2,67	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	0,00	0,00	4,00	2,67	0,00	0,00	0,00	0,00
Predadores								
<i>Diplogaster</i>	0,00	13,33	16,67	26,67	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Mononchus</i>	33,33	10,00	6,67	0,00	3,33	10,00	20,00	0,00
<i>Seinura</i>	6,67	0,00	26,67	6,67	26,67	0,00	10,00	0,00
Total	40,00	23,33	50,00	33,33	30,00	10,00	30,00	0,00

ANEXO 2 Aporte promedio de nemátodos en 50 g de suelo para las dos profundidades de muestreo (diciembre 2000).

Dosis Taxas	Testigo (0L/m ²)		Dosis 1 (25 L/m ²)		Dosis 2 (50 L/m ²)		Dosis 3 (100 L/m ²)	
	0-10 cm	10-30 cm	0-10 cm	10-30 cm	0-10 cm	10-30 cm	0-10 cm	10-30 cm
Fitoparásitos								
<i>Aphelenchoides</i>	46,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,67	0,00
<i>Aphelenchus</i>	13,33	0,00	40,00	0,00	0,00	0,00	6,67	0,00
<i>Criconemoides</i>	20,00	0,00	0,00	6,67	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Helicotylenchus</i>	86,67	60,00	0,00	6,67	173,33	6,67	0,00	0,00
<i>Hemicicliophora</i>	113,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Heterodera</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Hoplolaimus</i>	13,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Longidorus</i>	6,67	13,33	0,00	13,33	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Meloidogyne</i>	13,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Paratylenchus</i>	60,00	20,00	0,00	13,33	0,00	0,00	0,00	33,33
<i>Pratylenchus</i>	20,00	40,00	0,00	13,33	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Psilenchus</i>	113,33	6,67	0,00	13,33	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Trichodorus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Tylenchorhynchus</i>	20,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Tylenchus</i>	73,33	50,00	180,00	66,67	0,00	20,00	0,00	33,33
<i>Xiphinema</i>	0,00	13,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	600,00	203,33	220,00	133,33	173,33	26,67	13,33	66,67
Bacteriofagos								
<i>Leptolaimus</i>	26,67	133,33	460,67	20,00	1680,00	13,33	933,33	0,00
<i>Plectus</i>	6,67	33,33	820,00	413,33	5133,33	40,00	2546,67	1146,67
<i>Rhabditis</i>	6,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	40,00	166,67	1280,67	433,33	6813,33	53,33	3480,00	1146,67
Fungi								
<i>Nothotylenchus</i>	0,00	0,00	900,00	0,00	1106,67	0,00	40,00	0,00
Total	0,00	0,00	900,00	0,00	1106,67	0,00	40,00	0,00
Predadores								
<i>Monunclus</i>	33,33	13,33	0,00	20,00	0,00	0,00	0,00	53,33
<i>Seinura</i>	26,67	0,00	0,00	0,00	0,00	206,67	0,00	0,00
<i>Diplogaster</i>	13,33	0,00	0,00	0,00	0,00	6,67	0,00	0,00
Total	73,33	13,33	0,00	20,00	0,00	213,33	0,00	53,33

ANEXO 3 Aporte promedio de nemátodos en 50 g de suelo para las dos profundidades de muestreo (abril 2001).

Dosis	Testigo (0L/m ²)		Dosis 1 (25 L/m ²)		Dosis 2 (50 L/m ²)		Dosis 3 (100 L/m ²)	
	0-10 cm	10-30 cm	0-10 cm	10-30 cm	0-10 cm	10-30 cm	0-10 cm	10-30 cm
Fitoparásitos								
<i>Aphelenchoides</i>	10,00	0,00	30,00	0,00	30,00	0,00	0,00	0,00
<i>Aphelenchus</i>	20,00	0,00	40,00	6,67	50,00	0,00	50,00	0,00
<i>Criconemoides</i>	0,00	0,00	0,00	6,67	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Helicotylenchus</i>	360,00	60,00	310,00	0,00	90,00	6,67	80,00	0,00
<i>Hemicicliophora</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Heterodera</i>	10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Hoplolaimus</i>	30,00	0,00	10,00	13,33	0,00	0,00	10,00	0,00
<i>Longidorus</i>	50,00	13,33	10,00	0,00	120,00	0,00	50,00	0,00
<i>Meloidogyne</i>	20,00	0,00	50,00	13,33	0,00	0,00	40,00	0,00
<i>Paratylenchus</i>	130,00	20,00	10,00	13,33	30,00	0,00	50,00	33,33
<i>Pratylenchus</i>	20,00	40,00	10,00	13,33	30,00	0,00	0,00	0,00
<i>Psilenchus</i>	40,00	6,67	40,00	0,00	70,00	0,00	10,00	0,00
<i>Trichodorus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Tylenchorhynchus</i>	40,00	0,00	40,00	66,67	10,00	0,00	50,00	0,00
<i>Tylenchus</i>	80,00	50,00	150,00	0,00	100,00	20,00	60,00	33,33
<i>Xiphinema</i>	0,00	13,33	0,00	0,00	30,00	0,00	0,00	0,00
Total	810,00	203,33	700,00	133,33	560,00	26,67	400,00	66,67
Bacteriofagos								
<i>Leptolaimus</i>	20,00	133,33	290,00	20,00	150,00	13,33	133,33	0,00
<i>Plectus</i>	20,00	33,33	250,00	413,33	130,00	40,00	50,00	1146,67
<i>Rhabditis</i>	0,00	0,00	50,00	0,00	20,00	0,00	50,00	0,00
Total	40,00	166,67	590,00	433,33	300,00	53,33	233,33	1146,67
Fungi								
<i>Nothotylenchus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Predadores								
<i>Diplogaster</i>	120,00	13,33	50,00	20,00	30,00	0,00	30,00	53,33
<i>Monunchnus</i>	10,00	0,00	1100,00	0,00	576,67	206,67	96,67	0,00
<i>Seinura</i>	120,00	0,00	220,00	0,00	210,00	6,67	100,00	0,00
Total	250,00	13,33	1370,00	20,00	816,67	213,33	226,67	53,33

ANEXO 4 Aporte promedio de nemátodos en 50 g de suelo para las dos profundidades de muestreo (marzo 2002).

Dosis Taxas	Testigo (0L/m2)		Dosis 1 (25 L/m2)		Dosis 2 (50 L/m2)		Dosis 3 (100 L/m2)	
	0-10 cm	10-30 cm	0-10 cm	10-30 cm	0-10 cm	10-30 cm	0-10 cm	10-30 cm
Fitoparásitos								
<i>Aphelenchoides</i>	26,67	0,00	13,33	33,33	20,00	66,67	60,00	0,00
<i>Aphelechus</i>	26,67	0,00	46,67	6,67	13,33	36,67	0,00	0,00
<i>Criconemoides</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Helicotylenchus</i>	46,67	16,67	56,67	20,00	73,33	0,00	63,33	66,67
<i>Hemicicliophora</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Heterodera</i>	23,33	0,00	13,33	0,00	20,00	0,00	13,33	0,00
<i>Hoplolaimus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	16,67	0,00	0,00	0,00
<i>Longidorus</i>	0,00	0,00	3,33	0,00	0,00	6,67	0,00	0,00
<i>Meloidogyne</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,33	0,00
<i>Paratylenchus</i>	20,00	10,00	30,00	13,33	40,00	0,00	73,33	83,33
<i>Pratylenchus</i>	66,67	20,00	6,67	0,00	16,67	0,00	113,33	66,67
<i>Psilenchus</i>	0,00	0,00	70,00	16,67	76,67	63,33	43,33	3,33
<i>Trichodorus</i>	0,00	0,00	3,33	23,33	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Tylenchorynchus</i>	10,00	13,33	20,00	0,00	16,67	10,00	0,00	26,67
<i>Tylenchus</i>	50,00	53,33	123,33	53,33	103,33	63,33	73,33	50,00
<i>Xiphinema</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	270,00	113,33	386,67	166,67	396,67	246,67	443,33	296,67
Bacteriofagos								
<i>Leptolaimus</i>	23,33	20,00	63,33	16,67	26,67	16,67	123,33	0,00
<i>Plectus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Rhabditis</i>	6,67	0,00	0,00	23,33	20,00	23,33	56,67	0,00
Total	30,00	20,00	63,33	40,00	46,67	40,00	180,00	0,00
Fungi								
<i>Nothotylenchus</i>	0,00	0,00	6,67	0,00	23,33	20,00	20,00	13,33
Total	0,00	0,00	6,67	0,00	23,33	20,00	20,00	13,33
Predadores								
<i>Diplogaster</i>	0,00	10,00	43,33	0,00	46,67	53,33	110,00	43,33
<i>Mononchus</i>	6,67	10,00	26,67	70,00	46,67	10,00	86,67	53,33
<i>Seinura</i>	0,00	0,00	60,00	60,00	60,00	36,67	56,67	86,67
Total	6,67	20,00	130,00	130,00	153,33	100,00	253,33	183,33