



Universidad Nacional de Misiones

***ROL DE NEMATODOS EN LA EVALUACIÓN DE LA
CALIDAD DEL SUELO DE LOMADAS ARENOSAS DEL
SECTOR TABACALERO (GOYA, CORRIENTES).***

COLONESE, MARÍA DEL CARMEN

**Tesis presentada
a la Universidad
Nacional de
Misiones como
exigencia parcial
de la Maestría en
Gestión
Ambiental**

Directora: Dra. Gavazzo, Graciela Beatriz

Co-Director: Ing. Agr. MSc. Gauna, Pablo Isidro

I. **DEDICATORIA**

A MI FAMILIA QUIENES ME APOYAN Y ESTÁN CONMIGO EN CADA MOMENTO DE MI VIDA.

A **MI ESPOSO** Oscar por su constante y paciente compañía.

A **NUESTROS HIJOS:** Fernanda, Oscar y Georgina porque le han dado nuevas razones a nuestras vidas.

II. AGRADECIMIENTO

INTA: A mi querida institución que me dio la posibilidad de permitirme participar en esta propuesta de capacitación, sumando mis conocimientos a superiores objetivos, aportando y colaborando con mi experiencia, enriquecida ahora, con este estudio de investigación. Desde la agencia de extensión rural, al cual pertenezco quiero agradecer de manera muy especial a todos y a cada uno de mis compañeros que en el trascurso de mi estudio estuvieron acompañando cada momento.

A los Ings. Juan Sablich, Martín Horacio Zabala, José María Aguirre Estrada, Juan Castro por su valioso apoyo y confianza brindada durante mi formación profesional y personal.

A mi compañero Walter por acompañar siempre todo lo que emprendo ¡Gracias!

A mi compañero Joaquín por su apoyo constante

A mi compañera de oficina Valeria por su amistad y por estar en momentos oportunos y a mi compañero Oscar

A la Ing. María Julia Bernardi que dedico su tiempo a acompañar en el proceso de investigación por su ayuda y apoyo incondicional en todo momento y por brindarme su amistad ¡Muchas gracias!

Al personal de laboratorio de Nematología EEA Bella Vista, por su colaboración durante todo el proceso de investigación: Aux. Tec. Leticia Zequeira, Ing. Agr. Pablo Gauna.

A la Cooperativa de tabacaleros en la persona de Ing. Daniel Bassani, por su colaboración y apoyo durante el proceso de investigación...

A la Facultad de Ciencias Agrarias en la persona de Dra. Laura Giménez por su apoyo y colaboración en todo momento con el aporte de datos estadísticos.

A la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales (UNAM) en la persona de: Dra. Graciela Gavazzo por su valioso apoyo brindado a la investigación.

A los productores: Ariel, Ramón y Estela quienes brindaron con su conocimiento y su buena disposición los datos que necesité para llevar a cabo esta investigación.

Es casi imposible corresponder a todas las personas que nos ayudan a lo largo de estos años; es más sencillo rendirse ante el milagroso alcance de la generosidad humana y seguir diciendo ¡Gracias! Eterna y sinceramente mientras nos alcance la voz.

Para finalizar, quisiera hallar el modo de agradecer debidamente a Dios por su acompañamiento durante este tiempo, brindándome el bienestar necesario para finalizar mis estudios.

III. RESUMEN

El suelo, la capa más superficial de la corteza terrestre, constituye uno de los recursos naturales más importantes. Una de las definiciones más aceptada de calidad de suelo es: “capacidad de un suelo para funcionar”. Las prácticas agrícolas modernas caracterizadas por la adición de elevados niveles de fertilizantes inorgánicos, el uso de pesticida y la práctica de laboreo, afectan fuertemente la diversidad y densidad de la fauna edáfica. Inicialmente, en la década de 1970, se utilizaron los nematodos para evaluar la calidad del agua. Los nematodos son los metazoos más abundantes del planeta. Durante la década de 1980 las preocupaciones sobre la vulnerabilidad del suelo aumentó, con ella, la nematofauna llegó a ser estudiada para la evaluación de los ecosistemas. Éste estudio se llevó a cabo con el objetivo de evaluar la calidad de suelo en la comunidad rural del paraje Ifrán, en un sector tabacalero del departamento Goya-Corrientes, mediante el uso de indicadores ecológicos. Los suelos del área de producción de tabaco son en un 70% arenosos. Esta herramienta de diagnóstico con análisis nematológico es utilizada en la estación experimental de INTA Bella Vista. Existe escasa información sobre estudios en la zona relacionados con nematodos de vida libre como indicadores del estado de sanidad del suelo. Se seleccionaron tres diferentes intensidades de uso de suelo: suelo sin efecto antrópico, suelo con bajo impacto antrópico y suelo con alto impacto antrópico en dos sitios diferentes. El muestreo se realizó en zig-zag, en cada una de las situaciones, con una pala a una profundidad de 20 cm, en tres momentos: primavera 2014, verano 2015 y otoño 2015. Se registraron las precipitaciones desde el mes de julio 2014 hasta el mes de junio 2015 y se comparó con el promedio histórico. Se hicieron análisis de fertilidad de suelo para conocer el estado del mismo. Se realizó un análisis de varianza con el conjunto de datos que se obtuvieron de las mediciones de ambos sitios de muestreo. Las variables analizadas fueron: Total de Nematodos Parasito de Plantas, de Vida Libre y Total Nematodos; Índices de Madurez de Nematodos de Vida Libre, de Nematodos Parásito de Plantas y la relación entre estos. En el caso de los índices de: Diversidad Trófica, Shannon-Wiener y Dominancia de Simpson, no se vieron diferencias significativas, esto podría interpretarse como la falta de diversidad en los suelos analizados. La población de nematodos estuvo representada por cuatro grupos tróficos; fitófagos, bacteriófagos, omnívoros y predadores. Se evidenció la ausencia del grupo trófico fungívoros.

En los suelos sin efecto antrópico se destaca la presencia del género *Helicotylenchus*. El índice de madurez mostró diferencias, donde el mayor valor le correspondió al suelo con alto impacto antrópico. En verano, el suelo con alto impacto antrópico mostró baja relación entre el índice de madurez de parásito de plantas y el índice de madurez de nematodos de vida libre, lo que indica que el suelo posee disturbios leves, indicando que las prácticas agrícolas son las adecuadas, y no dañan al mismo. En el suelo sin efecto antrópico y con bajo impacto antrópico esta relación es alta lo que muestra que, el suelo posee disturbios mayores posiblemente causados por exceso de nutrientes.

PALABRAS CLAVES: Nematodos de vida libre, Suelos arenosos, Calidad, Salud, Nemátodos Parásito de Plantas.

IV. TABLA DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

TABLA DE CONTENIDOS

LISTA DE TABLAS

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

LISTA DE ECUACIONES

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO	5
1.2 HIPÓTESIS	7
CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO	8
2.1 Antecedentes de trabajos de investigación en la provincia de Corrientes	8
2.2 Área de estudio- Localización geográfica	10
2.3 Caracterización del ambiente, paisaje y clima	11
2.4 Suelos arenosos de Goya, Corrientes	15
2.4.1 Caracterización Edáfica	15
2.5 Cultivo de tabaco en la zona de estudio	17
2.5.1 Preparación del suelo	17
2.5.2 Manejo del cultivo	18
2.6 Salud y calidad de suelos	19
2.7 Biología y ecología básica de los nematodos	20
2.7.1 Clasificación de los nematodos del suelo	21
2.7.2 Ciclo biológico	23
2.7.3 Mecanismo de resistencia de los nematodos	25
2.7.4 Alimentación	25
2.8 Grupos tróficos	25
2.9 Nematodos de vida libre como indicadores de calidad y salud del suelo	28
2.10 El ambiente: Suelo- Planta-Nematodos	30
2.11 Importancia de los nematodos como indicadores de suelos arenosos	30

2.11.1 Prácticas que se realizan para la disminución de nematodos fitófagos. Sistema de Rotación para el área tabacalera.....	32
2.11.2 Dispersión de los nematodos.....	33
2.11.3 Movimiento en el suelo	33
2.12 Índices ecológicos como indicadores de biodiversidad	34
2.12.1 Fórmulas de los índices	38
CAPITULO 3. MATERIALES Y METODOS	40
3.1 Selección de los sitios: descripción del paraje.	40
3.2 Suelos con diferentes intensidades de uso:.....	42
3.3 Momentos de muestreo	46
3.4 Registro de precipitaciones:.....	46
3.5 Análisis de fertilidad de suelos:.....	46
3.6 Protocolo de la muestra desuelo:	47
3.7 Procesamiento de muestras para extracción de nematodos	48
3.8 Análisis descriptivo experimental. Variables evaluadas	51
CAPITULO 4.RESULTADOS Y DISCUSION	53
4.1. Registro de precipitaciones.....	53
4.2 Análisis de Fertilidad Global de suelos.....	54
4.3 Grupos tróficos.....	55
4.3.1 Géneros de Nematodos Parásito de Plantas (Fitófagos)	55
4.3.2 Nematodos de Vida Libre.....	63
4.4 Totales de poblaciones de nematodos	67
4.4.1Totales de Nematodos Parasito de Plantas(NPP)	68
4.4.2Totales de Nematodos de Vida Libre (NVL)	70
4.5 Evaluación de las comunidades de nematodos	70
4.5.1 Índice de Madurez (IM).....	71
4.5.2 Índice de Parásito de Plantas (IPP).....	72
4.6 Relación entre el índice de madurez de nematodos parasito de plantas (IPP) y el índice de madurez de nematodos de vida libre (IM).	73
4.7 Relación entre los totales de nematodos y las precipitaciones.....	74
CAPITULO 5. CONCLUSIONES	76
BIBLIOGRAFIA	78

ANEXOS A..... 87

1. Análisis de Suelo. Laboratorio de Suelos, agua y Vegetales, EEA INTA Corrientes.

2. Informe de resultado de Familia y Géneros de Nematodos. Laboratorio de Nematología de la EEA INTA Bella Vista.

3. Análisis de la varianza de los totales de individuos.

4. Análisis de la varianza de los índices

4.1 Análisis de la Varianza IM

4.2 Análisis de la varianza IPP

4.3 Análisis de la varianza IPP/IM

4.4 Análisis de la varianza T, Ds y H'

ANEXO B..... 100

1. Imágenes de nematodos parásitos de plantas

1.1 Xiphinema

1.2 Mesocriconema

1.3 Hemicicliophora

1.4 Helicotylenchus

1.5 Hoplolaimus

1.6 Rhabditido

1.7 Predador

V. LISTA DE TABLAS

Tabla N° 2.1: Temperaturas máximas, medias y mínimas mensuales (en °C). (Fuente: Estación Experimental INTA Bella Vista – Corrientes)

Tabla N° 2.2: Familia y valores de cp. utilizados para el Índice de Madurez.

Tabla N° 2.3: Familia y valores de cp. utilizados para el Índice Fitoparasítico.

Tabla N° 3.1: Breve descripción de los sitios seleccionados para el muestreo.

Tabla N° 4.1: Precipitaciones mensuales registradas en primera sección Ifrán, departamento Goya Corrientes y comparación con el promedio histórico tomado por la EEA Bella Vista desde el 2005 al 2014.

Tabla N° 4.2: Resultado del análisis de suelo de los sitios N°1 y 2 en suelos con alto impacto y sin efecto antrópico. Laboratorio de Suelos, Aguas y Vegetales EEA INTA Corrientes. Va a resultados todo lo resaltado.

Tabla N° 4.3: Familias de nematodos parásitos de plantas y valores c-p, usados para el cálculo de índice de parásito de plantas (IPP).

Tabla N° 4.4: Familias de nematodos de vida libre u valores cp. , usados para el cálculo de índice de madurez (IM).

VI. LISTA DE FIGURAS

Figura N°2.1: Red alimenticia del suelo y la nematofauna.

Figura N°2.2: Mapa y cuadro de localización geográfica - Fuente: elaboración propia. Año: agosto 2015.

Figura N°2.3: Promedio histórico de precipitaciones de los últimos 10 años. (Fuente: Estación Experimental INTA Bella Vista – Corrientes)

Figura N°2.4: Territorios Fitogeográficos de la Provincia de Corrientes

Figura N°2.5: Distribución de los nematodos por hábitat

Figura N°2.6: Clasificación de los grupos tróficos según hábito alimenticio, en base a la morfología de su aparato bucal

Figura N° 3.1: Ubicación geográfica del departamento Goya, Paraje Ifrán, con la distancia entre los sitios de muestreo. Fuente: Google Earth.

Figura N°3.2: Imagen del Sitio N°1, con las distancias en metro de los suelos con diferentes intensidades de uso. Fuente: Google Earth.

Figura N°3.3: Imagen del Sitio N°2, con las distancias en metro de los suelos con diferentes intensidades de uso. Fuente: Google Earth

Figura N°3.4: Sitio N°1. a- Suelo sin efecto antrópico; b- Suelo con bajo impacto antrópico y c- Suelo con alto impacto antrópico.

Figura N° 3.5: Sitio N°2. a- Suelo sin efecto antrópico; b- Suelo con bajo impacto antrópico y c- Suelo con alto impacto antrópico.

Figura N°3.6: 1) Tipo de muestreo: Zig-Zag 2) Toma de muestras simples; 3) Recolección de muestras simples en balde; 4) Muestra compuesta-identificada

Figura N°3.7: Esquema del protocolo que se utiliza en el laboratorio de nematología de la EEA Bella Vista.

Figura N°3.8: Descripción del método de análisis en el laboratorio para extracción de nematodos de suelo. 1) Recepción de muestras, 2

y 3) Flotación y Tamizado, 4) Centrifugación-separación y 6) Observación al microscopio.

Figura N°4.1: Comparación entre los valores de las precipitaciones ocurridas en el período de estudio (agosto 2014 a julio 2015) y el promedio de 10 años registrados en la EEA Bella Vista.

Figura N°4.2: Géneros de Nematodos Parasito de Plantas (NPP) encontrados en el Sitio N°1, según los tres momentos de muestreo en las diferentes intensidades de uso de suelo.

Figura N°4.3: Géneros de Nematodos Parasito de Plantas (NPP) encontrados en el Sitio N°2, según los tres momentos de muestreo en las diferentes intensidades de uso de suelo.

Figura N°4.4: Nematodos de Vida Libre (NVL) encontrados en el Sitio N°1, según los tres momentos de muestreo en las diferentes intensidades de uso de suelo.

Figura N°4.5: Nematodos de Vida Libre (NVL) encontrados en el Sitio N°2, según los tres momentos de muestreo en las diferentes intensidades de uso de suelo.

Figura N°4.6: Totales de Nematodos Parásito de Plantas, Nematodos de Vida Libre y Totales de Nematodos en los tres momentos de muestreo separados por las tres diferentes intensidades de uso de suelo (los datos están transformados a Log base 10)

Figura N°4.7: Total de Nematodos Parásitos de Plantas en los diferentes momentos de muestreo para los suelos con diferentes intensidades de uso. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Figura N°4.8: Índice de madurez (IM) para las distintas intensidades de uso en los tres momentos de muestreo. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Figura N°4.9: Índice de Parásito de Plantas (IPP) para las distintas intensidades de uso en los tres momentos de muestreo. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Figura N°4.10: Relación entre el IPP e IM para los tres momentos de muestreo en los suelos con diferentes intensidades de uso. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

Figura N°4.11: Relación entre los totales de NPP (Nematodos parásito de plantas) y NVL (Nematodos de vida libre), con la variable ambiental precipitación mensual en el año de estudio.

VII. LISTA DE ECUACIONES

Ecuación N°1 Índice de Diversidad $H' = -\sum p_i \log p_i$

Ecuación N°2 Índice de Dominancia de Simpson $D_s = \sum (p_i)^2$

Ecuación N°3 Índice de diversidad trófica $T = 1/(\sum p_i^2)$

Ecuación N°4 Índice de Madurez $IM = \sum (v_i * f_i) / n$

Ecuación N°5 Índice de Parásito de Plantas $IPP = \sum (v_i * f_i) / n$

VIII.LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

FSV: Funciones de sostén de la vida

SSEA: Suelo sin efecto antrópico

SBIA: Suelo con bajo impacto antrópico

SAIA: Suelo con alto impacto antrópico

C- P: Colonizador – persistente

IM: índice de madurez

IPP: índice parásito de plantas

Ds índice de dominancia de Simpson

H' índice de diversidad de Shannon- Wiener

T índice de diversidad trófica

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

El suelo, la capa más superficial de la corteza terrestre, constituye uno de los recursos naturales más importantes. Desde el punto de vista edáfico, un suelo es un cuerpo natural formado por la progresiva alteración física y química de un material original o roca madre, bajo condiciones climáticas y topográficas sometido a la actividad de organismos vivos.

Una de las definiciones más aceptada de calidad de suelo es: “la capacidad de un tipo específico de suelo de funcionar, dentro de los límites de ecosistema naturales o manejados, para sustentar la productividad vegetal y animal, mantener o aumentar la calidad del agua y el aire y soportar la salud y vivienda humana” (1). La definición más simple se refiere a “capacidad de un suelo para funcionar” (2). En los dos conceptos se hace hincapié en las funciones del suelo, que son relevantes para la humanidad, tales como la función de sustrato promotor del crecimiento para la producción de alimento y de filtro natural del agua subterránea (3).

La meta global en la protección del suelo es mantener una “buena calidad del mismo”, lo que significa que las funciones de sostén de la vida (FSV) deben ser llevadas a cabo ya que son esenciales para el mantenimiento de la calidad ambiental y la salud humana (4).

Las prácticas agrícolas modernas caracterizadas por la adición de elevados niveles de fertilizantes inorgánicos, el uso de pesticida y la práctica de laboreo, afectan fuertemente la diversidad y densidad de la fauna edáfica, llevando a la extinción de algunos grupos de organismos y a la modificación de ciertos parámetros de la comunidad (4, 5,6,7). Se conoce que los organismos del suelo son directamente responsables de los procesos del ecosistema, especialmente la descomposición de la materia orgánica y el reciclado de nutrientes (8).

Debido al aumento de las actividades agrícolas, el suelo ha sufrido cambios debido a su uso intensivo. Los principales cambios causados son: compactación del suelo, pérdida de materia orgánica y erosión del suelo, factores que terminan reflejando negativamente en las actividades microbianas que son esenciales para el buen crecimiento de las plantas (9).

Los tipos de suelo y el manejo de los cultivos tienen una influencia directa en el desarrollo físico, químico y biológico (10). Los diferentes manejos pueden beneficiar o inhibir el establecimiento de diferentes grupos microbianos. La actividad microbiana en el suelo depende, entre otros factores, de la temperatura, la ventilación, la humedad, la disponibilidad de nutrientes, la competencia y el antagonismo que se establece entre grupos de microorganismos. Estos son esenciales para que se produzcan los procesos del suelo. Al reducir la aireación, la compactación reduce la actividad microbiana y también modifica los procesos edáficos y afecta la producción de la planta (11).

Actualmente, se observa un creciente interés por parte de investigadores, en la evaluación e interpretación de la calidad del suelo. Estos utilizan indicadores biológicos, químicos y físicos para el seguimiento de los ecosistemas agrícolas. Una de las mayores dificultades se encuentra en la elección de los parámetros que sean realmente sensibles para detectar cambios en los suelos bajo diferentes sistemas de manejo (12). Debido a que están estrechamente asociados con los procesos ecológicos del medio ambiente, los microorganismos tienen un gran potencial como indicadores de la calidad del suelo (13). Esta es una herramienta de gran importancia, que nos ayudara a describir el estado de nuestro suelo.

Inicialmente, en la década de 1970, se utilizaron los nematodos para evaluar la calidad del agua. Los nematodos son los metazoos más abundantes del planeta, se encuentra en una cantidad inmensa de

hábitats. Son organismos principalmente acuáticos y viven entre las láminas de agua que hay entre las partículas de suelo (14). Son invertebrados normalmente vermiformes, largos y delgados, con cuatro estados juveniles antes de su madurez, y con altos requerimientos de agua para su movimiento y desplazamiento. Como todos los animales son heterótrofos.

Durante la década de 1980 las preocupaciones sobre la vulnerabilidad del suelo aumentaron, con ella, la nematofauna llegó a ser estudiada para la evaluación de los ecosistemas. Destacándose entre otros grupos de animales y pasaron a ser estudiados como bioindicadores de impacto ambiental y puede diferenciar los sistemas de uso de suelo (15).

La contribución más importante de los nematodos en el ecosistema es la distribución de los nutrientes y minerales. Los nematodos son responsables de un 30% de la mineralización del nitrógeno en el suelo, siendo éste el principal servicio que prestan en el ecosistema. Otras funciones que desempeñan en las redes tróficas del suelo son: secuestrar y redistribuir minerales, carbón y energía, regular las poblaciones de organismos oportunistas a través de la depredación, servir como presas de depredadores en niveles tróficos más altos, degradar toxinas que ingresen al ambiente, influir en la composición de la comunidad vegetal y su sucesión y acelerar las tasas de descomposición (16).

Los indicadores ecológicos deben cumplir con los siguientes criterios: ser fácilmente medibles y ser sensibles a las presiones en el ecosistema, responder al estrés y tener baja variabilidad en la respuesta, predecir los cambios que pueden evitarse con medidas de gestión y tener una respuesta conocida a las perturbaciones antropogénicas y los cambios temporales (17).

El estudio a través de los bioindicadores a nivel comunidad, incluye a los índices de diversidad trófica (T) (18); índice de Shannon- Wiener

(H) (19); Índice de Dominancia de Simpson (Ds) (20) y los índices de madurez (IM e IPP) (21 y 22).

Entre los nematodos existen taxones indicadores: los diplogastéridos y rhabditidos son indicadores de hábitats eutroficados mientras que los dorylaimidos y mononchidos son comunes en hábitats poco alterados (23 y 24). Sin embargo, cualquier cambio que se produce en un determinado medio ambiente se reflejará en la comunidad de nematodos. Por ésta razón, muchos investigadores han tratado de desarrollar las relaciones entre la estructura de comunidad de nematodos y la sucesión de los ecosistemas naturales o perturbación ambiental, entre ellos (15, 25,26). Poco se sabe acerca de la estructura de las comunidades de nematodos y cómo utilizar su diversidad para certificar que el manejo de los suelos afecta la sostenibilidad del agro ecosistema. Así, el estudio de la diversidad como bioindicador de la calidad del suelo está en desarrollo y con pocos resultados prácticos.

Investigadores estudiaron como varían las comunidades de nematodos en el suelo con la intensidad de la intervención humana (27). También relacionaron las comunidades de nematodos que se encuentran en ecosistemas naturales (sabana, bosque en galería y pastizales) y cultivados (*Eucaliptus*, *Pinus caribaea*, cítricos, café, maíz, judías verdes y tomates) (28) y evaluaron los efectos de los diferentes sistemas agrícolas en comunidad de nematodos y observaron que estos son sensibles a la manipulación y pueden ser utilizados como indicadores de la calidad de los sistemas de cultivo orgánico (29).

Un grave problema que afecta a la agricultura de nuestra zona son los nematodos parásitos de plantas, produciendo pérdidas en la producción, por tal motivo, las medidas de prevención y control (utilización de agroquímicos) no son las adecuadas, provocan una alteración de la red trófica del suelo, al no ser selectivos eliminan a

todos los organismos esenciales para el buen funcionamiento de los procesos naturales del suelo. Otro inconveniente es la falta de estudios por parte de los investigadores, que cuantifiquen las pérdidas por nematodos y el impacto de la actividad agrícola sobre el ecosistema.

Por todo lo mencionado, es necesario generar información de interés al productor, buscando estrategias sostenibles que mejoren la productividad y reduzcan el impacto de las prácticas agrícolas en el medio ambiente, ya que es un tema importante la de preservar y conservar la integridad de nuestro ecosistema.

Por lo tanto, este estudio se llevó a cabo con el objetivo de evaluar la calidad de suelo en la comunidad rural del paraje Ifrán, en el sector tabacalero del departamento Goya-Corrientes, cuyos suelos se caracterizan por ser de una clase textural arenosa, con baja fertilidad química y física, mediante el uso de indicadores ecológicos.

1.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Objetivo general

Evaluar la calidad del suelo de lomadas arenosas del sector tabacalero mediante el uso de indicadores ecológicos: los nematodos.

Objetivos específicos

- Describir la importancia de identificar los grupos tróficos de nematodos como indicadores de la estabilidad del suelo.
- Determinar los grupos tróficos de nematodos y su diversidad en suelos con diferentes intensidades de usos:
 - a) Suelo sin efecto antrópico.
 - b) Suelo con alto impacto antrópico.
 - c) Suelo con bajo impacto antrópico.
- Identificar grupos tróficos indicadores de ambientes estables o no.
- Caracterizar el manejo del suelo que realiza el productor.

1.2 HIPÓTESIS

- La densidad total de nematodos difiere según el manejo de los suelos:
 - 1) Suelo sin efecto antrópico.
 - 2) Suelo con alto impacto antrópico.
 - 3) Suelo con bajo impacto antrópico.
- La abundancia y diversidad de los grupos tróficos de nematodos de vida libre, están relacionados con la calidad y salud del suelo de lomadas arenosas del sector tabacalero de Goya, Corrientes.

CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de trabajos de investigación en la provincia de Corrientes

La estación experimental de INTA Bella Vista viene trabajando hace 10 años, en nematodos de importancia agrícola en plantaciones de tomate y pimiento, dándole más importancia a los grupos que provocan daños a dichos cultivos. En el Laboratorio de Nematología de dicha institución, se utiliza como herramienta de diagnóstico el análisis nematológico donde se procede a la identificación de los géneros parásitos de plantas y se capacita a los productores y técnicos en el control integrado y prevención de los mismos. Por tal motivo los nematodos parásitos de plantas son los más estudiados y entre ellos merecen destacar los géneros *Meloidogyne*, *Heterodera*, *Pratylenchus*, entre otros.

Hay poca información sobre estudios en la zona relacionados con los nematodos de vida libre como indicadores del estado de sanidad del suelo, no obstante se realizó un trabajo en el mes de mayo del año 2013 correspondiente a una investigación a campo de un estudiante belga (30) que estuvo en ésta zona por un periodo de 4 meses. El título de su trabajo de investigación fue: La diversidad de grupos tróficos de nematodos para la caracterización de la sanidad y la estabilidad de los suelos hortícolas del departamento de Lavalle Corrientes.

Realizó dos muestreos en cada una de las tres chacras donde se cultivó tomate y pimiento en invernadero y como referencia un monte nativo de la zona de Lavalle, para tener una comparación de un suelo sin efecto antrópico y en equilibrio con los seres vivos.

Como medida de diversidad utilizó el índice de diversidad trófica.

- En la primera chacra los resultados fueron:

Nave 1: índice de diversidad trófica bajo (igual al monte nativo) esto refleja que la comunidad de nematodos no está representada por un solo grupo que predomina. Se observa fitófago, bacteriófago, omnívoro y predador.

Nave 2: no hay nematodos en este suelo. La solarización, es una técnica de desinfección del suelo, no contaminante que aprovecha la radiación solar. Esta técnica funcionó bien.

La red de nematodos está casi completa en la nave 1 y refleja la estabilidad del suelo.

- En la segunda chacra los resultados fueron:

Presenta un índice de diversidad muy alto en relación al monte esto significa que la comunidad de nematodos está representada por uno o dos grupos tróficos que predominan en el suelo.

En el primer análisis se observa bacteriófagos, omnívoros, faltan fitófagos, fungívoros y predadores. En el segundo, se observa bacteriófagos y predadores. Faltan los grupos de fitófagos, fungívoros y omnívoros.

En base a las muestras evaluadas, la red de los nematodos no está completa y refleja la inestabilidad del suelo.

- En la tercera chacra los resultados fueron:

Presenta un índice de diversidad trófica alto en relación al índice de monte. Esto refleja que la comunidad de nematodos está representada por uno o dos grupos tróficos que predominan en el suelo.

En el primer análisis, se observa bacteriófagos y omnívoros faltan fitófagos, fungívoros y predadores. En el segundo, se observa bacteriófagos, predadores y omnívoros. Faltan fitófagos, fungívoros y omnívoros.

La solarización explica el vaciamiento de la población de nematodos y si los bacteriófagos están presentes en cada análisis es porque son los primeros colonizadores del suelo. Pueden desarrollarse muy rápidamente en condiciones pobres de nutrientes y en presencia de estrés.

En base a las muestras analizadas, la red de los nematodos no está completa y refleja la inestabilidad del suelo (ver figura 2.1)

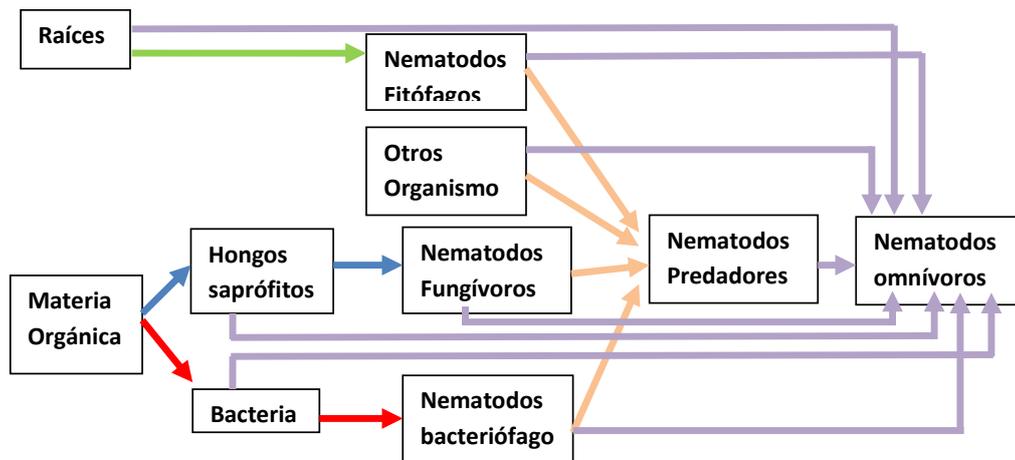


Figura Nº 2.1: Red alimentaria del suelo y la nematofauna (30 y 31).

2.2 Área de estudio- Localización geográfica

El Departamento de Goya, ubicado en el noreste de la Argentina y al suroeste de la Provincia de Corrientes, es capital del departamento homónimo. Situado a orillas del río Paraná con una población de 89.959 habitantes (32).

Posee una superficie de 4.840 km², equivalentes a 484.000 ha, lo que representa en términos porcentuales el 5 % de la superficie provincial, ubicándose en el octavo lugar entre los Departamentos de las Provincia, considerando la superficie territorial. En la figura Nº 2.2 se puede observar la distribución de la superficie territorial.

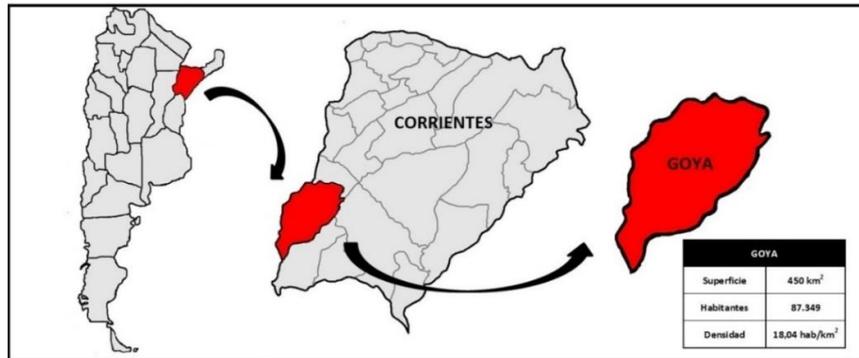


Figura N°2.2: Mapa y cuadro de localización geográfica - Fuente: Elaboración propia. Año: agosto 2015.

Goya es la principal ciudad Argentina de producción del tabaco criollo correntino. La misma está sustentada fundamentalmente por pequeños productores (33).

Se caracteriza por la gran demanda de mano de obra a nivel cultivo, ya que pese al cambio tecnológico que rige a la agricultura del último siglo esta actividad continúa siendo mano de obra intensiva (34).

Dentro del departamento de Goya se encuentra el paraje rural Ifrán, ubicado a 42 km al oeste del departamento. Por ruta N° 84 comunica con Yataytí calle (pueblo vecino) al norte y por la ruta nacional N° 12 con Goya.

2.3 Caracterización del ambiente, paisaje y clima

Es importante realizar una caracterización del ambiente del sector tabacalero, abordando aspectos fundamentales como el clima, el paisaje y el suelo.

2.3.1 Clima

Uno de los factores más influyente de la producción agrícola es el clima, especialmente en las actividades como el cultivo del tabaco que se hacen al aire libre y sin riego artificial.

La provincia de Corrientes posee un clima subtropical, muy cálido en verano, pero con heladas en invierno. Tiene características de clima húmedo, con frecuentes excesos hídricos en otoño y primavera, y

breves pero comprometidos períodos de déficit, casi siempre en verano.

El régimen hídrico se caracteriza como único: en la mayoría de los años el perfil de suelo no se seca por más de 90 días consecutivos (35), en la zona de influencia de las raíces, y ácuico, que caracteriza a muchos suelos de la provincia y se refiere a aquellos que permanecen por varios días del año bajo condiciones de inundación, resultando en anaerobiosis y reducción química del perfil en la zona de influencia de las raíces.

2.3.2 Precipitaciones

La distribución anual de precipitaciones tiene un mínimo en julio y tres picos máximos en los meses de febrero, octubre y diciembre.

Como se ve la figura N°2.3, en los últimos 10 años se puede observar que los promedios reflejan cambios en el régimen de precipitaciones característicos de la región. Se tuvo abundantes precipitaciones desde el mes de octubre hasta el mes de abril. Frecuentemente existe un déficit que oscila entre los meses de junio a agosto que puede afectar los rendimientos de los cultivos, principalmente a aquellos que se encuentran sobre suelos de baja capacidad de retención hídrica, como es el caso de los suelos con predominio de textura arenosa.

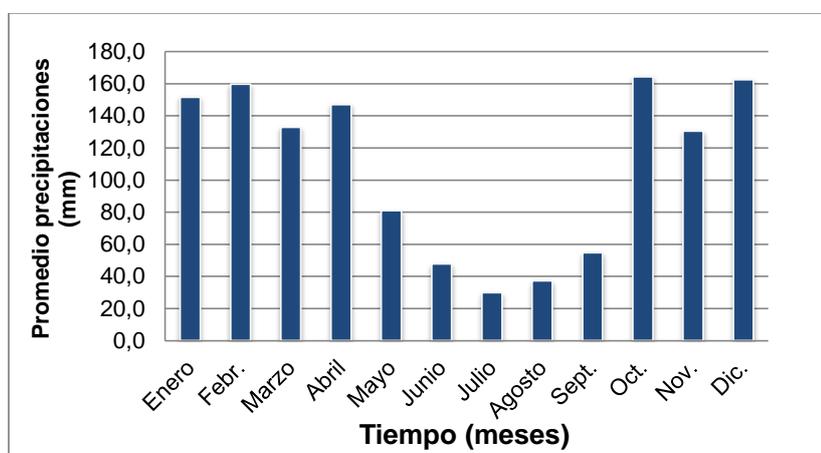


Figura N°2.3: Promedio histórico de precipitaciones de los últimos 10 años. (Fuente: Estación Experimental INTA Bella Vista – Corrientes)

2.3.3 Heladas

Las heladas son un fenómeno agroclimático de importancia directa en la distribución regional y el manejo de los cultivos, así como indirecta por su influencia en otros fenómenos biológicos como plagas y enfermedades que afectan los cultivos. Aun cuando toda la provincia posee un invierno muy suave, el fenómeno de las heladas representa, junto con el granizo en menor medida, una de las peores adversidades que acostumbran ocasionar cuantiosas pérdidas a las producciones agrícolas de la provincia.

En la zona de estudio, se manifiestan hasta 20 días con heladas agronómicas¹ por año, que generan severos inconvenientes en la producción agrícola.

¹ Se entiende por helada meteorológica a aquél descenso de la temperatura por debajo de 0° centígrado, medido en casilla meteorológica, esto es a un metro y medio sobre la superficie del suelo. Normalmente la temperatura es 1 ó 2 grados más baja a nivel del suelo, que es donde se encuentran los cultivos. Es por ello que nos interesa saber cómo evoluciona la temperatura allí, por su influencia directa sobre los cultivos. Los descensos de temperatura por debajo de 0° a nivel del suelo se denominan heladas agronómicas.

En la tabla N° 2.1 se presentan datos locales (tomados en la EEA Bella Vista), considerados válidos para el área de referencia.

Tabla N°2.1: Temperaturas máximas, medias y mínimas mensuales (en ° C). (Fuente: Estación Experimental INTA Bella Vista – Corrientes)

Promtemp.	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temp. Máxima	33,0	32,1	30,5	27,2	22,5	20,4	21,1	22,1	24,6	27,8	29,7	31,8
Temp. Mínima	21,5	21,3	19,2	16,3	13,1	11,1	10,0	10,9	12,7	16,3	18,3	20,3
20 años	151,6	159,6	132,8	147,1	81,0	47,8	29,9	37,2	54,8	164,3	130,4	162,4

2.3.4 El paisaje

Desde el enfoque de las regiones naturales de la provincia de Corrientes, el área se localiza íntegramente en el área clasificada como de "lomadas, planicies y depresiones arenosas" (36). La misma se extiende como una franja del NE al SW, entre el Paraná y la cuenca del Ibera. Ocupa 2.073.600 hectáreas, y en su relieve sobresalen dos cordones arenosos entre los que se intercalan planicies y cauces actuales y antiguos. Las lomas constituyen el elemento positivo del relieve, con modelo alargado y límites ondulantes, sobre elevadas unos diez metros sobre el nivel de la planicie y salpicadas de lagunas aisladas o asociadas en conjunto muy completos.

Las lomas presentan una vegetación de tipo de sabana abierta, es decir pastizales con manchones aislados de montecillos de árboles. En este caso encontramos pastizales altos de paja colorada (*Andropogon lateralis*), y praderas de pastos cortos (*Paspalum notatum* y *Axonopus sp*). Los árboles que cortan estos pastizales son palmares de Yatay (*Syagrus yatay*) y bosquecillos de leguminosas (aromitos, chañares y algarrobales).

En las partes bajas del relieve encontramos vegetación de sabanas inundables y ambientes de típicas cañadas y esteros. En las depresiones con definidos síntomas de hidromorfismo, predominan las ciperáceas y en los sitios con mejor drenaje los espartillares de *Elyonorusp*. Estos sitios bajos no tienen aptitud agrícola, sin embargo, un buen número de tabacaleros se hallan asentados en estas zonas, y por ello los resultados de sus cosechas dependen fundamentalmente del estado del tiempo: en temporadas lluviosas los cultivos se pierden o sufren notables mermas en sus rendimientos. Como vemos en la figura N° 2.4, el área tabacalera se halla completamente incluida en la zona de lomadas y depresiones arenosas.

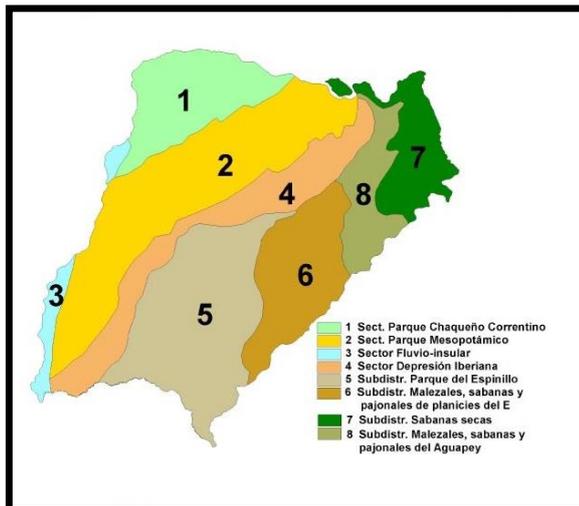


Figura N° 2.4: Territorios Fitogeográficos de la Provincia de Corrientes (37).

2.4 Suelos arenosos de Goya, Corrientes

2.4.1 Caracterización Edáfica

Los suelos que caracterizan a la zona elegida para el estudio son predominantemente arenosos, pertenecen a la unidad cartográfica 65, es una asociación de tres series de suelo: Camilo 50%, Bravo 30% y Chavarría 20%. Para conocer en detalle la descripción de cada serie

de suelo, nos basamos en el trabajo del Mapa de suelos y aptitud de tierras para los departamentos de Esquina, Goya y Lavalle (38).

Camilo, es un Eutrudepteslamélicos, arenosa, hipertérmico. El paisaje son lomas en planicies arenosas, bien drenadas, con escurrimiento bajo. La cobertura vegetal es un mosaico de pastizales, bosques abiertos de palmares de *Butya* y parches agrícolas de pequeña superficie. Presenta un manto arenoso de 79 cm. de espesor, pardo a pardo rojizo, débilmente estructurado que mediante un límite difuso continua en un horizonte cámbico (Bw) con lamelas texturales que se extiende hasta los 120 cm. a partir de donde se expresa un horizonte argílico franco a franco arcillo arenoso.

Son suelos agrícolas de baja fertilidad natural, pero de buenas condiciones físicas para el desarrollo de raíces. Las prácticas de manejo deben focalizarse en atenuar procesos de erosión hídrica y/o eólica.

Bravo, Udipsamentes típicos, arenosa, hipertérmico. Son planicies onduladas modeladas por procesos eólicos e hídricos, cubierta de lagunas aisladas o asociadas. Son de drenaje moderado y escurrimiento medio, bajo una cobertura de pastizales y bosques abiertos de palmares de *Butya*. Es un manto arenoso de unos 2 m. de espesor, sin distinción de horizontes genéticos, con un horizonte superficial de color pardo claro. El horizonte Cg es pardo amarillento, fuertemente ácido, con concreciones de hierro-manganeso y moteados rojizos. A los 220 cm se identifica un horizonte argílico enterrado (2Btb) pardo rojizo, franco arenoso.

Presentan limitaciones por baja fertilidad y susceptibilidad a la erosión eólica e hídrica. Posee buenas condiciones físicas para el desarrollo de raíces. Prácticas vinculadas a cobertura de suelos, mínima labranza, enmiendas orgánicas y fertilizantes. Permitiría un uso agrícola, aunque en rotaciones con descansos o pasturas. La

forestación y la citricultura son actividades adecuadas para estos suelos.

Chavarría, Psamacuentesspódicos, arenosa, hipertérmico. Constituye una de las series representativas de la llanura arenosa en planicies suavemente onduladas, en posiciones de medias lomas y con pendientes en general que no superan el 1 al 2%. El drenaje es algo pobre a moderado. El escurrimiento es lento a medio, la permeabilidad moderadamente lenta. El tapiz más representativo es el de pastizales con predominio de paja colorada. Presenta un horizonte superficial espeso arenoso-franco a arenoso y dentro de los primero 60-80 cm. se expresa un horizonte eluvial, lavado (Eb. albico), de colores claros, con abundantes moteados, sobrepuesto a un argílico enterrado (2Btbg), franco-arcillo-arenoso de lenta permeabilidad, en donde desde su techo fluctúa una napa colgada que satura el perfil en períodos muy húmedos.

Presentan potencial para forestaciones y pasturas cultivadas. Cultivos de cosecha corren riesgos por excesos de agua en el perfil (acción estacional de falsa napa).

De las hectáreas destinadas a cultivos anuales, en Goya más de la mitad correspondían a tabaco, en tanto que, en Lavalle a Horticultura y arroz, y en San Roque predomina el arroz. Como podemos observar, menos del 4% se destina a agricultura, en tanto que el 96% de la tierra útil se dedica a la actividad ganadera. Estos valores del 2002 continúan teniendo vigencia.

2.5 Cultivo de tabaco en la zona de estudio

2.5.1 Preparación del suelo

La primera preparación se realiza en el mes de mayo- junio con dos pasadas de rastra Rome, estas pasadas de rastra las realiza el Instituto Provincial del Tabaco (IPT) o se contrata alguna cooperativa privada luego de este primer laboreo lo mantienen con rastrillo, una

pasada cruzada para emparejar el terreno, luego en el mes de septiembre y previo al trasplante se utiliza nuevamente el rastrillo, como última tarea antes de la plantación realizan la melgada (hacen el lomo donde va a ir el plantín).

Se siembra en almácigo fines de julio y todo el mes de agosto.

El período de trasplante va desde el 15 de septiembre al 15 de noviembre, siendo el mes de octubre el momento en donde se realiza el mayor porcentaje de trasplante.

2.5.2 Manejo del cultivo

Almácigo: el 95% aproximadamente de los productores realizan la siembra en almácigo, obteniendo su propio plantín.

Trasplante: éste se hace a los 50 a 60 días de la siembra en almacigo.

Fertilización: la fertilización de base se hace con un fertilizante mezcla de Nitrógeno- Fósforo- Potasio, 11-17- 24 (N P K), se agrega 20 gramos por planta. Después de 30 días de la fertilización base se realiza un repique con nitrato de amonio, este se recomienda entre 10 y 15 gramos por planta.

2.6 Salud y calidad de suelos

La buena salud de un suelo se define como la minimización del número y actividad de insectos nocivos y de patógenos de plantas en el suelo. Es la capacidad de un suelo de funcionar dentro de un ecosistema natural o manejado, sostener la productividad de plantas y animales, mantener o mejorar la calidad del aire y del agua, sostener la salud humana y el hábitat (1). Al desarrollar este concepto, también se ha considerado que el suelo es el substrato básico para las plantas, capta, retiene y emite agua, y es un filtro ambiental efectivo (39). Se asume que un suelo saludable es aquel que posee una red de alimentación intacta en donde todas las posiciones en la cadena alimenticia se presentan y funcionan apropiadamente (40).

De esta manera, el manejo de la salud del suelo se hace sinónimo del manejo de la porción viviente del suelo para mantener las funciones esenciales del suelo, para sostener la productividad vegetal y animal, mantener o mejorar la calidad del agua, el aire, y promover la salud vegetal y animal” (41). “Salud del suelo se refiere a la integración de enfoques biológicos, químicos y físicos en el manejo del suelo para la sustentabilidad a largo plazo de la productividad de los cultivos con un impacto mínimo en el ambiente” (39).

Los suelos “saludables” mantienen una comunidad diversa de organismos del suelo que ayudan a controlar enfermedades vegetales, insectos nocivos y malezas; forma asociaciones simbióticas beneficiosas con las raíces vegetales (por ejemplo, bacterias fijadoras de nitrógeno y micorrizas); recicla los nutrientes esenciales para las plantas; mejora la estructura del suelo (por ejemplo, la estabilidad de los agregados) con repercusiones positivas para la capacidad de retención de agua y nutrientes en el suelo, y en última instancia, mejora la producción de cultivos. Como ejemplos de prácticas de manejo para mejorar la salud del suelo se tienen: mantener la cobertura vegetal sobre el suelo durante todo el año para

aumentar el contenido de materia orgánica y minimizar la erosión del suelo, mayor uso de prácticas biológicas en vez de químicas para mantener la productividad de cultivos y evitar el uso de maquinaria pesada . Cada autor ha definido calidad y salud de suelo dentro de parámetros físicos, químicos y biológicos que al interactuar generan estabilidad al suelo y permiten el desarrollo de cultivos sin generar daños al ambiente.

2.7 Biología y ecología básica de los nematodos

Los nematodos son normalmente vermiformes, largos y delgados, con cuatro estados juveniles antes de su madurez, y con altos requerimientos de agua para su movimiento y desplazamiento. Como todos los animales son heterótrofos.

En los primeros 10 cm de la capa arable de suelo hay aproximadamente 200.000 a 5.000.000 de nematodos por metro cuadrado (m^2), que incluyen entre 30 y 60 especies. Los efectos de los nematodos sobre las plantas o poblaciones de microflora y microfauna dependen del tamaño de su población. Los nematodos parásitos de plantas pueden causar pérdida de rendimiento (patogenicidad); mientras que, si son saprófitos o de vida libre, pueden estimular el reciclado de nutrientes en la planta. El acceso a la gran variedad de fuentes alimenticias depende mucho de factores físicos del suelo, tales como el tamaño de los poros, la humedad y temperatura (41 y 42).

Si agrupamos a los nematodos por hábitat (ver figura N° 2.5), el 50% son habitantes marinos, el 25 % viven libres en el suelo, 15% son parásitos de animales, y 10% son parásitos de plantas (43).



Figura N°2.5: Distribución de los nematodos por hábitat (43).

2.7.1 Clasificación de los nematodos del suelo

Clasificación adaptada de los nematodos del suelo: se presenta a nivel de familia y género (44, 45).

Phylum Nematodo

1. Clase Adenophorea (Afasmidia)

a. Subclase Enoplia

I. Orden Enoplida

II. Orden Mononchida

Superfamilia Monochoidea

Familia Mononchidae

Mononchus

Clarkus

Familia Mylonchulidae

Mylonchulus

Familia Lotonchulidae

III. Orden Dorylaimida

b. Suborden Dorylaimina

Superfamilia Dorylaimoidea

Familia Dorylimidae

Dorylainus

Familia Leptonchidae

Leptonchus

Tylencholaimellus

Familia Longidoridae

- Familia Belonolaimidae
- Familia Pratylenchidae
 - Nacobbus*
 - Pratylenchus*
- Familia Hoplolaimidae
 - Helicotylenchus*
 - Hoplolaimus*
- Familia Heteroderidae
 - Heterodea*
 - Meloidogyne*
- Superfamilia Criconematoidea
 - Familia Criconematidae
 - Criconema*
 - Criconemella*
 - Familia Tylenchulidae
 - Tylenchus*
 - Paratylenchus*
- III. Orden Aphelenchida
 - b. Suborden Aphelenchida
 - Familia Aphelenchidae
 - Aphelenchus*
 - Familia Paraphelenchidae
 - Paraphelenchus*
 - Familia Aphelenchoididae
 - Aphelenchoides*

2.7.2 Ciclo biológico

El ciclo biológico de los nematodos del suelo se desarrolla dentro de éste, dentro de una planta o de un insecto (nematodos entomopatógenos), según la modalidad de alimentación. La mayoría son ovíparos, esto es, el desarrollo embriológico se produce después de la ovoposición, dentro del huevo. También hay nematodos ovovivíparos donde los huevos aún en el útero, ya contienen larvas completamente formadas del huevo nace un animal con todas las características del adulto, sólo restándole los órganos reproductores.

Los parásitos de planta dorylaimidos permanecen vermiformes a través de todo su ciclo de vida, mientras que entre los tylenchidos se presentan algunas variaciones, muchas especies permanecen vermiformes, pero las hembras de algunas importantes especies parásitas de plantas, se convierten en sedentarias en el estadio juvenil 2, incrementando el volumen del cuerpo hasta convertirse en globoso, que representa la madurez, ejemplo de esto son *Meloidogyne* y *Heterodera*.

El ciclo de vida varía de menos de cinco días, para un año o más como ocurre en algunos longidoridos, en los cuales los límites impuestos por la biología son influenciados por la temperatura y la calidad del sustrato (46).

Reproducción

Los nematodos se reproducen sexualmente, pudiendo ser dioicos, hermafroditas o partenogénéticos. En la mayoría de los nematodos existen hembras y machos, denominándose la reproducción como anfimixia o reproducción cruzada. En especies que presentan machos, un desbalance en la relación de sexos es común y muestra en general una tendencia hacia una mayor proporción de machos cuando la población está sujeta a estrés medioambiental (47). La partenogénesis, es la más común entre los nematodos. El oócito se desarrolla en el cuerpo de la hembra sin intervención del macho y la descendencia está completamente formada por hembras.

La partenogénesis ocurre en todos los posibles grupos tróficos de nematodos (micófagos, bacteriófagos, zooparásitos y fitoparásitos), como en los géneros de fitoparásitos *Longidorus*, *Meloidogyne*, *Xiphinema*.

Los nematodos pueden requerir de un estímulo para nacer. Cuando falta este estímulo, pueden sobrevivir durante largo tiempo (hasta varios años) dentro de la cáscara del huevo. Los estímulos pueden

ser la temperatura y humedad. Otros nematodos requieren de estímulos químicos, como ciertas sustancias que son liberadas por las raíces de las plantas hospederas, que estimulan la eclosión de los huevos, ejemplo de esto es el género *Heterodera* spp.

2.7.3 Mecanismo de resistencia de los nematodos

Muchos nematodos, principalmente los del suelo y parásitos de plantas, pueden pasar a un estado de completa inactividad donde el metabolismo se mantiene muy bajo o reversiblemente nulo, permitiéndolos sobrevivir por un largo tiempo en condiciones adversas, que se pueden producir por falta de agua (anhidrobiosis), falta de oxígeno (anoxibiosis), bajas temperaturas (criobiosis), y altas temperaturas (termobiosis) (48).

2.7.4 Alimentación

Los nematodos se alimentan de una amplia variedad de organismos, pero muchas especies tienen sólo una clase de nutrición en un estado particular del desarrollo. La anatomía y fisiología de su sistema digestivo está relacionada con los diferentes tipos de alimentación. Los nematodos ingieren el alimento a través de la abertura oral (boca), que conecta con la cavidad bucal o estoma que corresponde a una estructura cuticular y esclerotizada, armada con diversas estructuras como dientes, dentículos y estilete (49).

El estilete, carácter típico de los nematodos parásitos de plantas puede ser manejado con fuertes movimientos anteroposteriores, debido a su gran musculatura asociada. Este órgano se usa para romper y penetrar tejidos vegetales.

2.8 Grupos tróficos

En los nematodos del suelo, se pueden diferenciar diversos grupos funcionales o grupos de alimentación (50). Generalmente se dividen

entre cinco y siete categorías de grupos tróficos, donde se destacan los bacteriófagos, fungívoros, fitófagos, omnívoros y predadores.

Varios nematodos pueden pertenecer a dos o más grupos tróficos. Por ejemplo, miembros del orden Mononchida, que son predadores, pero que comúnmente son informados como bacteriófagos, también ocurre con los taxa de predadores del orden dorylaimida, que frecuentemente se comportan como omnívoros (50).

Los diferentes grupos presentan las siguientes características (ver figura N°2.6):

Bacteriófagos: presentan estoma de forma y tamaño diferentes, pero sin dientes o estilete. Ingieren las bacterias por el movimiento de los labios y las hacen pasar hacia el canal digestivo por la acción de la succión que realiza el esófago. La forma del estoma y del esófago son características de la mayor parte de los nematodos bacteriófagos. A este grupo pertenecen algunos géneros comprendidos en los órdenes Rhabditida y Diplogasterida.

Fungívoros: poseen estiletes pequeños, más o menos desarrollados, con los cuales penetran las células de las hifas. Se alimentan rápidamente y son capaces de diezmar las colonias de hongos en poco tiempo.

Fitófagos: están armados de un estilete, con el que perfora las células de la planta e ingieren su contenido, y de un esófago, que contiene un bulbo medio valvular y un bulbo posterior glandular. El contenido celular pasa de la célula al lumen del estilete por diferencia de presión, y luego, por la acción de succión del bulbo medio, el alimento se dirige hacia el intestino a través del lumen del esófago. Las glándulas esofágicas ayudan en la digestión intra y extracorporal.

Omnívoros: presentan dientes o estiletes. Son animales que se alimentan tanto de material vegetal como animal y están comprendidos en el orden Dorylaimida. El esófago de este grupo

presenta una zona anterior delgada y una zona posterior donde se alojan las glándulas esofágicas.

Predadores: poseen estoma grande, con dientes, estilete, dientecillos o varias combinaciones de éstos, En este grupo el esófago es cilíndrico sin modificaciones. Se alimentan de protozoos, rotíferos, tardígrados y pequeños oligoquetos, como también de otros nematodos. Pertenecen a este grupo, diferentes géneros de los órdenes Mononchida, Dorylaimida y Aphelenchida.

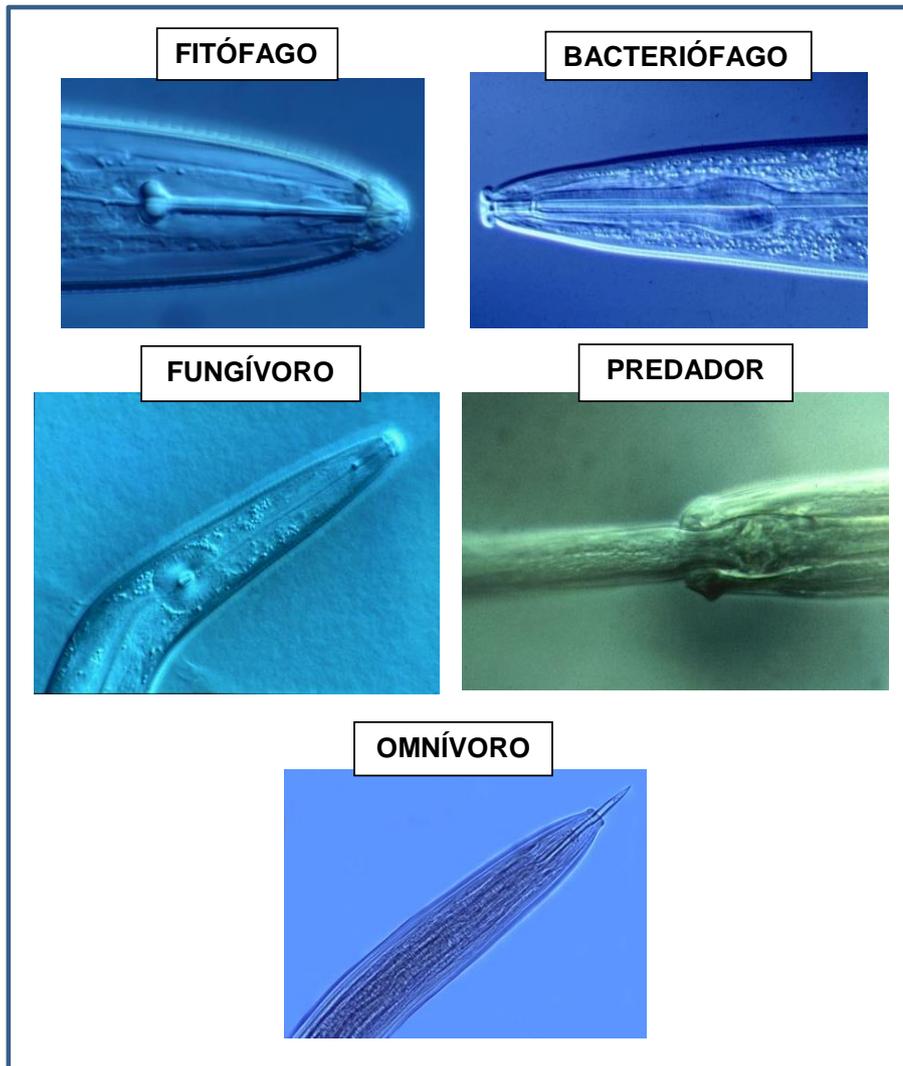


Figura N° 2.6: Clasificación de los grupos tróficos según hábito alimenticio, en base a la morfología de su aparato bucal (31).

2.9 Nematodos de vida libre como indicadores de calidad y salud del suelo

Los nematodos del suelo son organismos sensibles a la intervención humana y son utilizados como indicadores biológicos de disturbio y alteraciones en la calidad de los suelos. Cualquier indicador reflejaría la estructura y/o función de procesos ecológicos y respondería a

cambios en condiciones del suelo que resulten de las prácticas de manejo de las tierras (40).

Aparecen prácticamente en 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 (51).

Investigadores indican que la mayor abundancia está dada normalmente por los nematodos parásitos de las plantas y los nematodos libres de los suelos agrícolas (52). Estos autores reportan para suelos cultivados un promedio de 3000 individuos por 100g de suelo, de los cuales cerca de 900 son fitoparásitos. Tienen relaciones parasíticas con las plantas y sus raíces son los más conocidos de los organismos del suelo por el daño que ellos causan a cultivos agrícolas. La mayoría de nematodos de suelo son importantes como en procesos del ecosistema en la contribución directa de la mineralización y distribución de biomasa de nitrógeno dentro de la planta.

Participan en todos los niveles tróficos de redes alimenticias interactuando con cohabitantes tales como bacterias, protozoarios, hongos y microartrópodos, teniendo una importante influencia sobre procesos esenciales del suelo como también en el crecimiento de las plantas (53, 54 y 55).

En los últimos veinte años se ha prestado especial atención a los nematodos, ya que reflejan con sus variaciones poblacionales cambios en la estructura ecológica y funciones edáfica, de manera más predecible y eficaz que otros tipos de fauna del suelo (56).

2.10 El ambiente: Suelo- Planta-Nematodos

Las regiones tropicales y subtropicales, así como suelos arenosos y cálidos, son muy favorables para la invasión de nematodos, debido a que la aireación es más adecuada en suelos con partículas grandes.

Además, los cultivos perennes y los explotados en los mismos campos año tras año, sufren a menudo ataques tan graves por parte de los nematodos que apenas pueden recuperarse y sobrevivir (57).

El daño que pueden causar estos organismos está directamente relacionado con la especie y la cantidad de nematodos 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 (58).

En el suelo coexisten una diversidad de especies de nematodos, pero no todas parasitan plantas y su actividad en este facilitan la aireación y la circulación de componentes minerales y orgánicos del suelo (59).

La materia orgánica del suelo retiene agua y sirve de sustrato para los nematodos que junto con otros microorganismos la descomponen transformándola en humus.

2.11 Importancia de los nematodos como indicadores de suelos arenosos

Las partículas del suelo varían en tamaño, naturaleza y agregación a lo largo de las dimensiones horizontales y verticales del perfil del suelo. La variabilidad que presenta el estado sólido afecta el volumen, el intercambio, el flujo y las fluctuaciones diurnas y estacionales de las fases líquidas y gaseosas del suelo. La heterogeneidad espacial y temporal proporciona hábitat para una inmensa diversidad de organismos. Los más grandes, viven en canales naturales del suelo o crean túneles y cámaras.

Los más pequeños, incluso los nematodos, son principalmente acuáticos y viven en la película de agua existente entre las partículas del suelo.

Autores citan que dos componentes son definidos en el patrón de distribución espacial de nematodos: un macro que ocurre en escala generalizada de campo, afectada por variables ambientales y otro micro que ocurre en forma de manchas relacionado con ciclo de vida y estrategia de alimentación (60).

Las funciones ecológicas de los organismos del suelo incluyen la descomposición de la materia orgánica, la mineralización de nutrientes, la degradación de poluentes y la regulación de agentes patógenos de plantas.

Los nematodos por presentar un tamaño pequeño, tienen una limitada habilidad para modificar directamente la estructura del suelo, como así también la mineralización directa de la materia orgánica. Sin embargo se ha comprobado que en ecosistemas vírgenes, juegan un rol importante en la descomposición de la materia orgánica y en la disponibilidad de nutrientes a través de su interacción trófica con los microorganismos habitantes del suelo (61, 62 y 63).

Los nematodos bacteriófagos y fungívoros, a través de su actividad alimenticia y excretora, incrementan el reciclado y la mineralización de nutrientes que han sido inmovilizados por la microflora del suelo, tornando disponibles los nutrientes para las plantas y la población microbiana del suelo (61, 64 y 65). Además, tienen la capacidad de dispersar los microbios a través del agua y del suelo, alimentándose tanto de bacterias saprofitas como patogénicas, modificando la composición de la comunidad microbiana.

2.11.1 Prácticas que se realizan para la disminución de nematodos fitófagos. Sistema de Rotación para el área tabacalera

Los suelos del área para la producción de tabaco son en un 70% arenoso, predominando las unidades cartográficas Izoró, Carolina, Desmochado, Bravo y Yataytí Calle. En general levemente ácido, pobre en materia orgánica, bajos en fósforo y con excesivo uso. Normalmente, en los agrosistemas los procesos de liberación y absorción de nutrientes ocurren separadamente en el tiempo resultando una baja eficiencia en su uso. En los sistemas de agricultura de conservación se crea un nuevo equilibrio entre las propiedades del suelo (químicas, físicas y biológicas) y el ecosistema en su conjunto (suelo, agua y planta) y, por ende, se promueve un mejor equilibrio entre la mineralización, la inmovilización, la disponibilidad y las pérdidas, resultando en una mayor estabilidad biológica del suelo.

Las rotaciones de cultivos incrementan los rendimientos de los mismos, adicionan materia orgánica al suelo y mejoran su fertilidad. Los cultivos difieren por la cantidad y calidad de los residuos que producen y, por lo tanto, por sus efectos sobre las propiedades del suelo.

Por ejemplo, los cultivos de leguminosas y de oleaginosas producen menos residuos que se descomponen más rápido, tienen una razón C/N más baja y son más fáciles de manejar durante la siembra directa, comparados con los cereales.

Las rotaciones de cultivos pueden incluir cultivos comerciales y de cobertura. La rotación ideal en la Agricultura de Conservación es aquella en la cual los cereales y los pastos son diversificados con leguminosas, crucíferas, malváceas y otras. Este tipo de rotación causa la interrupción de ciclos de plagas y enfermedades, produce diferentes cantidades y tipos de residuos, facilita el manejo de los residuos, mejora los ciclos nutrientes y varía las épocas de siembra.

Durante la planificación de una rotación de cultivo para la Agricultura de Conservación es necesario: alternar un cultivo de granos con uno de leguminosas u oleaginosas, alternar un cultivo que produce gran cantidad de residuos con uno que produce pocos residuos y determinar si el cultivo es rentable y si es costo/efectivo. Es recomendable la rotación de cultivos con cereales como las avenas negra y blanca, con cultivos de ciclo corto como maíz.

2.11.2 Dispersión de los nematodos

Muchas de las especies de nematodos 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 (66).

Muchos nematodos saprófagos recurren a insectos coprófagos para desplazarse de un hábitat a otro.

El agua de riego es uno de los medios más eficientes para dispersar nematodos en los cultivos, ya que los arrastra junto con partículas de suelo y los deposita en otros lugares (67).

También se ha comprobado que las napas subterráneas pueden arrastrar nematodos de un campo a otro. Las poblaciones de nematodos parásitos de plantas 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 nematodos (57).

2.11.3 Movimiento en el suelo

Los nematodos se movilizan en el suelo muy lentamente por su propia capacidad. La distancia total que recorre un nematodo no excede de un metro por estación (68).

Los nematodos 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; los movimientos implican siempre a todo el cuerpo.

2.12 Índices ecológicos como indicadores de biodiversidad

Hay pocas herramientas disponibles para diagnosticar y medir la ecología del suelo y las interacciones que ocurren. Una muestra de un ecosistema agrícola puede contener más de 50 taxones de nematodos en variadas proporciones (14) por ello es necesario reunir esa complejidad en un valor único o índice. Los nematodos del suelo están integrados con las propiedades físicas, químicas y biológicas.

- **Índices de diversidad:**

Índice de Diversidad Shannon-Weinner (H'): La diversidad es una medida de los diferentes tipos de nematodos presentes en el suelo. El rango de diversidad se encuentra entre 0-4, valores cercanos a cero indican baja diversidad, valores de 2 están en un rango medio y valores por encima de 2,5 son considerados altos.

Índice de Dominancia (Simpson) (λ): Es una medida de cómo una especie puede dominar la comunidad de nematodos. Un alto valor, indica más dominancia de una de las taxas de nematodos en la comunidad del suelo. Este varía de 0 a 1. Valores cercanos a 1 son considerados dominantes y valores cercanos a 0 son considerados no dominantes.

Índice de diversidad trófica (T): este toma valores de 0 a 1. Cuanto este valor es menor a 1 expresa más diversidad y cuando es mayor a 1 hay menor diversidad y por lo tanto un solo grupo trófico predomina en el suelo.

- **Índices para la evaluación del suelo:**

Investigadores dividieron a los nematodos del suelo en una serie desde los colonizadores “**c**” hasta los persistentes “**p**”, asignándoles un valor “**cp**” (colonizador persistente) en una escala de 1 a 5 (21). Los colonizadores cp 1 se caracterizan por tener tiempos generacionales cortos, producen muchos huevecillos pequeños, siempre están activos, presentan **dauerlarvae** o estadios de sobrevivencia y crecen bajo condiciones de riqueza de alimento. Las características reproductivas de los oportunistas generales (cp 2) son menos extremas. La alimentación sobre las bacterias parece más deliberada, y estos bacteriófagos cp 2 no presentan una fase de **dauerlarvae**. Por el contrario, los persistentes cp 5 se distinguen por tiempos generacionales largos, la producción de pocos huevecillos, pero muy grandes, baja movilidad, ausencia de dauerlarvae y elevada sensibilidad ante la presencia de contaminantes y otros factores de perturbación (69).

Los taxas de las diferentes clases cp difieren en la amplitud ecológica, los grupos de más bajo cp se presentan en ambientes terrestres, de agua dulce y marino, mientras que los taxas de nematodos de los grupos cp más altos, generalmente tienen una amplitud ecológica más estrecha, bosques, praderas u ambientes sin perturbación (14).

En base a estos conceptos, se han utilizado varios índices para la evaluación del suelo, el índice de Madurez (IM)(que incluye únicamente nematodos de vida libre), (Tabla N° 2.2) y el índice Parasito de Plantas (IPP)(los que incluye únicamente parásito de plantas), (Tabla N° 2.3). Para medir el nivel de perturbación del suelo (67), $\sum (vi \cdot fi)/n$ (donde v = valor cp de 1 a 5 para el género i y f es la frecuencia relativa del género i. El cociente IPP/IM se utiliza como indicador de fertilidad del suelo.

Índice de Madurez (IM): para un determinado suelo, fue definido como el peso medio de los valores cp de los individuos en una

muestra representativa de suelo (21). En la práctica, los valores de IM para suelo sujetos a niveles variables de perturbación varían de menos de 2,0 en los sistemas perturbados enriquecidos a 4,0 en los ambientes prístinos. Las prácticas agrícolas, tales como incorporar materiales orgánicos (por ejemplo, estiércol) estimulan la actividad microbiana y proporcionan los recursos para las especies de nematodos oportunistas (70).

Cuanto mayor es el valor del índice de madurez, menor se considera el nivel del disturbio del ambiente.

Índice de Parásito de Plantas (IPP): Es propuesto como un indicador de la condición del ecosistema del suelo en cuanto a nematodos parásitos de plantas. Los fitoparásitos presentan menor tasa de reproducción que los bacteriófagos, responden al enriquecimiento (fertilización) de las plantas hospedadas. Por lo tanto, el equivalente del IM para los nematodos fitoparásitos es calculado separadamente. Este índice tiende a responder de forma inversa al IM en ambientes enriquecidos (71).

Tabla N° 2.2: Familia y valores de cp utilizados para el Índice de Madurez (21).

Familia	valor cp	Familia	valor cp
Alloionematidae	1	Odontolaimidae	3
Diploscapteridae	1	Aulolaimidae	3
Bunonematidae	1	Bastianiidae	3
Cephalobidae	2	Prismatolaimidae	3
Ostellidae	2	Ironidae	4
Panagrolaimidae	1	Tobrilidae	3
Myolaimidae	2	Onchulidae	3
Teratocephalidae	2	Tripylidae	3
Diplogasteridae	1	Alaimidae	4
Neodiplogasteridae	1	Bathyodontidae	4
Diplogasteroididae	1	Mononchidae	4
Tylopharyngidae	1	Anatonchidae	4
Odontopharyngidae	1	Nygolaimidae	5
Monhysteridae	1	Dorylaimidae	4
Xyalidae	2	Chrysonematidae	5
Linhomoeidae	3	Thornenematidae	5
Plectidae	2	Nordiidae	4
Leptolaimidae	3	Oudsianematidae	4
Halaphanolaimidae	3	Aporcelaimidae	5
Diplopeltidae	3	Belonidiidae	5
Rhabdolaimidae	3	Actinolaimidae	5
Chromadoridae	3	Discolaimidae	5
Hypodontolaimidae	3	Leptonchidae	4
Choanolaimidae	4	Diphtherophoridae	3
Neotylenchidae	2	Achromadoridae	3
Anguinidae	2	Ethmolaimidae	3
Aphelenchidae	2	Cyatholaimidae	3
Aphelenchoididae	2	Desmodoridae	3
Rhabditidae	1	Microlaimidae	3

Tabla N° 2.3: Familia y valores de cp utilizados para el Índice Parasito de Plantas (IPP) (21).

cp2	cp3	cp4	cp5
Tylenchidae	Dolichodoridae	Trichodoridae	Longidoridae
Psilenchidae	Hoplolaimidae		
Tyloporidae	Pratylenchidae		
Ecphyadophoridae	Heteroderidae		
Paratylenchidae	Hemicycliophoridae		
Anguinidae			

2.12.1 Fórmulas de los índices

*Índice de Diversidad $H' = -\sum p_i \log p_i$ Ecuación N°1

Donde H' es el índice de Diversidad de Shannon-Wiener, p_i es la abundancia proporcional de la misma especie, representa la probabilidad de que un individuo de la especie i esté presente en la muestra.

*Índice de Dominancia de Simpson $D_s = \sum (p_i)^2$ Ecuación N°2

Donde D_s es el índice de Dominancia de Simpson y p_i es la abundancia proporcional de la misma especie, representa la probabilidad de que un individuo de la especie i esté presente en la muestra.

*Índice de diversidad trófica $T = 1/(\sum p_i^2)$ Ecuación N°3

Donde T es el índice de diversidad trófica y p_i es la abundancia proporcional de la misma especie, representa la probabilidad de que un individuo de la especie i esté presente en la muestra.

*Índice de Madurez $IM = \sum (v_i * f_i) / n$ Ecuación N°4

Donde IM es el índice de Madurez donde v = valor cp de 1 a 5 para el género i y f es la frecuencia relativa del género i y n población total de nematodos de vida libre.

*Índice de Parásito de Plantas $IPP = \sum (v_i \cdot f_i) / n$ Ecuación N°5

Donde **IPP** es el índice de Parásito de Plantas **v** es el valor de cp de 1 a 5 para el género **i**, **f** es la frecuencia relativa del género **i** y **n** población total de nematodos parásito de plantas.

CAPITULO 3. MATERIALES Y METODOS

La investigación fue realizada en suelos de la comunidad rural de Ifrán (Goya, Corrientes), es del tipo descriptivo experimental y se desarrolló según lo expuesto a continuación.

3.1 Selección de los sitios: descripción del paraje.

El paraje Ifrán está ubicado en la primera sección del departamento Goya, a una distancia de 42 km del mismo. Al norte limita con el departamento de Lavalle (Yataytí-Calle), noroeste con paraje Crucecitas, al sur con paraje Maruchas, al sureste con paraje Maruchitas, al oeste con paraje Paranacito e Isabel Victoria y al Este con paraje Batel.

Los suelos agrícolas de este paraje se encuentran agotados y desgastados, con años de monocultivo y la implementación de agroquímicos, tanto en la producción tabacalera y de cultivos bajo cobertura (tomate, pimiento). También podemos observar extensos e importantes lugares en buen estado con sectores vírgenes como montes o campos con hectáreas que no fueron explotados con agricultura. La calidad del suelo va variando por sectores arenoso y un tanto más arcilloso en proximidades de esteros.

Posee un clima subtropical, con ambientes que conservan perfectamente su flora: variedades de hierbas, arbustos y árboles. Es muy fácil de hallar también importantes hierbas medicinales en los campos naturalmente.



Figura N° 3.1: Ubicación geográfica del departamento Goya, Paraje Ifrán, con la distancia entre los sitios de muestreo. Fuente: Google Earth

Se seleccionaron dos sitios de muestreo separados por 8,30 km, a las que se les llamó, sitio 1 y sitio 2 (ver figura N°3.1). Se determinaron las áreas de estudio y se ha registrado la historia agrícola de los mismos, antes y durante las actividades de muestreo mediante preguntas a los productores, de ahí surgieron las tres diferentes intensidades de uso de suelo en cada sitio. (Ver figuras N°3.2 y 3.3)

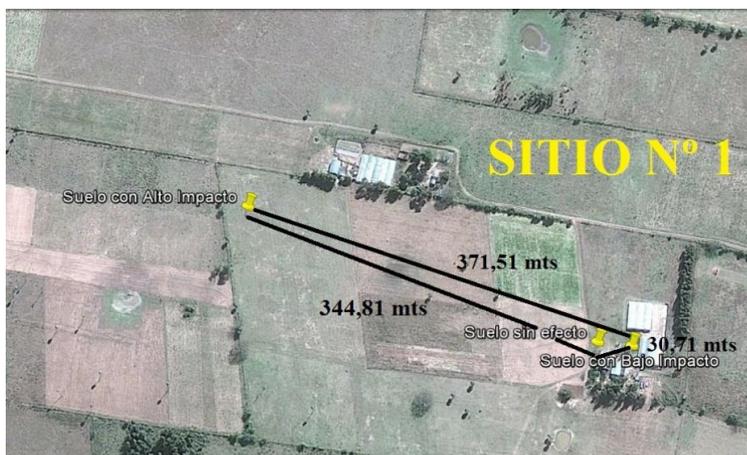


Figura N°3.2: Imagen del Sitio N° 1, con las distancias en metro de los suelos con diferentes intensidades de uso. Fuente: Google Earth



Figura N°3.3: Imagen del Sitio N° 2, con las distancias en metro de los suelos con diferentes intensidades de uso. Fuente: Google Earth

3.2 Suelos con diferentes intensidades de uso:

Llamamos suelos con diferentes intensidades de uso a los suelos que sufrieron distintos manejos, en cuanto a la actividad productiva, a la utilización de maquinaria agrícola, a las labores culturales realizadas por el hombre con su intervención modificando las características originales de los suelos.

Se observa en las figuras N° 3.4 y 3.5 los suelos con diferentes intensidades de uso, para los sitios 1 y 2.

En el **sitio N°1** el **suelo sin efecto antrópico (SSEA)** es aquel que se eligió como un lugar inalterado hace muchos años, aproximadamente 18 años sin agricultura. Antes toda la zona recibía labores culturales para la producción de tabaco (ver figura N° 3.4.a).

El **suelo con bajo impacto (SBIA)**, es el lugar donde se encuentra la huerta orgánica, se caracteriza por tener un manejo orgánico de más 7 años, se realizan asociaciones de cultivos, fertilizaciones con estiércol de vaca u oveja directamente en la preparación del suelo

(armado de los tablonos) y preparados caseros para el control de plagas (figura N° 3.4. b).

El lugar que se tomó como situación **suelo con alto impacto antrópico (SAIA)**, figura N° 3.4. c) es aquel que corresponde al lugar donde está la chacra, su historia es de 40 años de rotación tabaco-maíz, en el año 2012 se comenzó con un esquema de rotación tabaco/ mostaza/ maíz/avena negra, con el fin de disminuir la población de nematodos parásitos de plantas (ver tabla 3.2). En el caso del cultivo de la mostaza su ciclo productivo duró 4 meses (120 días), su fructificación es rápida entre los meses de julio y agosto, su principio activo es el alilglucosinolato, éste compuesto la planta lo produce como defensa frente a los herbívoros por su carácter agresivo. En el año 2013 se sembró maíz y al término de este cultivo se preparó el suelo y en el mes de mayo para la siembra de la avena, con el fin de incorporarlo al suelo antes de la madurez de los nematodos para su control.



Figura N°3.4: Sitio N° 1 a- Suelo sin efecto antrópico; b- Suelo con bajo impacto antrópico y c- Suelo con alto impacto antrópico.

En el **sitio N° 2** la situación del **suelo sin efecto antrópico (SSEA)** pertenece a un lugar que hace más de 18 años que no se modificó las condiciones naturales del suelo, la ubicación de este lugar fue al lado de un galpón, que está acondicionado para el secado de las hojas de tabaco, esto trae como consecuencia que es un lugar de tránsito de las personas involucradas en las tareas de la chacra (ver figura N°3.5. a).

El **suelo con bajo impacto antrópico** en este sitio es el lugar donde se encuentra la huerta, que en los momentos de muestreo en esta

estaba implantado tablonces de lechuga, en cuyo suelo se incorpora periódicamente estiércol de vaca. Años anteriores (2005 a 2011) ese lugar era destinado para realizar los almácigos de tabaco, en estos casos se desinfectaba el suelo y se dejó de hacer en dicho lugar por problemas de nematodos en los plantines (ver figura N°3.5. b)

El **suelo con alto impacto antrópico (SAIA)** es un lugar que se destinó a plantar tabaco y rotarlo con maíz, muchos años de esta rotación de estos cultivos hasta el año 2012. Al momento de los muestreos este lugar se hallaba sin ningún tipo de movimiento de suelo “tierra descansada” por problemas de síntomas de nematodos (ver figura N°3.5. c).



Figura N°3.5: Sitio N° 2 a- Suelo sin efecto antrópico; b- Suelo con bajo impacto antrópico y c- Suelo con alto impacto antrópico.

Tabla N° 3.1: Breve descripción de los sitios seleccionados para el muestreo.

SITIOS	SITUACIÓN / UBICACIÓN	CLASE TEXTUAL	HISTORIA DEL LOTE	CONTROL MALEZA
S1	SSEA Lat. 29° 4'56,61"(Sur) Long. 58°58'10,32"(Oeste)	Arenoso	Suelo sin agricultura 18 años	
	SBIA Lat.29° 5' 92"(Sur) Long.58° 57'58,19 (Oeste)	Arenoso	Huerta orgánica 7 años con asociación, rotación e incorporación de abono orgánico	Estiércol de vaca u oveja
	SAIA Lat. 29°4'56 85"(Sur) Long. 58° 58' 9,95"(Oeste)	Arenoso	40 años de rotación de Tabaco-Maíz 2012 Tabaco 2013 Mostaza-Maíz 2014 Avena-Tabaco	Estiércol Fertilización NPK Herbicida
S2	SSEA Lat. 29° 6' 15,86"(Sur) Long. 59° 2' 50,96" (Oeste)	Arenoso	Suelo sin agricultura 18 años	
	SBIA Lat.29° 6' 27"(Sur) Long.59° 2' 2,84" (Oeste)	Arenoso	Huerta. Un tablón de Lechuga, zapallo 2005 a 2011 (almacigo de tabaco)	Estiércol de vaca u oveja Desinfección con Agroquímicos
	SAIA Lat.29° 6' 16,8"(Sur) Long. 59° 2' 45" (Oeste)	Arenoso	Muchos años de rotación Tabaco-Maíz	Estiércol Fertilización NPK

3.3 Momentos de muestreo

Para la toma de las muestras de suelo se determinaron tres momentos de muestreo: primavera 2014 (05/12/2014), verano 2015(24/02/2015) y otoño 2015 (13/05/2015), coincidiendo con las etapas de mayor crecimiento de raíces y de mayor densidad de nematodos en el suelo respectivamente

3.4 Registro de precipitaciones:

Se realizaron mediciones en cuanto a las precipitaciones registradas en la zona primera sección, paraje Ifrán, departamento Goya Corrientes, desde el mes de julio 2014 hasta el mes de junio 2015, tiempo en que transcurrió la investigación y se comparó con un promedio histórico de registros de 10 años tomado por la EEA Bella Vista desde el 2005 al 2014.

3.5 Análisis de fertilidad de suelos:

El análisis de suelos es una herramienta fundamental para evaluar la fertilidad del suelo y su capacidad productiva, es la base para definir la dosis de nutrientes a aplicar. Para que el dato analítico reportado por el laboratorio sea útil, es imprescindible realizar un adecuado muestreo de suelos, ya que en esta etapa es donde se define la exactitud de los resultados del análisis de suelos (73).

Un análisis de fertilidad global de suelo incluye: pH; Fosforo asimilable (P); Bases de intercambio: Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Potasio (K) y Sodio (Na); Materia Orgánica (MO), Carbono Orgánico (CO), Nitrógeno Total (NT) y Conductividad Eléctrica (CE) y cada una está analizada por un método diferente, para ello existen tablas de referencias donde se puede estimar la disponibilidad de nutrientes del suelo analizado (ver ANEXO A.1).

Para este trabajo se realizaron muestreos de suelo antes de comenzar el estudio, en ambos sitios (1 y 2), en los suelos con alto impacto antrópico (chacra) y en los suelos sin efecto antrópico, los

mismos fueron llevados al Laboratorio de Suelo, Agua y Vegetales para su posterior análisis de fertilidad.

3.6 Protocolo de la muestra desuelo:

Se recorrieron los lotes con diferentes intensidades de uso y en cada una de ellos se tomaron 5 submuestras, previa limpieza de la superficie del suelo para posterior extracción. Las muestras se tomaron con una pala a una profundidad de 20 cm (capa arable). Se colocaron las 5 submuestras de suelo en un balde de plástico limpio, se mezclaron y embolsaron con sus respectivas etiquetas. (Ver figura N°3.6).

Finalmente fueron enviadas al laboratorio de Nematología del INTA Bella Vista. Cabe aclarar que, la maestrando, como integrante de la Institución, tiene acceso al mismo.



Figura N° 3.6: 1) Tipo de muestreo: Zigzag; 2) Toma de muestras simples; 3) Recolección de muestras simples en balde; 4) Muestra compuesta-identificada

3.7 Procesamiento de muestras para extracción de nematodos

Con el acompañamiento del responsable del Laboratorio de Nematología se procesaron las muestras para extracción de nematodos:

Extracción de nematodos:

- Primera parte: Flotación-Tamizado: La muestra de suelo se mezcla completamente y se toma una alícuota de 100 cc que se mezcla en probeta con 900 ml de agua, se procede a la agitación durante 30 segundos y se deja reposar 2 minutos para que las partículas del suelo sedimenten. Esta suspensión se pasa a través de tamiz N° 325, se colectan los nematodos.

Segunda parte: 1^{er} centrifugado: de esta última suspensión de nematodos se puede eliminar aún más partículas de suelo mediante un método modificado de centrifugación con flotación de azúcar (74). En este procedimiento, la suspensión acuosa se centrifuga primero a 3.500 RPM durante 5 minutos y el sobrenadante se descarta. 2^{do} Centrifugado: para realizar una segunda centrifugación, se procede a la preparación de una solución azucarada, (agregar azúcar a 700cc de agua caliente a 70 °C, agitando). Una vez pesado el vaso de centrifuga se agrega la solución azucarada y se homogeniza, esto se coloca en la centrifuga nuevamente. Al finalizar el centrifugado se pasa la solución sobrenadante por un tamiz N° 325. Los nematodos que se retienen sobre la malla se lavan y arrastran con agua para luego colectarse en una caja de recuento.

Fijación y conteo de nematodos:

Después del conteo total de nematodos de vida libre, en cada muestra de suelo se procedió a la identificación de los grupos tróficos de acuerdo a la cavidad bucal, identificando

principalmente la ausencia o deformación del estilete que es una característica distintiva de los nematodos de vida libre.

Observación en lupa y posteriormente en microscopio

Primero se hace un reconocimiento bajo lupa 10x o 20x y allí es donde se dividen según el hábito alimenticio, morfología de la cavidad bucal y presencia o ausencia de estilete y luego se toma una alícuota con pipeta para identificar con mayor detalle en microscopio el género.

Informe:

En el informe figuran los siguientes datos: Identificación de familias y géneros y el número total de Nematodos parásitos de plantas (NPP) con recomendaciones de prácticas de manejo para bajar las poblaciones NPP

En la Figura N° 3.7 se puede observar el esquema de protocolo seguido en el laboratorio una vez que se reciben las muestras y los pasos posteriores hasta la entrega del informe con la identificación de los generos y recomendaciones de acuerdo a lo identificado.

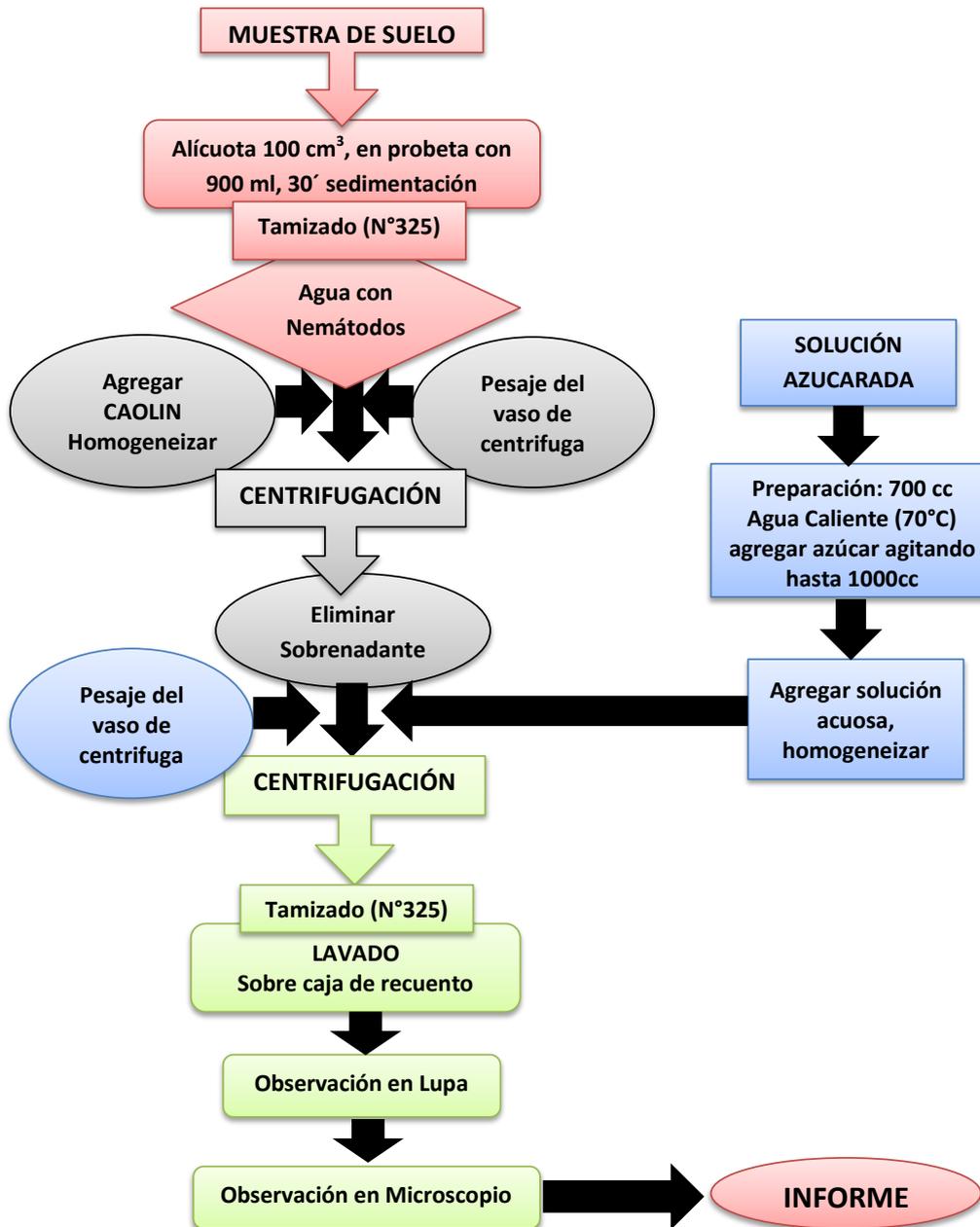


Figura N° 3.7: Esquema del protocolo que se utiliza en el laboratorio de nematología de la EEA Bella Vista.



Figura N° 3.8: Descripción del método de análisis en el laboratorio para extracción de nematodos de suelo. 1) Recepción de muestras, 2 y 3) Flotación y Tamizado, 4) Centrifugación-separación y 6) Observación al microscopio.

3.8 Análisis descriptivo experimental. Variables evaluadas

Se realizó un análisis de varianza con el conjunto de datos que se obtuvieron de las mediciones de ambos sitios de muestreo.

Las variables analizadas fueron:

*Total de Nematodos Parasito de Plantas, Total de Nematodos de Vida Libre y Total Nematodos, para los tres momentos de muestreo, en estos casos, como el coeficiente de variación fue muy alto se trabajó transformando los datos en logaritmo en base 10 (ver ANEXO A 2).

*Índices de Madurez de Nematodos de Vida Libre (IM), Índices de Madurez de Nematodos de Parásito de Plantas y la relación entre IPP/IM (ver ANEXO A. 3).

Se analizaron también los índices de: Diversidad Trófico (T), Shannon (H') y Dominancia de Simpson (Ds), en estos casos no se vieron

diferencias significativas, esto podría interpretarse como la falta de diversidad en los suelos analizados (ver ANEXO A 3.4).

CAPITULO 4.RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Registro de precipitaciones

En la tabla 4.1 se presenta el registro de precipitaciones tomados en el paraje Ifrán (primera sección) desde julio de 2014 a junio 2015, período en el que transcurrió la investigación y un promedio de 10 años obtenidos de la base de información de la EEA INTA Bella Vista con el fin de comparar los datos que se tomaron en el año de estudio.

Tabla N°4.1: Precipitaciones mensuales en mm registradas en primera sección Ifrán, departamento Goya Corrientes y comparación con el promedio histórico tomado por la EEA Bella Vista desde el 2005 al 2014.

Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
2014							35	205	220	105	59	580	1771
2015	307	230	62	0	83,5	48							
10 años	151,6	159,6	132,8	147,1	81,0	47,8	29,9	37,2	54,8	164,3	130,4	162,4	1299

Como podemos observar en la figura N° 4.1 al comparar los datos del registro de precipitaciones del periodo de estudio con el promedio de 10 años podemos decir que fue un año atípico ya que en los meses de diciembre 2014 a febrero 2015 se produjeron abundantes precipitaciones que superaron el promedio de la media anual.

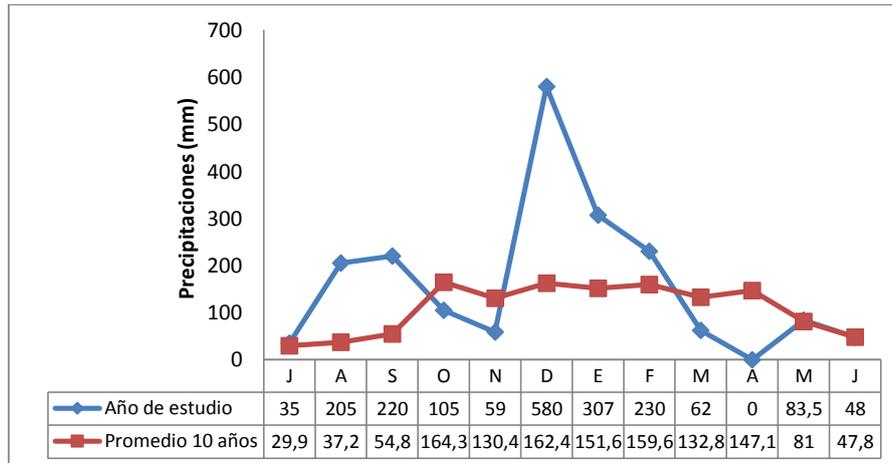


Figura N° 4.1: Comparación entre los valores de las precipitaciones ocurridas en el periodo de estudio (julio 2014 a junio 2015) y el promedio de 10 años registrados en la EEA Bella Vista.

4.2 Análisis de Fertilidad Global de suelos

Los resultados reflejaron que en ambos sitios los suelos presentan bajos contenidos en bases de cambio y de materia orgánica, así como también de nitrógeno total, el pH en todos los casos va de moderadamente ácido a fuertemente ácido, estos valores son característicos de los suelos de textura arenosa, pobres en nutrientes.

En el caso de los contenidos en fósforo asimilable podemos decir que en ambos sitios los suelos con alto impacto presentaron valores medios, respecto a los suelos sin efecto antrópico, esto podría explicarse por el manejo que se le da a la chacra, ya sea fertilizando con productos químicos o con el abono orgánico, ya que los suelos arenosos de la provincia son deficientes en este elemento (ver tabla N°4.2).

Tabla N° 4.2: Resultado del análisis de suelo de los sitios 1 y 2 en suelos con alto impacto y sin efecto antrópico. Laboratorio de Suelos, Aguas y Vegetales EEA INTA Corrientes.

Identificación	pH	P	Ca	Mg	K	Na	MO	CO	NT	CE
		ppm	cmol/kg			%			Mmho/cm	
Suelo con alto impacto antropico (Sitio 1)	5,5	17,16	0,2	0,2	0,09	0,25	0,34	0,20	0,02	0,01
Suelo sin efecto antropico (Sitio 1)	5,9	2,90	0,4	0,2	0,08	0,24	0,41	0,24	0,02	0,03
Suelo con alto impacto antropico (Sitio 2)	5,1	8,36	0,2	0,2	0,02	0,16	0,34	0,20	0,02	0,01
Suelo sin efecto antropico (Sitio 2)	5,5	2,03	0,2	0,2	0,05	0,20	0,25	0,15	0,01	0,01

pH: potenciómetro. Relación suelo: agua 1:2.5

Conductividad eléctrica (CE): conductímetro. Relación suelo: agua 1:2.5

Fósforo (P): Bray & Kurtz 1 IRAM 29570-1. Espectrofotómetro UV (Metrolab 1600 plus). Expresado en ppm

Cationes: Extractante Acetato de Amonio 1 N.

Ca y Mg: por complejometría con EDTA. Expresados en cmol(+).kg-1.

K y Na: por fotometría de llama Fotómetro de llama Zeltec. ZF 250. Expresados en cmol(+).kg-1.

Carbono Orgánica (CO): Método Walkley & Black. Expresado en porcentaje (%).

Nitrógeno Teórico (NT): Se multiplica el valor de la materia orgánica por el factor 0.05. Expresado en %.

Materia Orgánica (MO): Se multiplica el valor del carbono orgánica por el factor 1,72. Expresado en %.

4.3 Grupos tróficos

Existen 5 grupos tróficos de nematodos en el suelo. Estas comunidades no permanecen estacionarias en el tiempo y según las regiones donde se encuentren pueden estar ausentes algunos grupos. El suelo también tiene mucha variabilidad en diferentes épocas del año.

Se puede analizar por separado cada grupo trófico presente.

4.3.1 Géneros de Nematodos Parásito de Plantas (Fitófagos)

Los géneros nematodos parásito de plantas son afectados por la naturaleza de la rizósfera, o el medio ambiente de la superficie de la raíz, esto incide en su orientación, movimiento, penetración, alimentación y reproducción.

En el Sitio N°1, dentro del grupo Trófico de nematodos de parásito de plantas, se destaca la presencia de *Helicotylenchus* (ver ANEXO B

1.4), él mismo aparece con una población alta (38 individuos), en el primer momento de muestreo en el SSEA (suelo sin efecto antrópico) y el SBIA (suelo con bajo impacto antrópico), este último con menor número de individuos (ver figura N°4.2). Se evidencia la ausencia en el SAIA (suelo con alto impacto antrópico) de este género. En los posteriores muestreos su presencia solo se observa en el SSEA. Este género es ectoparásito radical migratorio que vive fuera de la plantas y perforan el tejido de la raíz con su estilete; a veces insertan la parte anterior de su cuerpo en el tejido de la planta con el fin de la alimentación recibe el nombre de nematodo espiral, son especies polífagas. Las hembras introducen parte de su cuerpo en el tejido, conservan su aspecto vermiforme, depositan los huevos, libremente en el suelo, se alimentan de células no modificadas y todos sus estados de desarrollo son parasíticos.

La población de *Meloidogyne*, es otro género que se destaca en el primer momento de muestreo, su presencia es mayor en SSEA, le sigue el SBIA y en menor medida SAIA, en el segundo momento hay ausencia de este género y vuelve a aparecer en el último muestreo en todos los suelos con diferentes intensidades de uso de manera equilibrada entre ellos (ver figura N° 4.2). *Meloidogyne* pertenece a la familia Heteroderidae, son endoparásitos porque incluyen la totalidad de su cuerpo dentro del tejido vegetal, las hembras globosas se fijan y se alimentan de células gigantes y causan un crecimiento anormal del tejido (agallas). Se alimentan de un amplio rango de hospedadores, incluyendo casi todos los cultivos hortícolas. Generalmente pasan el invierno en suelo en forma de huevos dentro de masas gelatinosas. En primavera conforme la temperatura del suelo se incrementa, los juveniles de segundo estado (J2s), eclosionan, emigran a través del suelo y penetran en las raíces de las plantas hospedadoras, de allí su alta presencia en el primer momento de muestreo, donde establecen sitios de alimentación. Durante el crecimiento, los juveniles van engrosando y mudando hasta convertirse en adulto (hembras o

machos). Los machos filiformes abandonan la raíz pues no se alimentan. Las hembras producen hasta 3000 huevos envueltos en una masa gelatinosa. Generalmente los nematodos agalladores completan su ciclo en menos de un mes dependiendo de la temperatura del suelo y por lo tanto pueden tener hasta varias generaciones durante un cultivo.

Los géneros *Meloidogyne* y *Helicotylenchus* en el último muestreo están iguales en números de individuos, tres cada uno, las condiciones de saturación del suelo han mejorado. Se podría interpretar que han encontrado su fuente de alimento lo que le ha permitido sobrevivir.

El género *Hoplolaimus* aparece en el SBIA y SAIA, en este último en mayor número de individuos en los dos últimos momentos de muestreo. Si bien se han mantenido las condiciones de humedad del suelo, las labores culturales realizadas, y el aporte de materia orgánica al suelo ha contribuido a la disminución de parásitos porque la liberación de amonio es tóxica y variable con la cantidad aplicada. Se observa en el SBIA un solo individuo del género *Hoplolaimus* (ver ANEXO B 1.5).

Belonolaimus, al igual que el género *Helycotylenchus* pertenece a la familia *Hoplolaimidae*. La mayoría de este género se encontró en el primer muestreo en los SSEA y en menor número en el SBIA. Se lo conoce como nematodo aguijón, ectoparásito migratorio, durante todo el ciclo de vida, se alimenta manteniendo su cuerpo fuera del tejido de la planta, de partes profundas de las raíces utilizando sus estiletes largos. Éste género no queda estacionario, tiene la capacidad de moverse hacia nuevos sitios de alimentación. Requiere por lo menos un 80 % de contenido de arena para sobrevivir siendo su hábitat favorito los suelos arenosos, con temperaturas óptimas entre 25 y 30°.

Dentro de la familia *Longidoridae*, orden *dorilaimidos*, existen los géneros *Xiphinema* y *Longidorus*, los cuales se distinguen por la

estructura del odontoestilete, odontóforo y la posición del anillo guía. Son de gran importancia en los trópicos y sub trópicos, cuentan con especies que pueden asociarse a vegetales cultivados o vegetales no cultivados o ambas a la vez.

Xiphinema es una especie que fue hallada en la provincia de Corrientes, en suelo con plantaciones de cítricos (75). Esta no permite el crecimiento de la raíz donde se alimenta. Aparece en el primer muestreo en todas las situaciones de intensidades de uso de suelo, haciendo un pico en SAIA. Estos son transmisores de virus que causan graves enfermedades a las plantas provocando pérdidas muy importantes. Es polífaga y su cuerpo es vermiforme y grande, posee un estilete en su parte anterior, con el que perfora el tejido de la raíz de la planta para alimentarse, por ello se los conoce como nematodo daga (ver ANEXO B 1.1) y a Longidorus nematodo aguja. La probabilidad de infección es mayor en primavera y otoño, coincide la presencia de Longidorus en el último muestreo en el SAIA por tal motivo. La rotación de cultivo es factible debido a que los hospederos de Xiphinema están bien definidos, presentan una gran longevidad con ciclos de vida que pueden alcanzar los tres años.

Aparece un individuo del género Mesocriconema en el tercer muestreo en el SSEA. Perteneciente a la familia Criconematidae, se caracteriza por su cuerpo corto robusto e intensamente anillado, de movimientos lentos, el estilete es muy largo en comparación con la longitud del cuerpo y con los nódulos basales con proyecciones hacia la parte anterior (ver Anexo B 1.2). Es un ectoparásito de hábitos alimenticios externos a las raíces, son de distribución mundial, asociados a diferentes cultivos, especialmente leñosas y gramíneas.

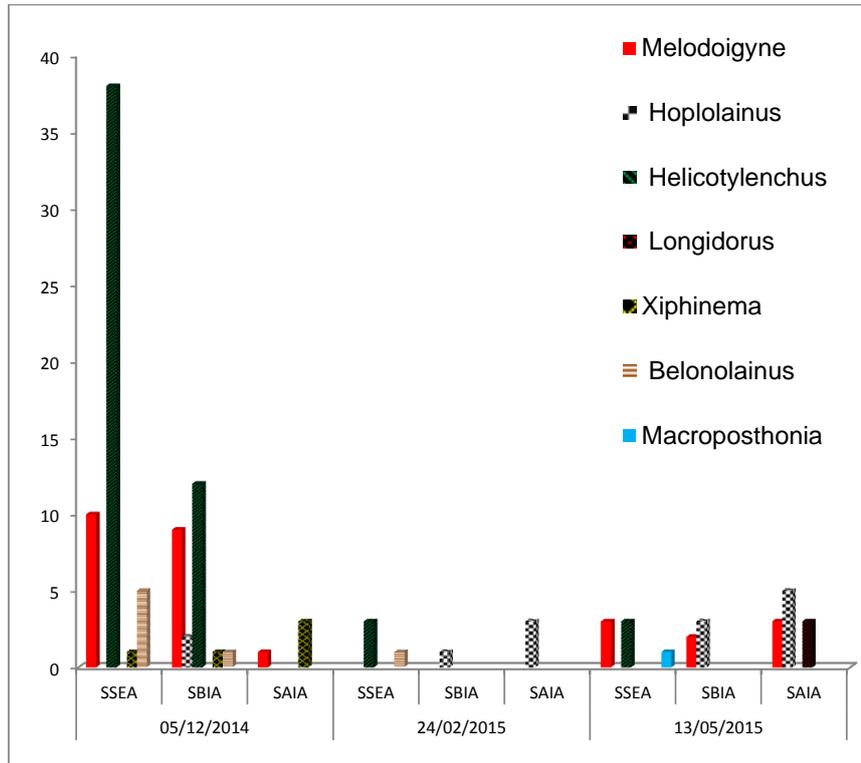


Figura N° 4.2: Géneros de Nematodos Parásito de Plantas (NPP) encontrados en el Sitio N°1, según los tres momentos de muestreo en las diferentes intensidades de uso de suelo.

El suelo se encuentra con las condiciones de humedad suficiente y después de las precipitaciones de los meses de marzo - mayo se pudo realizar las labores culturales para una nueva siembra.

Medios de diseminación: los nematodos fácilmente son introducidos en lotes vírgenes por medio del suelo y rizomas, usualmente en plantaciones viejas infestadas (76). En relación a esta afirmación del autor podemos decir que coincide con la investigación llevada a cabo en lo que se refiere al sitio 1 ya que en el mismo hace muchos años hubo cultivo de tabaco.

En el suelo con alto impacto antrópico (SAIA) el manejo de ese suelo a través de las diferentes rotaciones y labranzas reducidas ha disminuido la presencia de nematodos parásitos, lo que significa que

el ambiente del suelo es perjudicial a la vida por efectos de temperatura alta y poca humedad.

En verano hay mucha variabilidad climática. El agua y la temperatura provocan cambios frecuentemente. El suelo en condiciones de saturación después de grandes precipitaciones disminuyó el número de individuos. También se podría explicar por la falta de fuente de alimentos lo que les impidió su mecanismo de reproducción.

En el Sitio 2 el género *Helicotylenchus*, una especie tropical o subtropical y vive también en el pasto, es el que más presencia tuvo en este sitio, con mayor número de individuos. En el primer muestreo de primavera se encontraron en el SSEA y en el segundo muestreo de verano en los suelos SSEA y SAIA, en este caso tomando valores muy elevados en comparación al resto de las especies, las condiciones le resultaron favorables para desarrollarse, al ser una especie del tipo ectoparásito migratoria, se evidencia su presencia en estaciones más húmedas y calurosas. En el último muestreo de otoño también se encontraron en los SSEA y SAIA pero en un número bajo de individuos, que al no encontrar plantas susceptibles que le sirvan de alimento no pudo sobrevivir a las condiciones desfavorables (ver figura N° 4.3).

En el SBIA en el primer momento de muestreo se evidencia la ausencia del grupo trófico fitófago. Se podría interpretar como la falta de alimento es decir, no se encuentra las plantas hospederas.

Se destaca también la presencia de *Hoplolaimus*, con 5 individuos en el primer momento de muestreo, en el SSEA. En el segundo muestreo disminuye a 3 individuos en SSEA y aparece en el SBIA y se mantiene su presencia en el tercer muestreo.

Hemicyclophora aparece en los dos primeros muestreos disminuyendo su número de individuos, solo en el SSEA. Es un nemátodo de suelos arenosos, ectoparásito y usualmente se localiza cerca del ápice de las raíces, dentro de los hospederos están las

cucurbitáceas, leguminosas, rutáceas y solanáceas (tomate). Se lo conoce por su largo estilete, forma típica de la cola y doble cutícula (ver ANEXO B 1.3). En ocasiones aparece intolerante a la baja aireación asociado principalmente a suelos húmedos. También se encuentran en suelos muy mojados, en condiciones de anaerobiosis.

Meloidogyne aparece en el SAIA en el primer muestreo de suelo, siendo el único género encontrado en esta situación, este tiene las condiciones ideales para su desarrollo, no así en el segundo momento de muestreo el cual desaparece, esto se podría interpretar teniendo en cuenta la variable ambiental precipitaciones, suelo en condiciones de humedad y la ausencia de plantas hospedadoras, como fuente de alimento.

En el último muestreo aparece 1 solo individuo en el SSEA, ese lugar de tránsito de las personas desde la chacra a la casa junto con sus herramientas de labranza trae consigo la adherencia de estos microorganismos por lo tanto es un mecanismo de diseminación.

El género *Trichodorus*, pertenece a la familia *Trichodoridae*, afecta a las plantas al debilitar la punta de las raíces y la inhibición de su desarrollo, lo cual hace que disminuya el sistema radical de las plantas, esto origina achaparramiento y clorosis severo de toda la planta, una menor producción de ésta y baja calidad en sus productos. Este nemátodo se encontró en el SAIA en el segundo momento de muestreo y en el SSEA, en el último muestreo en bajo número de individuos.

Dentro de la familia *Dolichodoridae*, se encuentra el género *Tylenchorhynchus*, el mismo aparece en el primer muestreo, en el SSEA con 3 individuos. Posee cuerpo de tamaño mediano, delgado estilete, a veces en forma de aguja, estructura cefálica usualmente poco desarrollada y la cutícula es generalmente anillada. Sus plantas hospedadoras son el tabaco, maíz y algodón. Los síntomas por este nemátodo son de origen aéreo, se observa una disminución en el

crecimiento y vigor de las plantas, acompañada de una decoloración foliar, lo que ocasiona una disminución en el volumen total en la cosecha.

Otro género encontrado en este sitio es *Aphelenchus*, familia *Aphelenchidae*. Es un género muy común y tiene una distribución mundial. Los nódulos del estilete están ausentes y la punta de su cola es abruptamente redondeada. Se observa en el SSEA, en el último muestreo de suelo con 1 individuo. Este posee dos hábitos alimenticios.

Paratylenchus es un género que aparece también en el último momento de muestreo en el SBIA con 5 individuos. Estos son pequeños, su tamaño no supera los 0,5 mm de largo, vivos presentan un movimiento característico y adquieren forma de "C" cuando están relajados. Cuando se encuentran en condiciones de muy poco alimento, el intestino adquiere un notable moteado. Algunas de las características utilizadas para la identificación de especies *paratylenchus* son: longitud de su estilete, forma de su región labial y la forma de la espermateca.

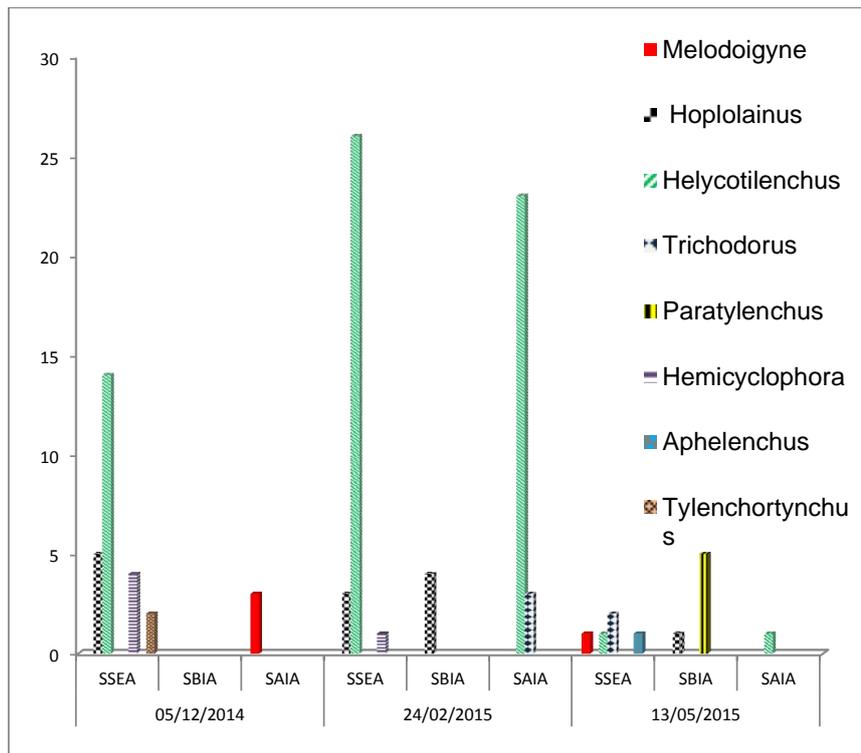


Figura N° 4.3: Géneros de Nematodos Parasito de Plantas (NPP) encontrados en el Sitio N°2, según los tres momentos de muestreo en las diferentes intensidades de uso de suelo.

4.3.2 Nematodos de Vida Libre

Los nematodos de vida libre, se agrupan en cuatro grupos tróficos, los bacteriófagos, los omnívoros, fungívoros y predadores. En los sitios estudiados se puede observar que hay una ausencia del grupo trófico fungívoros, según algunos autores se podría relacionar con las variables ambientales adversas concentradas en el tiempo.

En el Sitio N°1 se puede ver en la figura N° 4.4 la abundante presencia del grupo trófico bacteriófago, estos aparecen en los tres momentos de muestreos, tomando importancia en la época de primavera con un número de individuos de 251 en el SAIA, seguido del SBIA con 75 individuos y por último el SSEA con 44 individuos. Si bien éstos disminuyeron en número de individuos en el último

muestreo de suelo, fueron los únicos que aparecieron, ya que éstos son resistentes a las condiciones ambientales adversas (abundantes precipitaciones) que se presentaron en los meses de verano y se puede interpretar que dicha población se está recuperando y como son poblaciones que se caracterizan por tener corto tiempo de generación y alta tasa de fecundidad, pueden estar presentes en condiciones ricas o pobres de alimento y son muy tolerantes a contaminación y otros disturbios.

Los nematodos del grupo bacteriófago se caracteriza por ser resistentes a disturbios en el suelo como los provocados por un manejo intensivo de cultivos. Su mayor fuente de alimentación esta en el suelo, debido a que obtienen su alimento directamente de la materia orgánica en descomposición (21). Esta se incorpora al suelo y con su descomposición libera sustancias que ejercen una acción nematocida, reduciendo niveles poblacionales de especies parásitas. Con la materia orgánica se incorpora a la rizósfera una diversidad importante de especies de microorganismos, como bacterias, protozoos, hongos y nematodos depredadores de nematodos parásitos. Este aporte de biomasa tiene como consecuencia un control biológico sobre las poblaciones de nematodos fitoparásitos.

Otro grupo de importancia son los omnívoros que aparecen en los dos primeros momentos de muestreo, su mayor numero de individuos se los encuentra el 5 de diciembre en el SBIA con un numero de 19 individuos y 15 individuos en el SAIA.

La comunidad de omnívoros es sensible a prácticas agrícolas como arar, fertilizar y el uso de agroquímicos de allí que en el último muestreo desaparecen por las abundantes precipitaciones registradas en el verano y mas aún en los SAIA. En el momento del muestreo el suelo estaba arado, lo que significa una mayor intervención humana en el cultivo.

El grupo de los predadores su presencia se manifiesta en primavera con 2 individuos en el SAIA, 9 individuos en el SBIA y 8 en el SSEA.

Este grupo, según autores (67) señalan que los mismos ejercen en el suelo una función de control, aumentando cuando ocurre alguna alteración ambiental, y ejerciendo una labor de control de otros taxas de nematodos, especialmente los nematodos bacteriófagos.

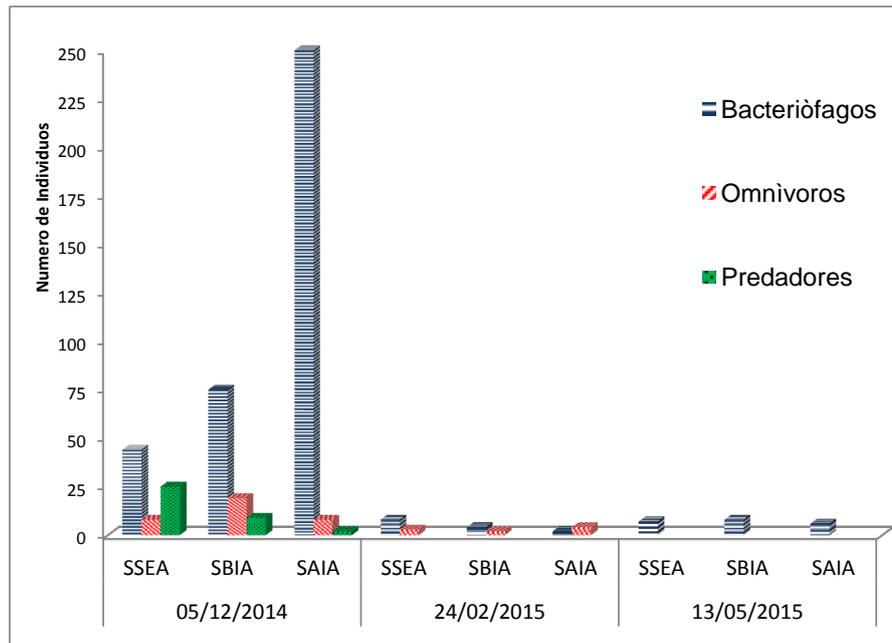


Figura N° 4.4: Nematodos de Vida Libre (NVL) encontrados en el Sitio N°1, según los tres momentos de muestreo en las diferentes intensidades de uso de suelo.

En el Sitio N°2, se observa la presencia del grupo de los bacteriófagos los tres momentos de muestreo. En primavera, primer muestreo, en el SSEA se encontraron 17 individuos, en el SBIA 10 individuos y en el SAIA 11 individuos. En el verano bajaron su número en todas las situaciones, en el SSEA se encontraron 3 individuos, en el SBIA 7 individuos y en el SAIA 2 individuos. Debido a las abundantes precipitaciones que se presentaron, por ésta causa el suelo se mantuvo con humedad, y no hubo cultivo que le brinde

alimentación que les permita al grupo reproducirse y en el otoño se encontró un aumento en el SBIA con un número de 24 individuos, en el SSEA 2 individuos y ausencia en el SAIA (ver figura N° 4.5). En otoño hay ausencia de nematodos de vida libre en el SAIA..

El grupo de los predadores en el primer momento de muestreo tiene presencia en las tres situaciones, en el SSEA con 12 individuos, en el SBIA 1 individuo y en el SAIA 2 individuos. En el segundo y tercer muestreo solo aparece en el SBIA en bajo número de individuos.

Los omnívoros es un grupo trófico que se observan en el primero y segundo muestreo en el SAIA y en el SBIA (ver figura N° 4.5) disminuyendo su número en verano, esto se podría interpretar por prácticas de manejo de suelo intensivo. En el último muestreo hay presencia solo en el SSEA, 9 individuos, esto se podría interpretar que ante un disturbio ambiental como las abundantes precipitaciones aparece éste grupo porque son sensibles a cambios en el suelo.

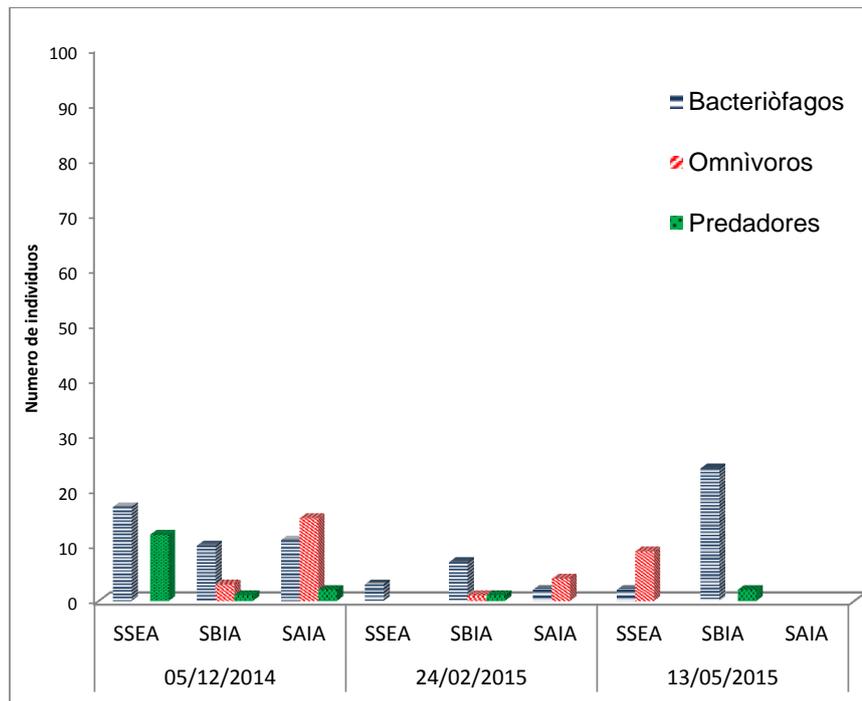


Figura Nº 4.5 Nematodos de Vida Libre (NVL) encontrados en el Sitio Nº2, según los tres momentos de muestreo en las diferentes intensidades de uso de suelo.

4.4 Totales de poblaciones de nematodos

Si analizamos los totales de las poblaciones de nematodos (ver figura Nº4.6) podemos observar que el primer momento de muestreo (fin de primavera) los valores son mayores comparando con los otros dos momentos de muestreo, esto se puede relacionar con las abundantes precipitaciones que se registraron en la zona en los meses de diciembre, enero (ver tabla 4.1), sin analizar las diferentes intensidades de uso de suelo.

Si analizamos por diferentes intensidades de uso de suelo, en el primer momento de muestreo el SSEA y el SAIA mostraron valores altos con respecto al SBIA, esta misma tendencia se mantiene en el segundo momento de muestreo con valores más bajos. En el último momento de muestreo (otoño) el SBIA es el que mostro mayor número de individuos, le sigue el SSEA y el más bajo el SAIA.

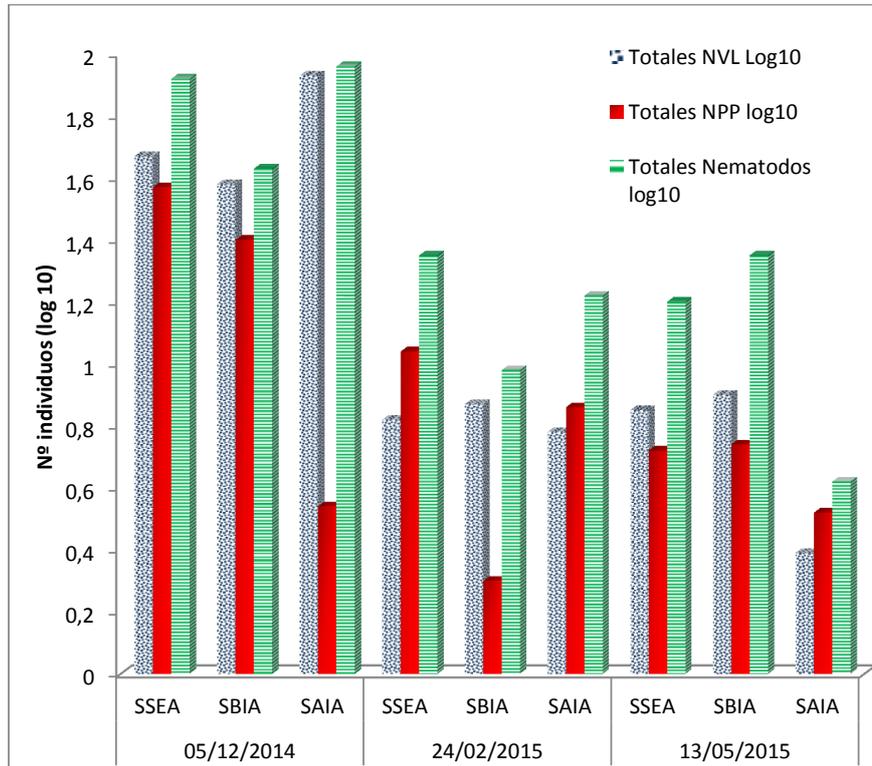


Figura N ° 4.6: Totales de Nematodos Parásito de Plantas, Nematodos de Vida Libre y Totales de Nemátodos en los tres momentos de muestreo separados por las tres diferentes intensidades de uso de suelo (los datos están transformados a Log base 10).

4.4.1 Totales de Nematodos Parasito de Plantas(NPP)

Para el caso de los SSEA, se observa que en el primer momento de muestreo (ver Figura N° 4.7) la población de fitófagos es superior a la encontrada en los SAIA, esta diferencia es significativa. En el caso de los SBIA también tiene valores altos de fitófagos con respecto a SAIA pero no llegan a ser diferentes. Esto se puede deber a que en el lugar transitan personas de la chacra a la casa y los nematodos quedan adheridos en herramientas, maquinarias, en la indumentaria de trabajo. Además, son suelos muy susceptibles a infecciones con nematodos ya que son suelos arenosos y las condiciones en diciembre son las ideales para el desarrollo del mismo. En el SAIA la

población de NPP es baja, esto se explica por el manejo de rotación de cultivos, que una de las principales causas es la interrupción del ciclo reproductivo de nematodos dañinos.

En el segundo y tercer momento de muestreo las diferencias no son significativas, una de las razones podría ser el coeficiente de variación que en ambos casos es alto, los datos muestran variabilidad y esta causa es debido a que en el patrón de distribución espacial de nematodos tenemos dos componentes: macro que ocurre en escala generalizada de campo, afectada por variables ambientales y otro micro que ocurre en forma de manchas relacionado con el ciclo de vida y estrategia de alimentación (60), en ambos muestreos los valores bajan con respecto al primer muestreo.

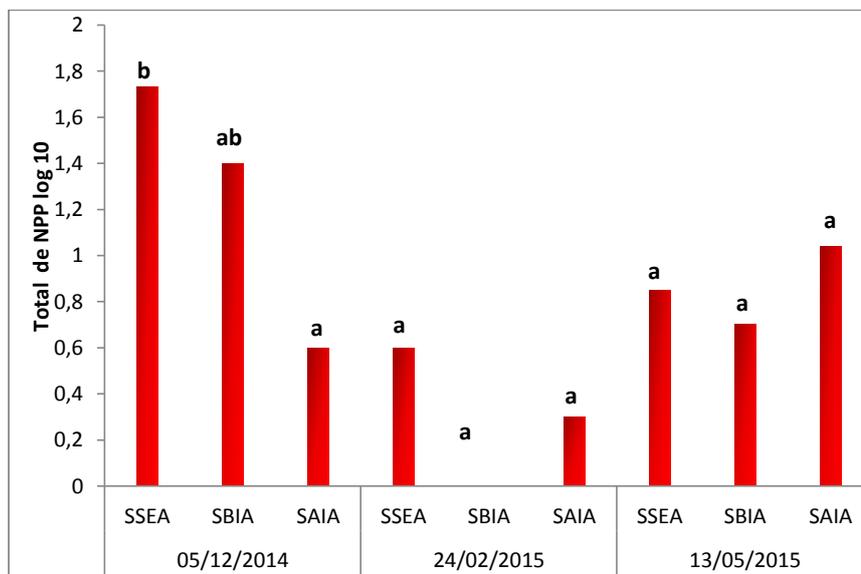


Figura N°4.7: Total de Nematodos Parásitos de Plantas en los diferentes momentos de muestreo para los suelos con diferentes intensidades de uso. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

4.4.2 Totales de Nematodos de Vida Libre (NVL)

Se observa en la figura N°4.6, que los totales de nematodos de vida libre en el primer momento de muestreo el SAIA es el que mostro el mayor valor, en el segundo muestreo, si bien los valores disminuyeron con respecto al muestreo anterior, no se vio diferencias entre las situaciones y en el tercer muestreo el SAIA es el que mostro menor valor con respecto a las otras situaciones. Cuando analizamos estadísticamente los totales de NVL no se hallaron diferencias significativas entre los momentos de muestreo y las diferentes situaciones de uso de suelo.

4.5 Evaluación de las comunidades de nematodos

Para evaluar las comunidades de nematodos se emplean los índices ecológicos Índice de Madurez de Nemátodos de Vida Libre, Índice de Madurez Nemátodos Parasito de Plantas y la relación entre ellos. Para ello el cálculo de los mismos índices se utilizaron los cp (colonizador-persistente) de los géneros encontrados en cada muestreo y que figuran en las tablas N°4.3 y 4.4, que se observan a continuación.

Tabla N° 4.3: Familias de nematodos parásitas de plantas y valores c-p, usados para el cálculo de índice de parásito de plantas (IPP).

cp 1	cp 2	cp3	cp 4	cp 5
		Hemicycliopheridae		Longidoridae
		Heteroderidae		
		Hoplolaimidae		
		Criconematidae		

Tabla N° 4.4: Familias de nematodos de vida libre u valores cp usados para el cálculo de índice de madurez (IM)

cp 1	Cp 2	cp3	cp 4	cp 5
Rhabditidae			Dorylaimidae	

4.5.1 Índice de Madurez (IM)

En la práctica, los valores de IM para los suelos sujetos a niveles variables de perturbación varían de menos de 2,0 en los sistemas perturbados enriquecidos a 4,0 en los ambientes prístinos. Las prácticas agrícolas, tales como incorporar materiales orgánicos (por ejemplo, estiércol) estimulan la actividad microbiana y proporcionan los recursos para las especies de nematodos oportunistas (70). Cuanto mayor es el valor del índice de madurez, menor se considera el nivel del disturbio del ambiente.

Si observamos la figura N° 4.8, en el primer momento de muestreo el SSEA toma un valor de 2,25 lo que se puede decir que es un ambiente inalterado, ya que es un suelo en el que no hay agricultura, en el SBIA y SAIA los valores fueron levemente inferiores a 2, se interpreta un sistema perturbado, pero en este caso no son diferentes estadísticamente.

En el segundo muestreo el SAIA tuvo un índice de 3, éste valor es alto, se podría interpretar que la condición del suelo debido, a las abundantes precipitaciones, no tuvo intervención humana (laboreo del suelo). Por el contrario, los valores del SSEA y el SBIA fueron bajos, menores a 2. Estas diferencias entre las situaciones fueron estadísticamente significativas.

En el tercer momento de muestreo, fue notoria la diferencia entre las situaciones, para el SSEA el IM fue de 2,8, hábitat con poco disturbio y está muy relacionado con la presencia del grupo trófico de los bacteriófagos. Las restantes situaciones (SBIA y SAIA) el valor es menor a 2, la intervención del hombre es importante porque con su laboreo del suelo y al trasladar herramientas ocasiona muchos disturbios al ecosistema, no llega a alcanzar un equilibrio. En este

caso dichas diferencias no alcanzaron a ser significativas debido a la alta variabilidad entre los datos.

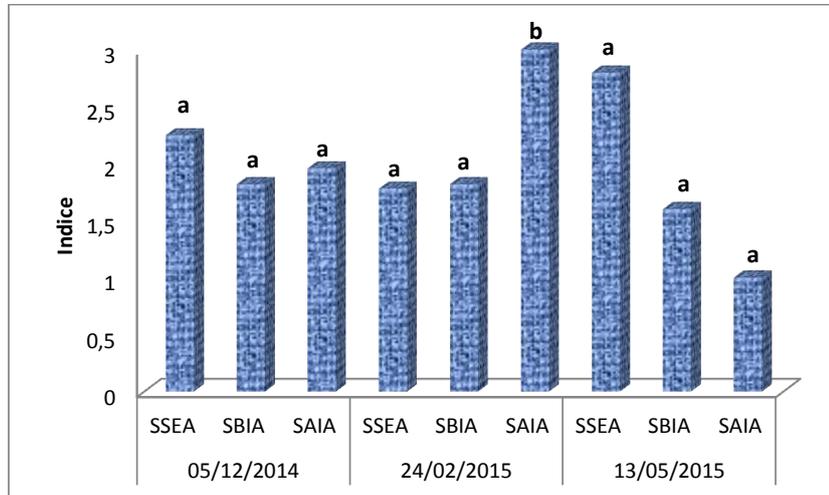


Figura N°4.8: Índice de madurez (IM) para las distintas intensidades de uso en los tres momentos de muestreo. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

4.5.2 Índice de Parásito de Plantas (IPP)

Es propuesto como un indicador de la condición del ecosistema del suelo en cuanto a nematodos parásitos de plantas. Los fitófagos NPP presentan menor tasa de reproducción que los bacteriófagos NVL, responden al enriquecimiento (fertilización) de las plantas hospedadas. Por lo tanto, el equivalente del IM para los nematodos fitoparásitos es calculado separadamente. Este índice tiende a responder de forma inversa al IM en ambientes enriquecidos (71).

En la figura N° 4.9 se ven los valores que tomaron los índices en las distintas situaciones en los tres momentos de muestreo, en todos los casos es mayor de 3, excepto en el SBIA del tercer momento de muestreo que fue de 2,6.

Se podría interpretar que la población de fitófagos presentes no causa mayores daños a las diferentes intensidades de uso de suelo. Estas

mínimas diferencias no muestran significancia en ninguna de las situaciones expuestas.

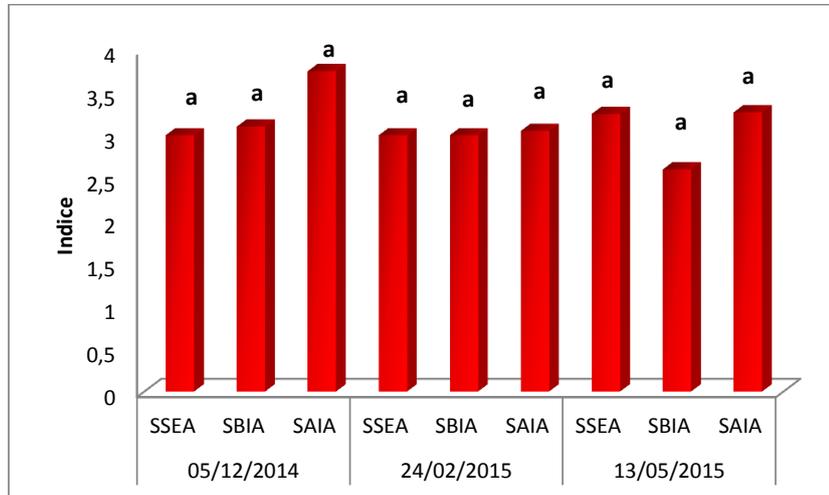


Figura N°4.9: Índice de Parásito de Plantas (IPP) para las distintas intensidades de uso en los tres momentos de muestreo. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

4.6 Relación entre el índice de madurez de nematodos parasito de plantas (IPP) y el índice de madurez de nematodos de vida libre (IM).

En condiciones de alta disponibilidad de nutrientes el IPP tiende a ser más alto y el índice IM tiende a ser más bajo, expresado por investigadores (71) y se refleja en la relación IPP/IM, propuesta por estos autores. Esta relación indica el estado nutricional del suelo, cuando hay valores menores a 0,89 las plantas utilizan de manera óptima los nutrientes, de 0,89 a 1,2 disturbios leves debido al aporte de nutrientes y 1,2 a manejo intensivo del suelo, exceso de nutrientes (71).

En la figura N° 4.10 se observa que, en el primer momento de muestreo, la relación entre IPP/IM, tomo valores de 2,56 en el SAIA, 1,2 en el SSEA y 0,86 en el SBIA, hay diferencias entre las

situaciones pero no fueron significativas debido a un coeficiente de variación elevado. (Ver ANEXO A 3.3).

En el segundo muestreo, se observa que entre las situaciones hay diferencias significativas, el SAIA tomo valores bajos 1,02 con respecto al SSEA 1,68 y SBIA 1,66; entre estos dos últimos no hay diferencias (ver figura N°4.10). El valor de esta relación en el SAIA bajó en este muestreo, por lo que el suelo posee disturbios leves indicando que las prácticas agrícolas son las adecuadas, y no dañan al mismo.

En el último muestreo se puede ver que volvemos a tener la misma situación del primer muestreo, el SAIA mostro el mayor valor en la relación con respecto al SSEA y SBIA. Dicha diferencia no alcanzo a ser significativa probablemente debido al coeficiente de variación elevado.

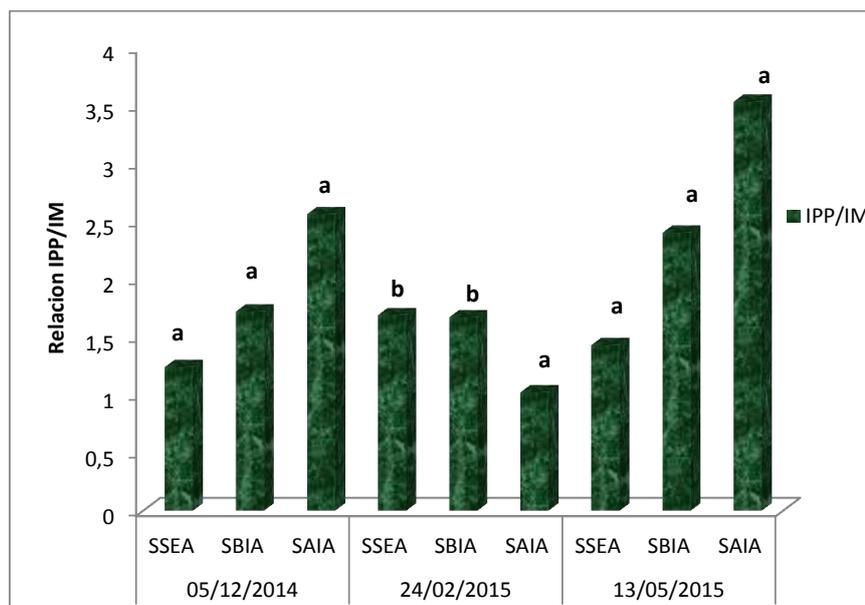


Figura N°4.10: Relación entre el IPP e IM para los tres momentos de muestreo en los suelos con diferentes intensidades de uso. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

4.7 Relación entre los totales de nematodos y las precipitaciones

Cuando observamos la figura N°4.11, esta muestra la relación entre las precipitaciones anuales (año de estudio) y el promedio de 10 años de la zona con las poblaciones totales de NVL (nematodos de vida libre) y NPP (nematodos parásito de plantas). El primer muestreo es el que mostro los valores más altos en totales de individuos y a continuación se ve como la curva de precipitaciones hace un pico de máxima, está muy por encima del valor promedio de 10 años para la zona, situación que trae como consecuencia suelos saturados por mucho tiempo lo que provoco que en el segundo y tercer muestreo los valores totales de ambos bajen, el perfil del suelo continuo con elevada humedad.

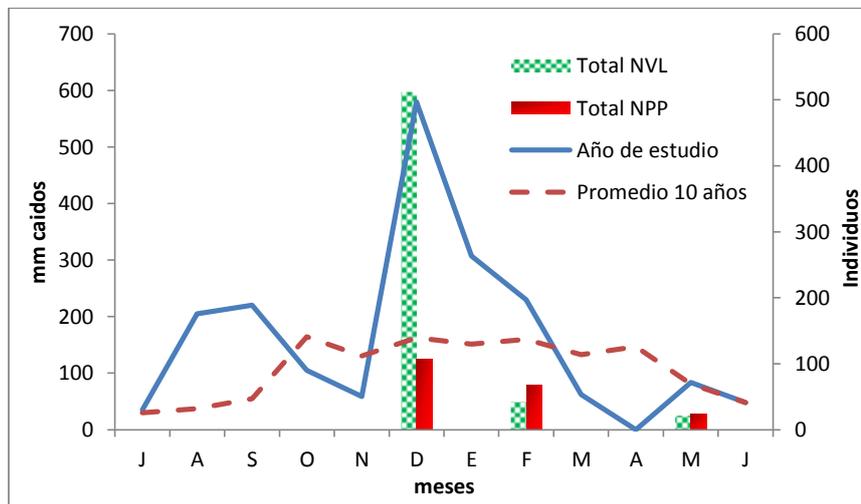


Figura N°4.11: Relación entre los totales de NPP (Nematodos parásito de plantas) y NVL (Nematodos de vida libre), con la variable ambiental precipitación mensual en el año de estudio y promedio de 10 años.

CAPITULO 5. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, se pueden destacar los siguientes aspectos:

- La población de nematodos estuvo representada por cuatro grupos tróficos; fitófagos, bacteriófagos, omnívoros y predadores. Se evidencia la ausencia del grupo trófico fungívoros, en todas las muestras analizadas.
- En el suelo sin efecto antrópico, en los tres momentos de muestreo, se destaca la presencia del género *Helicotylenchus*. De acuerdo a lo observado esto se debe a que el suelo no ha tenido labores culturales durante los últimos 18 años, diferenciándose de las otras intensidades de uso de suelo.
- En primavera, en el suelo con alto impacto antrópico, se destaca la presencia del grupo trófico de nematodos de vida libre: bacteriófagos, cuya presencia es habitual en ambientes enriquecidos por nutrientes, por ejemplo agregado de estiércol. Además se encontraron omnívoros y predadores que también son sensibles a cambios en el suelo.
- En verano, el suelo con bajo impacto antrópico, el grupo trófico de los nematodos de vida libre, bacteriófagos fue mayor con respecto a nematodos parásitos de plantas. Esto se debe a que el suelo tuvo aporte de materia orgánica durante el proceso de preparación del mismo.
- En verano, el índice de madurez en el suelo con alto impacto antrópico, es mayor con respecto a las otras diferentes intensidades de uso de suelo. En este caso particular se considera que el ambiente no fue afectado por las abundantes precipitaciones que se presentaron en el mes del muestreo.

- Los índices IPP, H y T no mostraron diferencias significativas probablemente debido al elevado coeficiente de variación.
- En verano, el suelo con alto impacto antrópico mostro baja relación entre el índice de madurez de parásito de plantas y el índice de madurez de nematodos de vida libre, el suelo posee disturbios leves, indicando que las prácticas agrícolas son las adecuadas, y no dañan al mismo. En el suelo sin efecto antrópico y con bajo impacto antrópico esta relación es alta, el suelo posee disturbios mayores posiblemente causados por exceso de nutrientes.
 - Los grupos tróficos de nematodos de vida libre no fueron abundantes ni diversos, por lo tanto, no están relacionados con la sanidad del suelo.
 - La presente investigación se podría catalogar como pionera ya que trata de explicar la calidad y salud del suelo de lomadas arenosas del sector tabacalero en paraje Ifrán departamento de Goya, a través del uso de indicadores ecológicos los nematodos. Los resultados obtenidos indican que es necesario realizar estudios con un mayor número de muestreos en el tiempo con el fin de apreciar mejor la dinámica de las poblaciones de nemátodos en el suelo.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Karlen D. L., Mausbach M. J., Doran J., Cline R. G., Harris R. F., Schuman G. E. 1997. Soil quality a concept, definition, and framework for evaluation. *Soil Sci. Soc. Am. J* 61, 4-10.
- 2) Pierce F. J., Larson W. E. 1993. Developing criterion to evaluate sustainable land management, P. 7-14. In: J M Kimble (Ed). *Proceedings of the Eight International Soil Management Workshop. Utilization of Soil survey information for sustainable and use*, Mayo 3 1993.
- 3) Rombke J. Janssch S., Didden W. 2005. The use of earthworms in ecological soil classification and assessment concepts. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 62- 249-265.,
- 4) Beck L., Rombke E. J., Breure A. M., Mudder C. for the use of soil ecological classification and assessment concepts in soil protection. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 62: 189-200.(2005)
- 5) Bedano J. C., Cantu M. P., Doucet M. E. Influence of three different land management practices on soil mite (Arachnida) densities in relation to a natural soil. *Applied Soil Ecology* 32: 293-304 (2006).
- 6) Bedano J. C., Cantu M. P., Doucet, M E, Soil springtails (Hexapoda) symphylands and pauropods (Arthropod) under different management systems in agroecosystems of the subhumid Pampa (Argentina). *European journal of Soil Biology* 42: 107-119.(2006 b)

- 7) Bedano, J. C., Ruf. A. Soil predatory mite communities (Acari) in agro ecosystems of central Argentina. USA. *Applied Soil Ecology* 36: 22-3 2007
- 8) Bardgett R. D., Chan K. F. Experimental evidence that soil fauna enhance nutrient mineralization and plant nutrient uptake in montaine grassland ecosystems. *Soil Biol. Biochem.* 31: 1007- 1014.(1999)
- 9) Araujo A.S.F., Monteiro R.T.R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. *Bioscience Journal*, v. 23, n.3, p. 66-75, (2007).
- 10) Valpassos M.A.R., Cavalcante E.G.S., Cassiolato A.M.R., Alves M.C. Effects of soil management systems on soil microbial activity, bulk density and chemical properties. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 36, n. 12, p. 1539-1545, (2001).
- 11) Pupin B., Freddi O.S., Nahas E. Microbial alterations of the soil influenced by induced compaction. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*, v. 33, n. 5, p. 1207-1213, (2009).
- 12) Lima C.L.R., Pillon C.N., Lima A.C.R. Qualidade física do solo: indicadores quantitativos. Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado. Pág. 25. Documentos 196. (2007).
- 13) Hofman J., Bezchlebova J., Dusek L., Dolezal L., Holoubek I., Ansorgova A., Aly S. Novel approach to monitoring of the soil biological quality. *Environment International*, v. 28, n. 8, p. 771-778, (2003)
- 14) Bongers T., Ferris H. Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring. *Trands in Ecology and Evolution* 14, 224-228, (1999)
- 15) Mattos J. K.A. Nematoides do solo como indicadores da interferencia humana nos sistemas naturais: aspectos

- gerais e alguns resultados obtidos no Brasil. Revisão Anual de Patología de Plantas, v.10, p. 373-390. (2002)
- 16) Ferris H. Contribution of nematode to the structure and function of the soil food web. *Nematol.* 42 (1) 63-67 (2010).
 - 17) Dalea, Beyener. Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological indicators.* 3-1(2001)
 - 18) Heip C., Herman P. M. J., Soentaen K. Data processing evaluation and analysis. En: *Introduction to the Study of Meiofauna.* Institution Press. Washington pp. 197- 231 (1988).
 - 19) Shannon C. E., Wiener, W. *The mathematical theory of communication* University of Illinois Press- Urbana- Illinois USA.(1949)
 - 20) Simpson E. H. Medición de la naturaleza de la diversidad. *Nature* 163: 688-688. (1949)
 - 21) Bongers T. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. *Oecología.* 83: 14-19 (1990).
 - 22) Yeates G. W. Modification and qualification of nematode maturity index. *Pedobiología* 38: 97-101(1994).
 - 23) Jensen, Mulvex. *Predaceous nematodes (Mononchidae) OF Oregon.* Oregon State Monography 12, I-N 57. (1968)
 - 24) Sanchez- Moreno S., Nicola N.L, Ferris H., Zalom F.G. Effects of agricultural management on nematode assemblages. Soil food web indices as predictors of community composition. *Applied Soil Ecology* 4. 107: 117. (2009);
 - 25) Kandji S.T., Ogol C.K.P.O., Albretch A. Diversity of plant-parasitic nematodes and their relationships with some

- soil physic-chemical characteristics in improved fallows in western Kenya. *Applied Soil Ecology*, v. 18, n. 2, 143-157, (2001)
- 26) Kimenju J.W., Karanja N.K., Mutua G.K., Rimberia, B.M., Wachira, P.M. Nematode community structure as influenced by land use and intensity of cultivation. *Tropical and subtropical agroecosystems*, v. 11, n. 2, 353-360, 2009.
- 27) Freckman D., Ettema C. H. Assessing nematode communities in agroecosystems of varying human intervention. *Agriculture Ecosystem and Environment* 45: 239- 261. (1993)
- 28) Mattos J.K.A, Andrade E.P. Teixeira M.A., Castro A.P.G., Huang P.S. Géneros –Chaves de Onze Diferentes Comunidades de Nematoides do Solo na Região dos Cerrados do Brasil Central. *Nematología Brasileira*, 32 (2), 142-149. (2008)
- 29) Mondino E.A., Tavares O.C.H., Ebeling A.G., Figueira, A.F., Quintero E.I., Berbara R.L.L., Avaliação Das comunidades de reumatoides do solo em agroecosistemas orgânicos. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 31, n. 3, p. 509-515, (2009).
- 30) Beckman Jean. El estudio de la nematofauna como bioindicador de la sanidad del suelo y la caracterización de los suelos hortícolas del departamento de Lavalle (Corrientes 2013).
- 31) Ferris H. The structure and functions of the soil food web. (2005)
- 32) Instituto Nacional de Estadística y Censo. Censo Nacional de Población y Vivienda. CNPV. (2010) INDEC. <http://www.deyc-corrientes.gov.ar/tema/237-estructura-y-dinamica-de-la-poblacion.html>

- 33) Arach O. Los inicios de un proceso de investigación participativa en Goya y Lavalle (Corrientes), INTA(2009).
- 34) Corradini E., Zilocci H., Giménez L., Cuestas R., Merello P., Segesso R., Molfesa S. Caracterización del sector productor tabacalero en la República Argentina, Facultad de Ciencias Agrarias, UCA, tercera versión. (2005). Disponible en www.sapya.mecon.gov.ar
- 35) Van Wambeke A., Scoppa. Los taxos climáticos de los suelos argentinos RIA. Serie 3 vol. XIII N° 1:7-39. (1979).
- 36) Capurro R., Escobar E. H., Carnevale R. Regiones naturales correntinas. 3era Contribución .EEA INTA Corrientes, Recursos naturales. Pág47. (1986).
- 37) Carnevale R. Fitogeografía de la provincia de Corrientes Editora Litocolor. Asunción, Paraguay, págs. 265 274..Inta (1994)
- 38) Ligier D. Mapa de suelos y aptitud de tierras para los departamentos de Esquina, Goya y Lavalle. Inta. (2012)
- 39) Wolfe D. ¿Qué es salud del suelo? Itaca, N.Y. Consultado el 23 de noviembre. Actualizado el 16 de mayo del 2003. Derechos reservados en 2002 por tropSCORE. Disponible en: <http://mulch.mannlib.cornell.edu/sp/salud.html>.
- 40) Neher D. Role of nematodes in soil health and their use as indicators. J.Nematol. 33: 161- 168. (2001).
- 41) Trutmann P. ¿Qué es salud del suelo? Itaca, N.Y. Consultado el 23 de noviembre. Actualizado el 16 de mayo del 2003. Derechos reservados en 2002 por tropSCORE.

- 42) Yeates G. W. Diversity of soil nematodes as an indicador of sustainability of agricultural management. Palmerston, NZ pág. 135. (2001).
- 43) Vigliercchio D. R. The World of Nematodes: a fascinating component of the animal kingdom. California: University of California.
- 44) Maggenti A. R. Nemata: higher classification. In: Manual of agricultural nematology. W.R. Nickle, ed. Marcel Dekker Inc., New York, p.147-187. (1991)
- 45) Chaves E.M., Echeverría M., Torres M. Clave para determinar Géneros de Nematodos del suelo de la República Argentina. En: Publicación de la Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ciencias Agrarias, nº 91 (1995).
- 46) Norton D. C., T.L. Niblack. Biology and ecology of nematodes. En: Manual of agricultural nematology. Ed. poor W. R. Nickle. Nueva York: M. Dekker. (1991).
- 47) Yeates, G. W., How plants effete nematodes. En: Advances in Ecological Research, N°17: pages. 61-113. (1987)
- 48) Antoniou, M. Arrested development in plant parasitic nematodes. Helminthology Abstract. Serie B. En: Plant Nematology, N° 58: págs. 1-19. (1989).
- 49) Agrios, G. N. Fitopatología. 2ª Ed. México, D. F. Limusa 756 págs. (1996)
- 50) Yeates, G.W., Bongers, T., Goede, R.G.M. de, Freckman, D.W., Georgieva, S.S. Feeding habits in soil nematode families and genera - an outline for soil ecologists. Journal of Nematology, v. 25, n. 3, p. 315-331, (1993).

Con formato: Español (alfab. internacional)

- 51) Yeates, G. W. Soil nematodes in terrestrial ecosystems. *Journal of Nematology*. (Londres) 11 (3): 213-227 (1979).
- 52) Taylor, D y Brown Nematodes vectors of plant viruses Escocia, C.A.B. Internacional. 286 págs (1997)
- 53) De Angelis, D.L. Dynamics of Nutrient Cycling and Food Webs. Londres: Chapman y Hill (1992)
- 54) Ekschmit, K y col. Effects of the nematofauna on microbial energy and matter transformation rates in European grassland soils. En: *Plant and Soil*, N°212: págs. 45-61 (1999)
- 55) Coleman, D. C. y Crossley, D. A. Fundamentals of Soil Ecology. San Diego Academic Presi. (1996)
- 56) Fiscus, D. y Neher, D. Distinguishing sensitivity of free living soil nematode (online) <http://www.eescience.utoledo.edu/faculty/publication/fiscus> (13 de mayo. 2002)
- 57) Taylor, A Introducción a la Nematología vegetal aplicada. Guía de la FAO para el estudio y combate de los nematodos parásitos de las plantas. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Roma, Italia (1971).
- 58) Guiñez, A Nematodos en Praderas. In: Ruiz, I Editorial Praderas Para Chile. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. (INIA). (1996). pp.: 299-308
- 59) Tamayo, M. Nemátodos. (Online). www.monografias.com trabajo 5/ nemato/nemato.shtml. (10 de febrero del 2002)
- 60) Rossi, J. P; Delaville, L ; Queneherve, P. Microspatial structure of a plant- parasitic nematode community in

- sugar- cane field in Martinique *Applied Soil Ecology*, v. 3, p. 17-26, 1996.
- 61) Ingham, R. E. Trofymow, J. A. Coleman, D.C. Interactions of bacteria, fungi and their nematode grazers: Effects on nutrient cycling and plant growth. *Ecological monographs* N° 55 págs: 119-140(1985)
- 62) Elliot, E. T y col.. habitable pore space and trophic interactions. En: *Oikos*, N° 35: págs. 327-335
- 63) Coleman, D.C. y et al. Roles of protozoa and nematodes in nutrient cycling. En: *Microbial- plant interactions*. Ed. Por R. L.Todd y J. E. Giddens. Madison: ASA. (1984).
- 64) Freckman, D W, Bacterivorous nematodes and organic-matter decomposition. *Agric. Ecosystem. Environ* 24: 195-217. (1988).
- 65) Yeates, G. W.: Bongers, T. Nematode diversity in agro ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.74.113-135. (1999).
- 66) Warwick. N. *The biology of free- living nematode* oxford, Clarendon, 215 pág. (1975).
- 67) Magunacelaya, J. y Dagnino, E. *Nematología agrícola de Chile*. Universidad de Chile. Serie Ciencias Agronómicas N°2. 282 págs. (1999).
- 68) Overgaard, C.Nematoda. In: Bunge, A. y Raw, F Edition *Soil biology*. London, Academic Press. Págs 197- 210. (1967)
- 69) Bongers, T y Bongers M. Functional diversity of nematodes. *Applied Soil Ecology*, vol. 20 N° 3 págs.239-251(1998).
- 70) Ferris, H, Venette, R. C.; Lau, S.S. Dynamics of nematode communities in tomatoes grown in conventional and organic farming systems, and their

- impact on soil fertility. *Applied Soil Ecology*, v.3 págs 161-175. (1996).
- 71) Bongers, T H. Van Der Meulen y G. Korthals. Inverse relation-ship between the nematode maturity index and plant- parasite index under enriched nutrient conditions. En: *ApliedSoilEcology*, vol 6 nº 2: págs. 195-199. (1997)
- 72) Duggan, Martín Torres. Análisis de suelo: una herramienta clave para el diagnóstico de fertilidad de suelo y la fertilización de cultivos. Disponible en: [www.fertilizando.com/articulos/ análisis de suelo](http://www.fertilizando.com/articulos/analisis_de_suelo). Consultado el 13 de septiembre 2016.
- 73) Jenkins, W. R. Arapid centrifugal flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Reporten*, vol; 48, N°9. Pág. 662-665.
- 74) Gutiérrez, R.O. El nematode de las raicillas de los citrus *Tylenchulus semipenetrans* en la República Argentina. *Revista de Investigaciones Agrícolas* 1: 119-146. (1947)
- 75) Gowen, S Quencherve, P; Fogain, Nematodes parasites of bananas and plantains. *Plant Parasitie Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture* pág. 611-643 Chapters 16. (2005).

ANEXOS A

1. Análisis de Suelo. Laboratorio de Suelos, agua y vegetales EEA INTA Corrientes.

LABORATORIO DE SUELOS
 E.E.A. INTA CORRIENTES
 E-mail: sanabria.maria@inta.gov.ar
 Cel Corporativo: 1167960438
RESULTADOS DE ANALISIS de Suelos

Ing. María del Carmen Colonese

Fecha de Entrada: 15/05/2015

Número	Identificación	Identificación	Identificación	pH	P	Ca	Mg	K	Na	MO	CO	NT	CE
Muestra	Productor				ppm	cmol./kg	cmol./kg	cmol./kg	cmol./kg	%	%	%	Mmho/cm
18465	Ariel Perichón	Ifrán Chacra (Sitio 1) Tabaco Mat. Org. (1)		5,5	17,16	0,2	0,2	0,09	0,25	0,34	0,20	0,02	0,01
18466	Ariel Perichón	Ifrán Chacra (Sitio 1) Tabaco Mat. Org. (2)	Debajo del alambrado	5,9	2,9	0,4	0,2	0,08	0,24	0,41	0,24	0,02	0,03
18467	Vega	Chacra tabaco Mat. Org. (1)		5,1	8,36	0,2	0,2	0,02	0,16	0,34	0,20	0,02	0,01
18468	Vega	Chacra tabaco Mat. Org. (2)	Debajo del alambrado	5,5	2,0	0,2	0,2	0,05	0,20	0,25	0,15	0,01	0,01

pH: potenciométrico. Relación suelo: agua 1:2.5

Conductividad eléctrica (CE): conductímetro. Relación suelo: agua 1:2.5

Fósforo (P): Bray & Kurtz 1 IRAM 29570-1. Espectrofotómetro UV (Metrolab 1600 plus). Expresado en ppr

Cationes: Extractante Acetato de Amonio 1 N.

Ca y Mg: por complejometría con EDTA. Expresados en cmol(+).kg-1.

K y Na: por fotometría de llama Fotómetro de llama Zeltec. ZF 250. Expresados en cmol(+).kg-1.

Carbono Orgánica (CO): Método Walkley & Black. Expresado en porcentaje (%).

Nitrógeno Teorico (NT): Se multiplica el valor de la materia orgánica por el factor 0.05. Expresado en %.

Materia Orgánica (MO): Se multiplica el valor del carbono orgánica por el factor 1,72. Expresado en %.

2. Informe de resultado de Familia y Géneros de Nematodos.

Laboratorio de Nematología de la EEA INTA Bella Vista.

 LABORATORIO DE SANIDAD VEGETAL - NEMATOLOGÍA											
OR CORRIENTES EEA BELLA VISTA		INFORME DE RESULTADOS									
Colonia 3 de Abril - CC5 - (3432) Bella Vista - Corrientes - Tel/Fax: 54-03777-451923 Int. 117		pgsuna@correo.inta.gov.ar									
Familia	Genero	Muestra	Muestra	Muestra	Muestra	Muestra	Muestra	Muestra	Muestra	Muestra	Muestra
Heteroderidae	<i>Akeloidogynis</i>										
	<i>Heterodera</i>										
Hoplostimidae	<i>Hoplostimus</i>										
	<i>Halicotylenchus</i>										
	<i>Scutellonema</i>										
Pratylenchidae	<i>Aerolaimus</i>										
	<i>Pratylenchus</i>										
	<i>Nacobbus</i>										
Cricematidae	<i>Hirschmanniella</i>										
	<i>Neotriciconema</i>										
	<i>Microposthonis</i>										
Belonolaimidae	<i>Hemicyclophora</i>										
	<i>Hemicolozia</i>										
	<i>Belonolaimus</i>										
Tylenchidae	<i>Tylenchortynchus</i>										
	<i>Ditylenchus</i>										
Dolichodoridae	<i>Dolichodorus</i>										
Aphelenchidae	<i>Aphelenchoides</i>										
	<i>Aphelenchus</i>										
Dorylaimidae	<i>Dorylaimides</i>										
Longidoridae	<i>Xiphinema</i>										
Trichodoridae	<i>Trichodorus</i>										
	Rhabditidos										
	Monoacchidos										

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización escrita del Laboratorio.
 Las muestras serán conservadas durante 3 (tres) meses aproximadamente, posteriores a la fecha del presente informe.

3. Análisis de la varianza de los totales de individuos

Análisis de la varianza

Momentos	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
13 5 15	Totales NVL Log10	5	0,49	0,00	56,85

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	0,29	2	0,15	0,97	0,5088
Tratamientos	0,29	2	0,15	0,97	0,5088
Error	0,30	2	0,15		
Total	0,60	4			

Test : Duncan Alfa: 0,05

Error: 0,1521 gl: 2

Tratamientos	Medias	n	
Suelo con alto impact..	0,39	1	A
Sin efecto antropico	0,85	2	A
Suelo con bajo impact..	0,90	2	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

Momentos	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
13 5 15	Totales NPP log10	6	0,10	0,00	66,18

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	0,06	2	0,03	0,16	0,8608
Tratamientos	0,06	2	0,03	0,16	0,8608
Error	0,58	3	0,19		
Total	0,64	5			

Test : Duncan Alfa: 0,05

Error: 0,1918 gl: 3

Tratamientos	Medias	n	
Suelo con alto impact..	0,52	2	A
Sin efecto antropico	0,73	2	A
Suelo con bajo impact..	0,74	2	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

Momentos	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
13 5 15	Totales Nematodos lo	6	0,40	0,00	50,69

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	0,56	2	0,28	1,00	0,4645
Tratamientos	0,56	2	0,28	1,00	0,4645
Error	0,84	3	0,28		
Total	1,39	5			

Test : Duncan Alfa: 0,05

Error: 0,2788 gl: 3

Tratamientos	Medias	n	
Suelo con alto impact..	0,62	2	A
Sin efecto antropico	1,20	2	A
Suelo con bajo impact..	1,31	2	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Momentos	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
24 2 15	Totales NVL Log10	6	0,06	0,00	23,44

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	0,01	2	0,00	0,10	0,9098
Tratamientos	0,01	2	0,00	0,10	0,9098
Error	0,11	3	0,04		
Total	0,12	5			

Test : Duncan Alfa: 0,05

Error: 0,0371 gl: 3

Tratamientos	Medias	n	
Suelo con alto impact..	0,78	2	A
Sin efecto antropico	0,82	2	A
Suelo con bajo impact..	0,87	2	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Momentos	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
24 2 15	Totales NPP log10	6	0,33	0,00	85,83

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	0,59	2	0,30	0,75	0,5436
Tratamientos	0,59	2	0,30	0,75	0,5436
Error	1,18	3	0,39		
Total	1,78	5			

Test : Duncan Alfa: 0,05

Error: 0,3944 gl: 3

Tratamientos	Medias	n	
Suelo con bajo impact..	0,30	2	A
Suelo con alto impact..	0,86	2	A
Sin efecto antropico	1,04	2	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Momentos	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
24 2 15	Totales Nematodos lo	6	0,37	0,00	24,38

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	0,15	2	0,07	0,87	0,5040
Tratamientos	0,15	2	0,07	0,87	0,5040
Error	0,25	3	0,08		
Total	0,40	5			

Test : Duncan Alfa: 0,05

Error: 0,0840 gl: 3

Tratamientos	Medias	n	
Suelo con bajo impact..	0,98	2	A
Suelo con alto impact..	1,23	2	A
Sin efecto antropico	1,36	2	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Momentos	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
5 12 14	Totales NVL Log10	6	0,13	0,00	32,23

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	0,14	2	0,07	0,22	0,8164
Tratamientos	0,14	2	0,07	0,22	0,8164
Error	0,93	3	0,31		
Total	1,07	5			

Test : Duncan Alfa: 0,05

Error: 0,3109 gl: 3

Tratamientos	Medias	n	
Suelo con bajo impact..	1,58	2	A
Sin efecto antropico	1,68	2	A
Suelo con alto impact..	1,94	2	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Momentos	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
5 12 14	Totales NPP log10	5	0,95	0,90	15,65

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	1,15	2	0,57	18,61	0,0510
Tratamientos	1,15	2	0,57	18,61	0,0510
Error	0,06	2	0,03		
Total	1,21	4			

Test : Duncan Alfa: 0,05

Error: 0,0308 gl: 2

Tratamientos	Medias	n	
Suelo con alto impact..	0,54	2	A
Suelo con bajo impact..	1,40	2	B
Sin efecto antropico	1,57	1	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Momentos	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
5 12 14	Totales Nematodos lo	6	0,12	0,00	30,95

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	0,13	2	0,06	0,20	0,8291
Tratamientos	0,13	2	0,06	0,20	0,8291
Error	0,97	3	0,32		
Total	1,10	5			

Test : Duncan Alfa: 0,05

Error: 0,3231 gl: 3

Tratamientos	Medias	n	
Suelo con bajo impact..	1,63	2	A
Sin efecto antropico	1,93	2	A
Suelo con alto impact..	1,96	2	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

4. Análisis de la varianza de los índices

4.1 Análisis de la Varianza IM

Momentos	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
13 5 15	IM	6	0,61	0,35	66,52

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	3,65	2	1,82	2,35	0,2429
Tratamientos	3,65	2	1,82	2,35	0,2429
Error	2,33	3	0,78		
Total	5,97	5			

Test : Duncan Alfa: 0,05

Error: 0,7750 gl: 3

Tratamientos	Medias	n	
Suelo con alto impact..	0,50	2	A
Suelo con bajo impact..	1,10	2	A
Sin efecto antropico	2,37	2	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Momentos	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
24 2 15	IM	6	0,97	0,95	6,42

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	1,89	2	0,94	47,56	0,0053
Tratamientos	1,89	2	0,94	47,56	0,0053
Error	0,06	3	0,02		
Total	1,95	5			

Test : Duncan Alfa: 0,05

Error: 0,0199 gl: 3

Tratamientos	Medias	n	
Sin efecto antropico	1,78	2	A
Suelo con bajo impact..	1,82	2	A
Suelo con alto impact..	2,99	2	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Momentos	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
5 12 14	IM	6	0,12	0,00	34,58

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	0,20	2	0,10	0,20	0,8263
Tratamientos	0,20	2	0,10	0,20	0,8263
Error	1,45	3	0,48		
Total	1,64	5			

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 0,4824 gl: 3

Tratamientos	Medias	n
Suelo con bajo impact..	1,82	2
Suelo con alto impact..	1,96	2
Sin efecto antropico	2,25	2

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

4.2 Análisis de la varianza IPP

Momentos	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
13 5 15	IPP	6	0,34	0,00	18,87

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	0,48	2	0,24	0,78	0,5345
Tratamientos	0,48	2	0,24	0,78	0,5345
Error	0,94	3	0,31		
Total	1,42	5			

Test : Duncan Alfa: 0,05

Error: 0,3117 gl: 3

Tratamientos	Medias	n
Suelo con bajo impact..	2,58	2
Sin efecto antropico	3,03	2
Suelo con alto impact..	3,27	2

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Momentos	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
24 2 15	IPP	6	0,40	0,00	1,49

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	0,00	2	0,00	1,00	0,4648
Tratamientos	0,00	2	0,00	1,00	0,4648
Error	0,01	3	0,00		
Total	0,01	5			

Test : Duncan Alfa: 0,05

Error: 0,0020 gl: 3

Tratamientos	Medias	n
Sin efecto antropico	3,00	2
Suelo con bajo impact..	3,00	2
Suelo con alto impact..	3,06	2

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Momentos	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
5 12 14	IPP	6	0,45	0,09	52,42

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	4,91	2	2,45	1,23	0,4063
Tratamientos	4,91	2	2,45	1,23	0,4063
Error	5,97	3	1,99		
Total	10,87	5			

Test : Duncan Alfa: 0,05

Error: 1,9883 gl: 3

Tratamientos	Medias	n	
Suelo con bajo impact..	1,54	2	A
Sin efecto antropico	2,78	2	A
Suelo con alto impact..	3,75	2	A

*Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)***3.3 Análisis de la varianza IPP/IM**

Momentos	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
13 5 15	IPP/IM	5	0,75	0,50	31,64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	3,04	2	1,52	3,04	0,2475
Tratamientos	3,04	2	1,52	3,04	0,2475
Error	1,00	2	0,50		
Total	4,04	4			

Test : Duncan Alfa: 0,05

Error: 0,5006 gl: 2

Tratamientos	Medias	n	
Sin efecto antropico	1,43	2	A
Suelo con bajo impact..	2,40	1	A
Suelo con alto impact..	3,53	2	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)

Momentos	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
24 2 15	IPP/IM	6	0,92	0,87	8,87

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	0,57	2	0,29	17,14	0,0228
Tratamientos	0,57	2	0,29	17,14	0,0228
Error	0,05	3	0,02		
Total	0,62	5			

Test : Duncan Alfa: 0,05

Error: 0,0167 gl: 3

Tratamientos	Medias	n	
Suelo con alto impact..	1,02	2	A
Suelo con bajo impact..	1,67	2	B
Sin efecto antropico	1,69	2	B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)

Momentos	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
5 12 14	IPP/IM	6	0,35	0,00	90,61

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	3,18	2	1,59	0,80	0,5254
Tratamientos	3,18	2	1,59	0,80	0,5254
Error	5,94	3	1,98		
Total	9,13	5			

Test : Duncan Alfa: 0,05

Error: 1,9812 gl: 3

Tratamientos	Medias	n	
Suelo con bajo impact..	0,86	2	A
Sin efecto antropico	1,24	2	A
Suelo con alto impact..	2,56	2	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

3.4 Análisis de la varianza T, Ds y H'

Momentos	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
13 5 15	T	6	0,53	0,22	23,84

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	0,67	2	0,33	1,72	0,3174
Tratamientos	0,67	2	0,33	1,72	0,3174
Error	0,58	3	0,19		
Total	1,24	5			

Test : Duncan Alfa: 0,05

Error: 0,1931 gl: 3

Tratamientos	Medias	n	
Suelo con alto impact..	1,43	2	A
Suelo con bajo impact..	1,87	2	A
Sin efecto antropico	2,24	2	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

Momentos	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
13 5 15	Ds	5	0,41	0,00	14,93

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	0,01	2	0,00	0,69	0,5915
Tratamientos	0,01	2	0,00	0,69	0,5915
Error	0,01	2	0,01		
Total	0,02	4			

Test : Duncan Alfa: 0,05

Error: 0,0055 gl: 2

Tratamientos	Medias	n	
Suelo con bajo impact..	0,46	1	A
Suelo con alto impact..	0,48	2	A
Sin efecto antropico	0,55	2	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

Momentos	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
13 5 15	H'	5	0,40	0,00	27,97

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	0,12	2	0,06	0,66	0,6024
Tratamientos	0,12	2	0,06	0,66	0,6024
Error	0,19	2	0,09		
Total	0,31	4			

Test : Duncan Alfa: 0,05

Error: 0,0937 gl: 2

Tratamientos	Medias	n	
Suelo con alto impact..	0,93	2	A
Suelo con bajo impact..	0,99	1	A
Sin efecto antropico	1,29	2	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)

Momentos	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
24 2 15	H'	6	0,25	0,00	36,23

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	0,20	2	0,10	0,50	0,6513
Tratamientos	0,20	2	0,10	0,50	0,6513
Error	0,60	3	0,20		
Total	0,79	5			

Test : Duncan Alfa: 0,05

Error: 0,1991 gl: 3

Tratamientos	Medias	n	
Sin efecto antropico	1,03	2	A
Suelo con alto impact..	1,20	2	A
Suelo con bajo impact..	1,47	2	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)

Momentos	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
24 2 15	T	6	0,25	0,00	36,56

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	0,69	2	0,34	0,51	0,6464
Tratamientos	0,69	2	0,34	0,51	0,6464
Error	2,04	3	0,68		
Total	2,73	5			

Test : Duncan Alfa: 0,05

Error: 0,6807 gl: 3

Tratamientos	Medias	n	
Sin efecto antropico	1,84	2	A
Suelo con alto impact..	2,27	2	A
Suelo con bajo impact..	2,67	2	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)

Momentos	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
24 2 15	Ds	6	0,29	0,00	45,42

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	0,06	2	0,03	0,60	0,6027
Tratamientos	0,06	2	0,03	0,60	0,6027
Error	0,16	3	0,05		
Total	0,22	5			

Test : Duncan Alfa: 0,05

Error: 0,0519 gl: 3

Tratamientos	Medias	n	
Sin efecto antropico	0,38	2	A
Suelo con alto impact..	0,51	2	A
Suelo con bajo impact..	0,63	2	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)

Momentos	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
5 12 14	H'	6	0,31	0,00	41,91

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	0,42	2	0,21	0,68	0,5709
Tratamientos	0,42	2	0,21	0,68	0,5709
Error	0,92	3	0,31		
Total	1,34	5			

Test : Duncan Alfa: 0,05

Error: 0,3068 gl: 3

Tratamientos	Medias	n	
Suelo con alto impact..	0,99	2	A
Suelo con bajo impact..	1,34	2	A
Sin efecto antropico	1,64	2	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)

Momentos	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
5 12 14	T	6	0,21	0,00	38,41

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	0,70	2	0,35	0,40	0,6996
Tratamientos	0,70	2	0,35	0,40	0,6996
Error	2,62	3	0,87		
Total	3,32	5			

Test : Duncan Alfa: 0,05

Error: 0,8734 gl: 3

Tratamientos	Medias	n	
Suelo con alto impact..	1,95	2	A
Suelo con bajo impact..	2,65	2	A
Sin efecto antropico	2,71	2	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)

Momentos	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
5 12 14	Ds	6	0,30	0,00	44,33

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
------	----	----	----	---	---------

Modelo	0,07	2	0,04	0,64	0,5871
Tratamientos	0,07	2	0,04	0,64	0,5871
Error	0,17	3	0,06		
Total	0,24	5			

Test : Duncan Alfa: 0,05

Error: 0,0555 gl: 3

Tratamientos	Medias	n	
Suelo con alto impact..	0,38	2	A
Suelo con bajo impact..	0,59	2	A
Sin efecto antropico	0,63	2	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)

ANEXO B

1. Imágenes de nematodos parásitos de plantas

Todas las imágenes que se enumeran a continuación fueron fotografiadas al microscopio 400x.

1.1 Xiphinema



Estilete largo con extensiones en la base en forma de ala.

1.2 Mesocriconema



Nematodo pequeño con muchos anillos, estilete largo con cuerpos basales en forma de ancla.

1.3 Hemicicliophora



Parte anterior, mostrando estilete largo con bulbo basal redondeado y cutícula doble.

1.4 Helicotylenchus



Cuerpo generalmente espiralado. Estilete grande con cuerpos basales redondeados. Cola cónica, con punta aguzada.

1.5 Hoplolaimus



Región labial separada del cuerpo por una constricción y armadura cefálica esclerosada. Estilete fuerte, cola redondeada.

2. Imágenes de nematodos de vida libre.

Todas las imágenes que se enumeran a continuación fueron fotografiadas al microscopio 400x.

2.1 Rhabditido



Pertenece al grupo trófico Bacteriófago, tiene setas con las que intercepta bacterias para alimentarse. En la zona del bulbo esofágico ventral (forma circular) se observa un aparato valvular con el que destruye su alimento.

2.2 Predador



Este predador tiene un estoma grande con dientes esclerosados.