



Universidad Nacional del Comahue
Facultad de Ingeniería



**RELACIÓN ENTRE LAS FRACCIONES DE LA MATERIA
ORGÁNICA DEL SUELO Y LA ABUNDANCIA DE
NEMATODOS BACTERIÓFAGOS Y FUNGÍVOROS
EN CULTIVOS DE *Pyrus communis*. L**



Lic. Silvana Rosa Morales



Mayo, 2020



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE (UNCo)

**Tesis presentada en la Facultad de Ingeniería como
requisito para acceder al grado académico de
Magister en Intervención Ambiental con Orientación
en Ingeniería Ambiental**

Director de Tesis: Ing. Agr (M.Sc). María Cristina Aruani (UNCo)

Co-director de tesis: Lic. (Mg.) Claudia Azpilicueta (LASAF)

Laboratorio de Servicios Agrarios y Forestales (LASAF).

Ministerio de Producción e Industria. Santiago del Estero 426. CP 8300.

Neuquén.

Email: lasaf_suelos@neuquen.gov.ar

COMITÉ EVALUADOR:

- **Dra. María Fernanda Achinelly**
- **Dra. Marina González Polo**
- **Dr. Gustavo Pedro Viozzi**

A mis padres
Por brindarme las herramientas
para concretar mis logros.

AGRADECIMIENTOS

A Cristina, por su confianza y su paciencia, y por abrirme las puertas del LASAF para el desarrollo de este proyecto.

A Claudia, por su acompañamiento y por brindarme sus conocimientos de manera incondicional.

Al LASAF, por permitirme llevar a cabo el desarrollo de esta tesis.

A las chicas del laboratorio, por hacer las jornadas amenas siempre con un mate de por medio.

A Jorge, por su apoyo incondicional en todos los momentos, buenos y malos, e incentivarme a continuar.

A Martina, mi hija, que me acompaña desde que inicie la maestría, la luz de mi vida.

A mis padres y a mis hermanos por estar siempre presentes.

A mi suegra Martha, por ayudarme con mi hija y acompañarnos diariamente.

A mis amig@s, que siempre han tenido una palabra de ánimo.

A Sara, por los momentos compartidos durante la cursada de la maestría y a Lili, por sus correcciones y aportes a la distancia. Mis amigas incondicionales.

A todos gracias!

Índice General

| | |
|---|-----------|
| 1. RESUMEN..... | 9 |
| 2. ABSTRAC | 10 |
| 3. INTRODUCCIÓN | 11 |
| 3.1. Suelo | 11 |
| 3.2. Estructura del Suelo..... | 12 |
| 3.2.1. Formación de agregados | 12 |
| 3.2.1.1. Agentes de agregación | 13 |
| 3.3. Estabilidad de la Estructura del Suelo | 17 |
| 3.4. Materia Orgánica | 18 |
| 3.4.1. Fracciones de la materia orgánica | 19 |
| 3.4.2. Funciones de la materia orgánica del suelo | 20 |
| 3.5. Los nematodos del suelo | 21 |
| 3.6. Relación entre la estructura, la materia orgánica y los nematodos del suelo..... | 23 |
| 4. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS | 27 |
| 5. MATERIALES Y MÉTODOS | 28 |
| 5.1. Localización y condiciones geo-climatológicas de la zona de estudio | 28 |
| 5.2. Diseño experimental | 32 |
| 5.3. Muestreo de los suelos | 34 |
| 5.4. Variables edáficas y biológicas | 35 |
| 5.5. Determinación de la nematofauna..... | 36 |
| 5.5.1. Parámetros e índices de la comunidad de nematodos..... | 37 |
| 5.6. Análisis estadístico..... | 37 |
| 6. RESULTADOS | 39 |
| 6.1. Análisis del suelo de los huertos | 39 |
| 6.1.1. Variables físico-químicas del suelo | 39 |
| 6.1.2. Materia orgánica y Agregados | 40 |
| 6.2. Composición de nematodos..... | 45 |

| | |
|---|-----------|
| 6.2.1. Nematodos Bacteriófagos..... | 48 |
| 6.2.2. Nematodos Fungívoros..... | 50 |
| 6.2.3. Nematodos Fitófagos facultativos | 52 |
| 6.2.4. Índices | 52 |
| 6.2.4.1. Relación entre nematodos fitófagos facultativos y fungívoros | 54 |
| 6.3. Relación de la nematofauna y las variables edáficas | 55 |
| 7. DISCUSIÓN..... | 58 |
| 8. CONCLUSIONES..... | 63 |
| 9. PERSPECTIVAS FUTURAS | 64 |
| 10. ANEXOS | 65 |
| 11. BIBLIOGRAFÍA..... | 69 |

Índice de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura N° 1: Múltiples interacciones y feedbacks entre los cinco factores que influyen en la formación y estabilización de los agregados. Extraído de Six et al., 2004..... | 12 |
| Figura N° 2: Unión entre las partículas de arcilla y la materia orgánica del suelo. Extraído de Tisdall & Oades, (1982)..... | 14 |
| Figura N° 3: Modelo de organización jerárquico. Extraído de Tisdall & Oades, (1982)..... | 16 |
| Figura N° 4: Evolución de la materia orgánica. Extraído de Imbellone et al., 2010..... | 19 |
| Figura N° 5: Grupos tróficos de nematodos (Fuente LASAF, 2016). | 22 |
| Figura N° 6: Nematodos Indicadores del flujo de recursos a través de canales de carbono de la red trófica del suelo. Extraído de Ferris & Bongers, 2006..... | 25 |
| Figura N° 7: Esquema del marco de plantación 4 x 2 m..... | 32 |
| Figura N° 8: Esquema del sitio de la toma de muestra..... | 34 |
| Figura N° 9: Variación del contenido de MOS en los huertos estudiados (n=30)..... | 41 |
| Figura N° 10: Variación estacional del contenido de MOP (%). | 41 |
| Figura N° 11: Diagrama de cajas de las variables MOS, MOP y MOF. | 42 |
| Figura N° 12: Diagrama de cajas de las variables macroagregados (MAg), microagregados (mAg) y I+a (limo más arcilla). | 44 |
| Figura N° 13: Representación de las variables en el ACP..... | 45 |

| | |
|---|----|
| Figura N° 14: Abundancia acumulada de nematodos microbívoros en los huertos B, M, Y y S. | 47 |
| Figura N° 15: Proporciones acumuladas de nematodos microbívoros en cada huerto. | 47 |
| Figura N° 16: Abundancia media de nematodos bacteriófagos por huerto y por estación. | 48 |
| Figura N° 17: Abundancia media de nematodos Ba1 por huerto. | 49 |
| Figura N° 18: Abundancia media de nematodos Ba2 por huerto. | 50 |
| Figura N° 19: Abundancia media de nematodos Fu | 51 |
| Figura N° 20: Abundancia media acumulada de nematodos fungívoros por huerto. | 52 |
| Figura N° 21: Abundancia media de nematodos fitófagos facultativos en cada huerto. | 52 |
| Figura N° 22: Relación entre MOF/MOP y F/B en los Huertos B, M, Y y S. | 54 |
| Figura N° 23: Representación de las variables en el ACP. | 56 |
| Figura N° 24: Representación de las variables en el ACP. | 57 |

Índice de Tablas

| | |
|---|----|
| Tabla N° 1: Concentración de N (kg N ha^{-1}) aplicado en los huertos en primavera y otoño durante tres ciclos productivos. | 31 |
| Tabla N° 2: Características de los suelos en los huertos del estudio. | 39 |
| Tabla N° 3: Propiedades físico – químicas del suelo promedio de 2 estaciones. | 40 |
| Tabla N° 4: Contenido de MOF ($\% \pm \text{E.E.}$) por huerto y estación. | 42 |
| Tabla N° 5: Distribución de las fracciones de los agregados ($\% \pm \text{E.E.}$) por huerto y estación. | 43 |
| Tabla N° 6: Abundancia media de nematodos (N° de individuos en 100 g suelo seco $\pm \text{EE}$) en los Huertos. | 46 |
| Tabla N° 7: Abundancia de nematodos bacteriófagos Ba1 ($\pm \text{EE}$) en cada Huerto. | 48 |
| Tabla N° 8: Abundancia media de nematodos Ba2* ($\pm \text{EE}$) en cada Huerto y Estación. | 49 |
| Tabla N° 9: Abundancia media de nematodos Fu* ($\pm \text{EE}$) en cada Huerto. | 50 |
| Tabla N° 10: Abundancia media de nematodos Fu2 ($\pm \text{EE}$) en los huertos. | 51 |
| Tabla N° 11: Relación F/B e índices de la comunidad de nematodos ($\pm \text{EE}$) en los huertos bajo estudio. | 53 |
| Tabla N° 12: Coeficiente de Correlación de Pearson entre EI, CI, MOP y MOF ($n=60$; $p<0,05$) | 53 |
| Tabla N° 13: Abundancia media de nematodos de enriquecimiento ($\pm \text{EE}$) por huerto. | 54 |
| Tabla N° 14: Relación Ff/Fu ($\pm \text{EE}$) en cada huerto. | 55 |

Tabla N° 15: Coeficiente de Correlación de Pearson entre Ff/Fu y CE y RAS (n=60; **p<0,004)..... 55

Índice de Fotografías

| | |
|---|----|
| Foto N° 1: Imagen satelital del área de estudio. | 28 |
| Foto N° 2: Imagen satelital de los huertos M y B. | 29 |
| Foto N° 3: Imagen satelital del huerto Y. | 29 |
| Foto N° 4: Imagen satelital del huerto S. | 30 |
| Foto N° 5: Perfiles de los suelos de los huertos bajo estudio. | 31 |
| Foto N° 6: Vista panorámica de una de las parcela de perales del ensayo. | 33 |
| Foto N° 7: Muestreo de suelo (Izq.) y recuperación de la muestra (Der.) | 35 |
| Foto N° 8: Tamices empleados para la separación de las fracciones gruesas y finas. | 36 |

1. RESUMEN

La materia orgánica (MOS) es un componente dinámico del suelo. Las fracciones de la MOS pueden ser divididas en particulada (MOP) y fina (MOF). Los nematodos intervienen en el reciclado de nutrientes del suelo. La hipótesis fue que a mayor contenido de MOP que de MOF, los nematodos bacteriófagos (Ba) serán más abundantes que los fungívoros (Fu). El análisis de suelo incluyó MOS, MOP, MOF, macroagregados (100-2000 μm), microagregados (1-100 μm), salinidad, textura, Ba, Fu y fitófagos facultativos (Ff) en cuatro huertos comerciales de pera (M, B, Y, S) durante 2010/2011 en el Valle de Río Negro. En los huertos B, Y y S, el porcentaje de microagregados fue aproximadamente el doble que de macroagregados, en M las fracciones de agregados fueron similares. El contenido de MOP (1,35%) fue más bajo que MOF (1,78%) en todos los huertos. En primavera, MOP y Ba fueron más altos que en otoño; aumentaron los oportunistas generalistas (Ba2) y de enriquecimiento (Ba1+Fu2). En el huerto S, con más partículas finas (77% de limo más arcilla), la MOS fue más alta debido, en parte, a la aplicación excesiva de fertilizantes nitrogenados. La relación F/B (fungívoros/bacteriófagos) fue más baja en S, indicando que la ruta de descomposición bacteriana dominó en la red trófica de detritos, mientras que en M e Y esta relación estuvo cerca de 1, señalando mayor participación de fungívoros. Una correlación positiva se observó entre la relación Ff/Fu y la conductividad eléctrica del suelo, sugiriendo que en los huertos con mayor salinidad (B y S) los Ff estarían involucrados en la descomposición de la MOS. Los resultados mostraron que la estructura del ensamble de nematodos microbívoros podría ser diferente en huertos con similar contenido de MOF, debido, posiblemente, a que la textura y la salinidad jueguen un rol importante en la regulación de la distribución de los nematodos en el suelo.

Palabras clave: materia orgánica particulada, nematodos microbívoros, agregados del suelo.

2. ABSTRAC

Organic matter (SOM) is a dynamic component of soil. SOM can be divided into particulate (POM) and fine (FOM). Nematodes are involved in soil nutrient cycling. I tested the hypothesis that when POM content is higher than FOM, then bacterivore (Ba) nematodes will be more abundant than fungivore (Fu) nematodes. Soil analysis included SOM, POM, FOM, macroaggregates (100-2000 μ m), microaggregates (1-100 μ m), salinity, texture, Ba, Fu and facultative plant parasitic nematodes (Ff) in four (M, B, Y, S) commercial pear orchards during 2010/2011 growing season, in Upper Río Negro Valley. In B, Y and S, percentage of microaggregates (66%) was about twice that of macroaggregates while in M, aggregate fractions were similar. The POM content (1.35%) was lower than FOM content (1.78%) in all the orchards. In spring POM and Ba were higher than in autumn; the general opportunists (Ba2) and enrichment opportunists (Ba1+Fu2) increased. In S with more fine soil particles (77% silt plus clay), SOM was higher due in part to excessive nitrogen fertilizer application. The relation F/B (fungivores to bacterivores) was lower in S, a bacterial decomposition pathway dominated in the detritus food web; while in M and Y, the relation F/B was next to one, consistent with a greater participation of fungivores. A positive correlation was observed between the relation of Ff/Fu and the values of soil electrical conductivity, suggesting that in B and S, with higher salinity, Ff can also be involved in SOM decomposition. The results showed that the structure of microbivores assemblage could be different in orchards with similar fine organic matter content, possibly the soil texture and salinity play an important role in regulating the distribution of nematodes in the soil

Keywords: particulate organic matter, microbivorous nematodes, soil aggregates

3. INTRODUCCIÓN

3.1. SUELO

Los suelos están constituidos por una fracción mineral, compuesta por partículas de diferentes tamaños arena, limo y arcilla; y una fracción orgánica. La combinación de las partículas minerales constituye la textura del suelo. Por acción de agentes orgánicos e inorgánicos, estas partículas se unen formando agregados. Estos agregados se forman por el producto de la actividad microbiana del suelo, la descomposición de los compuestos orgánicos y componentes minerales del suelo, la naturaleza de las comunidades de plantas en la superficie y la historia del ecosistema (Briar et al., 2011).

Los agregados no sólo protegen físicamente la descomposición de la materia orgánica del suelo (Tisdall & Oades, 1982), sino que también influyen en la estructura de la comunidad microbiana (Hattori, 1988), limitan la difusión de oxígeno (Sexstone et al., 1985), regulan el flujo de agua (Prove et al., 1990), determinan la adsorción y desorción de nutrientes (Wang et al., 2001), reducen la escorrentía y la erosión y favorecen la infiltración (Barthes & Roose, 2002). Todos estos procesos tienen efectos profundos en la dinámica de la materia orgánica del suelo (MOS) y el ciclado de nutrientes (Six et al., 2004). La distribución y la estabilidad de los agregados, y los poros dentro y entre ellos, afectan la composición y actividad de las comunidades bióticas del suelo (Tisdall, 1994; Mikha & Rice, 2004). Entre los principales factores que influyen directamente en la agregación del suelo se encuentran: la fauna del suelo, los microorganismos, las variables ambientales, los agentes cementantes inorgánicos y orgánicos y las raíces e indirectamente la agregación del suelo favorece el desarrollo de las raíces y a la actividad biótica del suelo (Figura N° 1).

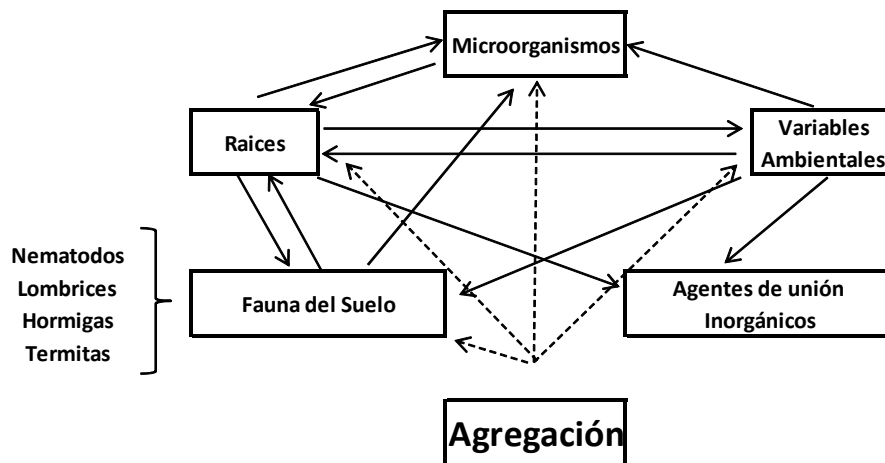


Figura N° 1: Múltiples interacciones y feedbacks entre los cinco factores que influyen en la formación y estabilización de los agregados. Extraído de Six et al., 2004.
En flechas enteras se indican los factores que influyen directamente en la estructura y agregación del suelo. En flechas punteadas, el efecto indirecto que ejercen los agregados del suelo en el desarrollo de la comunidad biótica del suelo y de las variables ambientales.

3.2. ESTRUCTURA DEL SUELO

La forma en que se disponen los agregados (peds) del suelo, es decir unidades mayores separadas con planos débiles entre sí constituyen la estructura del suelo. Desde el punto de vista morfológico, la estructura es la forma en que se agrupan las partículas primarias (arena, limo y arcilla) del suelo generando espacios vacíos denominados poros (Bronick & Lal, 2005). En la génesis de la estructura intervienen factores abióticos y bióticos. Entre los primeros se puede mencionar el efecto cementante que ejercen los cationes del suelo, la interacción de las partículas de arcilla y la materia orgánica, los estados de humedecimiento y secado. Entre los factores bióticos existen mecanismos biológicos de estabilización de los agregados como la actividad de la vegetación, de la fauna y de los microorganismos. Los procesos biológicos (formación y transformación del carbono) gobiernan la dinámica de la materia orgánica del suelo (Duiker et al., 2003). Estos procesos junto con el ciclo del carbono orgánico del suelo (COS), están controlados por los factores de formación del suelo tales como: clima, biota, relieve, material originario y tiempo (Jenny, 1941).

3.2.1. Formación de agregados

La cubierta vegetal es un factor importante en la génesis de los suelos debido a que: 1) produce residuos que son fuente de energía para la actividad microbiana, 2) el sistema de raíces influye en la formación de agregados estables (grupos de

tierra redondeados que están engarzados en la red de raíces), y 3) protege la estabilidad de los agregados de la superficie contra la acción destructora de la gota de lluvia.

Es conocido que las raíces de las plantas influyen en la agregación de las partículas de suelo en la rizósfera. La rizósfera es la parte del suelo inmediata a las raíces de las plantas. En esta región se llevan a cabo una serie de reacciones físicas y químicas que afectan a la estructura del suelo y a los organismos que viven en él. Las raíces liberan compuestos orgánicos en el suelo circundante, generando cambios en la estabilidad de los agregados de la rizósfera atribuidos a los exudados de las mismas (Oades, 1984; Torres-Guerrero et al., 2013). Los exudados están compuestos por moléculas orgánicas de diferentes pesos moleculares (Morel et al., 1991). Los exudados de alto peso molecular como los mucílagos, son compuestos dominantes liberados por el ápice de las raíces. Debido a la naturaleza polisacáridica del mucílago podría jugar un papel importante en la cementación de las partículas de suelo (Walker et al., 2003). Morel et al. (1991), observaron que la exudación de mucílago por plantas de maíz en dos tipos de suelo arcillo-limoso y franco limoso incrementó significativamente la estabilidad de los agregados del suelo. Los mucílagos liberados frescos son capaces de adherir muy rápidamente las partículas del suelo y pueden proteger los nuevos agregados formados de la destrucción por el agua. En suelos arcillo limosos, la actividad microbiana contribuye a la estabilización de estas uniones órgano-minerales.

3.2.1.1. Agentes de agregación

El agregado de materia orgánica al suelo como fuente de energía, intensifica la actividad microbiana y se manifiesta directamente en un aumento en la población de microorganismos. En los procesos metabólicos de los mismos se sintetizan complejas moléculas orgánicas y productos residuales de la descomposición de los materiales orgánicos que influyen en la agregación del suelo.

La naturaleza de los agentes o sustancias que permiten la agregación de las partículas se agrupan en 3 categorías: transitoria, temporaria y persistente (Tisdall & Oades, 1982).

Transitoria: Los agentes de uniones transitorios son sustancias mucilaginosas extracelulares llamados polisacáridos pero también contienen ácidos poliurónicos y

compuestos aminos (Tisdall & Oades, 1982). Incluye a los polisacáridos microbianos y a los polisacáridos asociados a las raíces y a la biomasa microbiana en la rizósfera. Se producen rápidamente pero son descompuestos inmediatamente originando agregados estables transitorios ($> 250 \mu\text{m}$). Los polisacáridos estabilizan agregados menores de $50 \mu\text{m}$ y además floculan las arcillas y su importancia es menor en aquellos suelos con alto contenido de materia orgánica.

Temporaria: son las raíces e hifas, particularmente las arbusculas vesiculares de las micorrizas de los hongos. Pueden permanecer meses o años y son afectados por el manejo del suelo. Las raíces al descomponerse aportan residuos orgánicos acompañados de una gran población microbiana en la zona de la rizósfera, pero las raíces de algunas plantas como las pasturas actúan por sí mismas como agentes de unión. La combinación de hifas y raíces finas mantienen las partículas fuertemente unidas en todas las dimensiones protegiendo al agregado del estallido cuando el suelo es humedecido rápidamente.

Persistente: Incluye complejos de arcilla-metales polivalente-materia orgánica ($<250 \mu\text{m}$). Son derivados de fragmentos de raíces, hifas, células bacterianas y colonias desarrolladas en la rizósfera. Se cree que la MOS está en el centro del agregado rodeada de partículas de arcillas sorbidas sobre la misma, más que, la MOS sorbida sobre la superficie de las arcillas (Figura N° 2). Se incluyen en este grupo polímeros fuertemente sorbidos como polisacáridos y MOS estabilizada por acción con los metales.

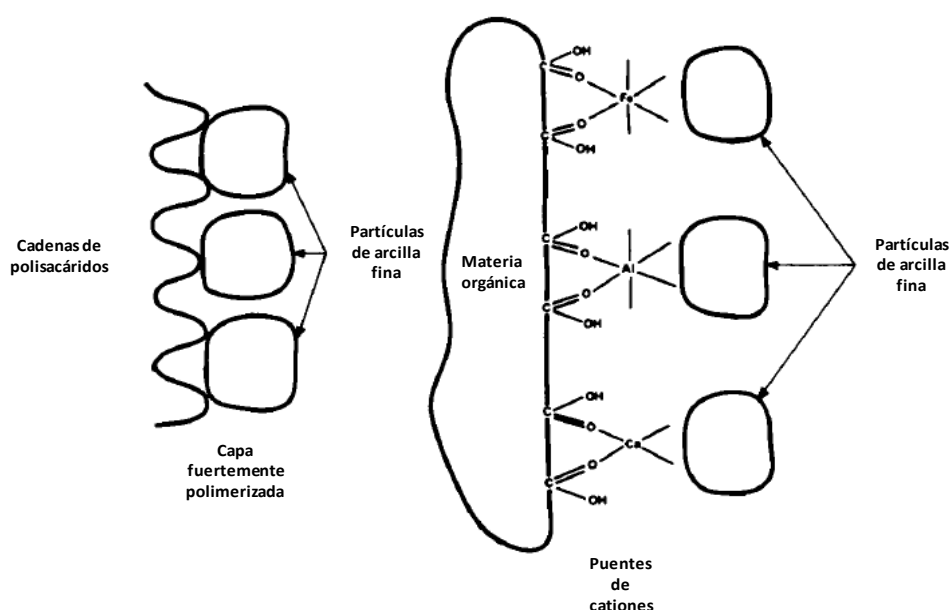


Figura N° 2: Unión entre las partículas de arcilla y la materia orgánica del suelo.
 Extraído de Tisdall & Oades, (1982).

Según el modelo de Tisdall & Oades (1982), la formación y estabilización de los agregados se presenta en forma jerárquica. Según este modelo se muestran 4 estados de agregación: $< 0,2 \mu\text{m}$ - $2 \mu\text{m}$; $2 - 20 \mu\text{m}$; $20 - 250 \mu\text{m}$; $> 2000 \mu\text{m}$.

Agregados $> 2000 \mu\text{m}$ de diámetro: las partículas se mantienen unidas principalmente por una red de raíces e hifas siendo agentes de unión transitorios y temporarios y la estabilidad está controlada por las prácticas agrícolas.

Agregados $20-250 \mu\text{m}$ de diámetro: Son estables ante un rápido humedecimiento y no se destruyen por las prácticas de manejo. Los agentes de unión son varios y presentan un efecto aditivo, entre ellos: materia orgánica, óxidos cristalinos y aluminosilicatos.

Agregados de $2-20 \mu\text{m}$: son partículas $< 2 \mu\text{m}$ unidas fuertemente por compuestos orgánicos fuertes y no son disturbadas por las prácticas agrícolas. Al microscopio electrónico, dentro de la sección de la rizósfera, se observa colonias de bacterias encapsuladas compuestas de carbohidratos, unidas fuertemente por partículas de arcillas. También algunas hifas de hongos producen una capa de material amorfo, probablemente polisacáridos, unidas por partículas de arcilla.

Agregados $< 2 \mu\text{m}$: Estas partículas con frecuencia están floculadas. Son agregados muy finos donde la materia orgánica está sorbida a la superficie de las arcillas formando una interacción órgano mineral.

Este concepto de jerarquía agregada propuesto por Tisdall & Oades (1982) considera que las partículas primarias libres y agregados de limos ($<20 \mu\text{m}$) están unidos en microagregados ($20-250 \mu\text{m}$) por agentes de unión persistentes como la materia orgánica humificada, complejos de cationes metálicos polivalentes, óxidos y aluminosilicatos altamente desordenados. Estos microagregados estables, a su vez, están unidos entre sí por agentes aglutinantes en macroagregados ($> 250 \mu\text{m}$) temporales (hifas de hongos y raíces) y transitorios (microbios y polisacáridos derivados de las plantas). Debido a este orden jerárquico de los agregados y sus agentes de unión, la estabilidad de los microagregados es más alta y menos dependiente del manejo agrícola que la estabilidad de los macroagregados (Figura N° 3).

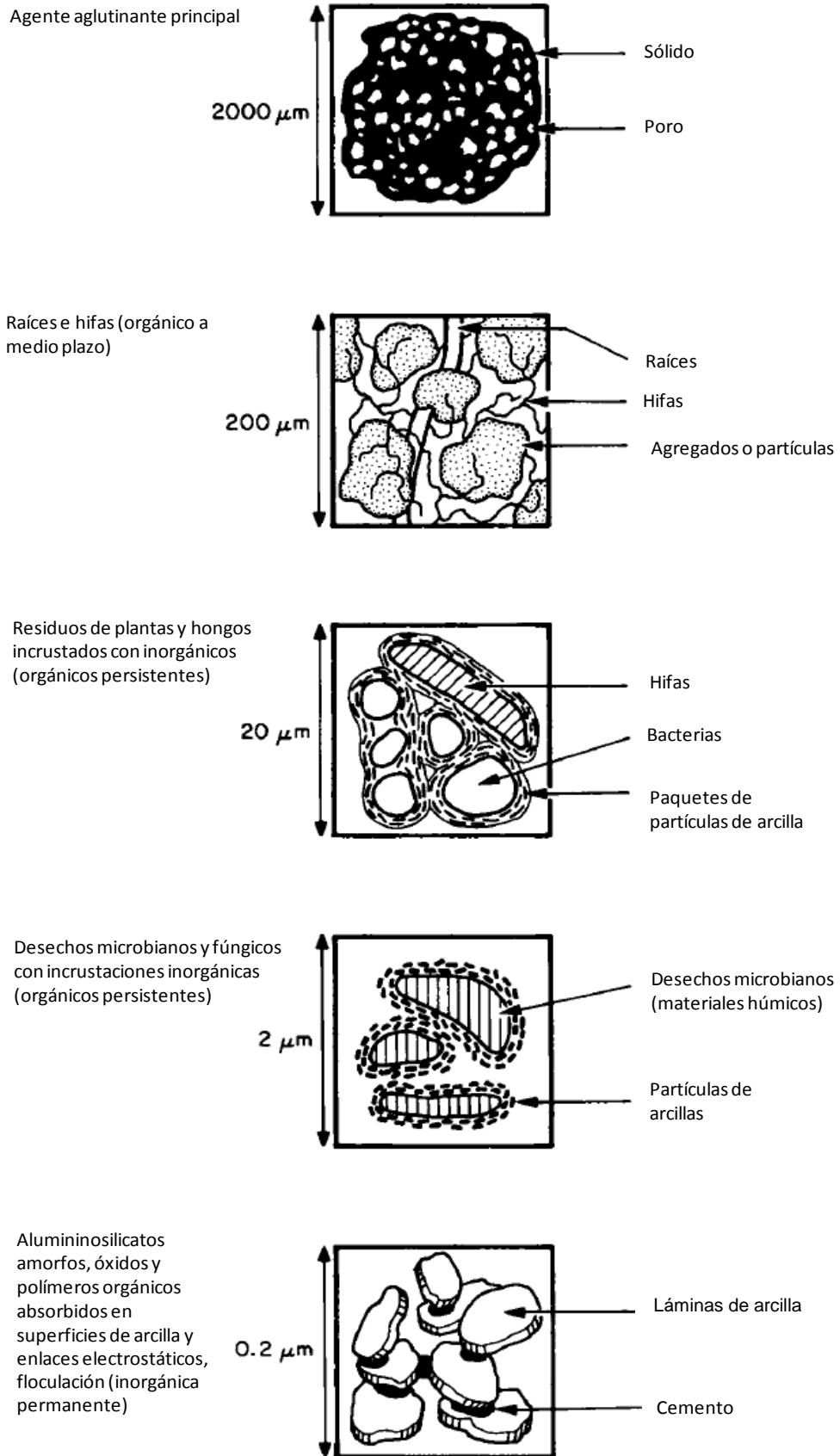


Figura N° 3: Modelo de organización jerárquico.

Extraído de Tisdall & Oades, (1982).

El modelo de organización jerárquico de los agregados propuesto por Tisdall & Oades (1982), considera que los microagregados no se encuentran formados por restos de vegetales pero si se estabilizan con materiales de origen microbiológico (Totsche et al., 2018). Estudios recientes señalan que los agregados del suelo de diferentes tamaños, se encuentran formados por materiales de origen mineral, orgánico y biológico que pueden actuar como parte del agregado en su unidad de construcción o como agente de unión (Totsche et al., 2018).

3.3. ESTABILIDAD DE LA ESTRUCTURA DEL SUELO

La estabilidad de los agregados es una medida de su vulnerabilidad, en otras palabras es la resistencia de los agregados a la rotura cuando están sujetos a una presión o fuerza destructiva del agua o a la manipulación mecánica. Como el agua tiene alta constante dieléctrica, alta tensión superficial y baja viscosidad, penetra rápidamente en los poros de los agregados, comprime el aire que en ellos se encuentra y produce el estallido del mismo (Krull et al., 2004).

El efecto de la manipulación mecánica (labranza), en suelos cultivados desintegra los macroagregados en microagregados afectando la estabilidad de los primeros, mientras que los microagregados permanecen sin cambiar (Elliott, 1986; Cambardella & Elliott, 1992). Los microagregados tienen materia orgánica humificada más estable que la asociada a los macroagregados, por lo tanto, la labranza facilita la oxidación y pérdida de la MOS de los macroagregados (Cambardella & Elliott, 1992) a menos que el nivel de materia orgánica del suelo se mantenga relativamente alto y que el manejo mecánico del mismo se realice en condiciones óptimas de humedad.

Las investigaciones sugieren la adopción de prácticas de manejo sustentable como una forma de mitigar el efecto detrimental en el uso del suelo en agricultura intensiva. Estos manejos tales como uso de labranza reducida, labranza cero, uso de coberturas verdes, entre otras, son especialmente efectivas para mantener o incrementar la estabilidad estructural y disminuir la descomposición y pérdida de la MOS, favoreciendo un incremento en la relación C/N y la fertilidad (Peigné et al., 2012). Lipiec et al. (2012) encontraron que en cultivos de gramíneas (trigo, cebada, centeno, triticale y maíz), se generaron agregados estables mayores de 200 μm por efecto de la penetración de los sistemas radiculares y en condiciones de labranza reducida. Las sustancias mucilaginosas liberadas por las raíces se adhieren a las

partículas del suelo, protegiendo a los agregados contra la destrucción del agua (Morel et al., 1991).

3.4. MATERIA ORGÁNICA

La MOS es un compuesto dinámico del suelo que influye en las características físicas e hidrológicas de los suelos y además, es una fuente de nutrientes esenciales para la producción de biomasa vegetal en los diferentes ecosistemas (Dubeux et al., 2006).

Los restos orgánicos de todo tipo que llegan al suelo, tanto de origen vegetal, animal y microbiológico constituyen la fuente de materia orgánica del suelo. Estos residuos están formados por una amplia variedad de sustancias. Alrededor del 95% está constituida por celulosa, hemicelulosa, lignina y sustancias nitrogenadas como proteínas, fenoles, aminoácidos libres y numerosos productos del metabolismo secundario de las plantas (Lehmann & Kleber, 2015). Los restos son transformados por la mesofauna y los microorganismos del suelo. Estos últimos, se encargan de la biodegradación de estas moléculas mediante el uso de enzimas extracelulares específicas, dando como resultado dos grupos de compuestos (Imbellone et al., 2010):

- Por un lado se generan *sustancias minerales solubles o gaseosas* (NH_3 , CO_2 , NO_3^- , SO_4^{2-} , etc. Este proceso de simplificación se desarrolla más o menos rápidamente, dependiendo de las condiciones del medio y del tipo de restos orgánicos y se denomina *mineralización primaria*.
- Por otro lado, algunos *residuos orgánicos complejos*, experimentan diversos tipos de transformaciones por diversos mecanismos, englobados bajo el nombre de *humificación*. Estas sustancias húmicas también se pueden mineralizar pero a un ritmo apreciablemente más lento, por lo cual este proceso se denomina *mineralización secundaria* (Figura N° 4).

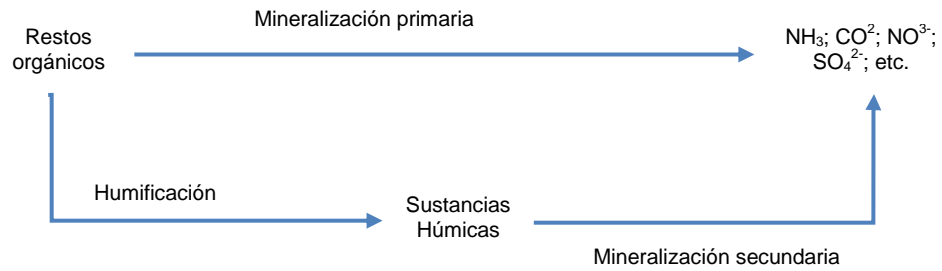


Figura N° 4: Evolución de la materia orgánica. Extraído de Imbellone et al., 2010.

El camino metabólico de la materia orgánica, mineralización versus humificación, depende principalmente de tres parámetros: (1) la relación carbono/nitrógeno de los restos orgánicos. Cuanto más se acerque a la relación C/N de los microorganismos (8-10) más se facilitará el ataque microbiano; (2) de la cantidad de precursores húmicos de residuos (compuesto fenólicos y quinónicos conteniendo principalmente lignina); (3) de la temperatura (Vázquez, 2007). Otros factores que pueden influir en dicha relación son la aireación y la humedad del suelo (Imbellone et al., 2010).

La MOS está constituida por moléculas orgánicas grandes procesadas por hongos y bacterias que conduce a una disminución en el tamaño del material vegetal con incrementos en grupos polares e ionizables, y por lo tanto, solubles en agua. La protección a la descomposición de la MOS aumenta con la formación de los complejos órgano-minerales y su incorporación a los agregados del suelo (Lehmann & Kleber, 2015).

3.4.1. Fracciones de la materia orgánica

La materia orgánica está compuesta por dos fracciones con características y propiedades marcadamente diferentes: la fracción fina o humificada (MOF) asociada a los microagregados y la fracción gruesa (MOP) asociada a los macroagregados (Galantini & Suñer, 2008).

La MOP está constituida por restos vegetales, animales y hongos en distintos grados de descomposición y con tamaño de partícula entre 50 y 2000 μm (macroagregados). Esta fracción que presenta un rápido reciclado, es la llamada materia orgánica particulada (MOP) y puede ser separada por tamizado (Cambardella & Elliot, 1992; Galantini, 2005). El seguimiento de la variación del contenido de MOP puede dar indicios tempranos de los efectos producidos por las prácticas de manejo (Álvarez & Álvarez, 2000; Carter, 2002; Fabrizzi et al., 2003;

Galantini & Suñer, 2008). La MOP ha sido propuesta como un indicador sensible y precoz del efecto de los sistemas de producción sobre la variación de la MOS del suelo (Haynes & Tregurtha, 1999; Galantini, 2005).

La MOF, se encuentra asociada a la fracción mineral fina, es más estable y está definida por un rango de tamaño menor a 50 μm unida a los microagregados (Cambardella & Elliot, 1992; Six et al., 2004).

3.4.2. Funciones de la materia orgánica del suelo

Son múltiples las funciones de la MOS y las formas en que influye en diversas propiedades del suelo. La MOS favorece la agregación de las partículas del suelo, aumenta la estabilidad estructural mediante la acción de secreciones microbiana, incrementa la absorción y retención de agua, favorece el intercambio de líquidos y gases con los organismos, interviene positivamente en el ciclo del agua favoreciendo la captación, almacenamiento y producción vegetal, al mismo tiempo que disminuye el escurrimiento superficial y la pérdida de materiales. En consecuencia, la MOS junto a la cobertura superficial (mantillo) y biomasa vegetal en pie, reducen el impacto destructivo provocado por la erosión hídrica y eólica (Imbellone et al., 2010).

La MOS provee energía y sustrato para la biota del suelo. Contribuye a la productividad de los cultivos porque a través de la mineralización de los compuestos orgánicos libera nutrientes que son captados por las plantas (FAO, 2005; Dubeux et al., 2006). Los ácidos fúlvicos, más solubles, favorecen la hidrólisis y solubilización de minerales liberando elementos nutritivos. En cambio las sustancias húmicas tienen acción quelante sobre los iones metálicos, formando complejos más estables, disminuyendo así la movilidad y absorción de los metales pesados por las plantas (Miravé et al., 1987; Imbellone, et al., 2010). Se ha determinado que la MOS también tiene acción protectora al combinarse con metales pesados y otros contaminantes (Piccolo, 1994).

La MOS tiene poder buffer del pH, atenuando las variaciones de la reacción del suelo por el agregado de ácidos o bases, y amortigua los cambios de temperatura, principalmente de los horizontes superiores (Imbellone et al., 2010).

3.5. LOS NEMATODOS DEL SUELO

Los nematodos son los organismos más abundantes de los metazoos (Bongers & Ferris, 1999). Son invertebrados pseudocelomados, se los conoce como gusanos cilíndricos. Los nematodos del suelo pueden medir entre 0,2 a 5 mm de longitud aproximadamente. Presentan el cuerpo revestido por una cutícula de naturaleza proteica flexible y semipermeable (Chaves et al., 1995). Los nematodos edáficos viven en la película de agua que rodea las partículas del suelo, y esta cutícula les permite estar en contacto directo con cualquier contaminante (Sánchez-Moreno & Talavera, 2013).

El extremo anterior, donde se encuentra la boca, es una región redondeada o truncada; la parte posterior es aguzada y en ella se encuentra el ano. Presentan órganos sensoriales, que en la Clase Adenophorea están distribuidos por todo el cuerpo y en la Clase Secernentea se encuentran en la parte lateral del cuerpo y se los llama deiridios, y a los órganos sensoriales de la región caudal se los denomina fasmidios (Chaves et al., 1995).

Los nematodos ocupan posiciones clave en la mayoría de los niveles tróficos en las redes alimenticias del suelo, pueden ser capturados y enumerados por procedimientos de extracción estandarizados y se identifican fácilmente a partir de caracteres morfológicos y anatómicos. Además, como sus hábitos alimenticios están claramente relacionados con la estructura oral, sus roles tróficos son fácilmente inferidos (Ferris et al., 2001).

La comunidad de nematodos edáficos está conformada por individuos de distintos hábitos alimenticios que pueden clasificarse según la morfología de su cavidad bucal y esófago (Yeates et al., 1993) en al menos cinco grupos tróficos: Figura N° 5.

- I) *Bacteriófagos*, que se alimentan de bacterias;
- II) *Fungívoros*, que se alimentan de hongos. Estos grupos regulan las poblaciones microbianas y participan activamente en el mantenimiento del ciclo de nutrientes y en la mineralización del N (Sánchez-Moreno & Talavera, 2013).
- III) *Fitófagos*, herbívoros, que se alimentan de las raíces de las plantas y algunas especies parasitan tallos y hojas (Sánchez-Moreno & Talavera, 2013);

IV y V) *Depredadores y Omnívoros* que se alimentan de otros organismos edáficos, incluidos otros nematodos (Azpilicueta & Aruani, 2016) y pueden ser importantes en la supresión de especies plaga o invasoras (Sánchez-Moreno & Talavera, 2013).

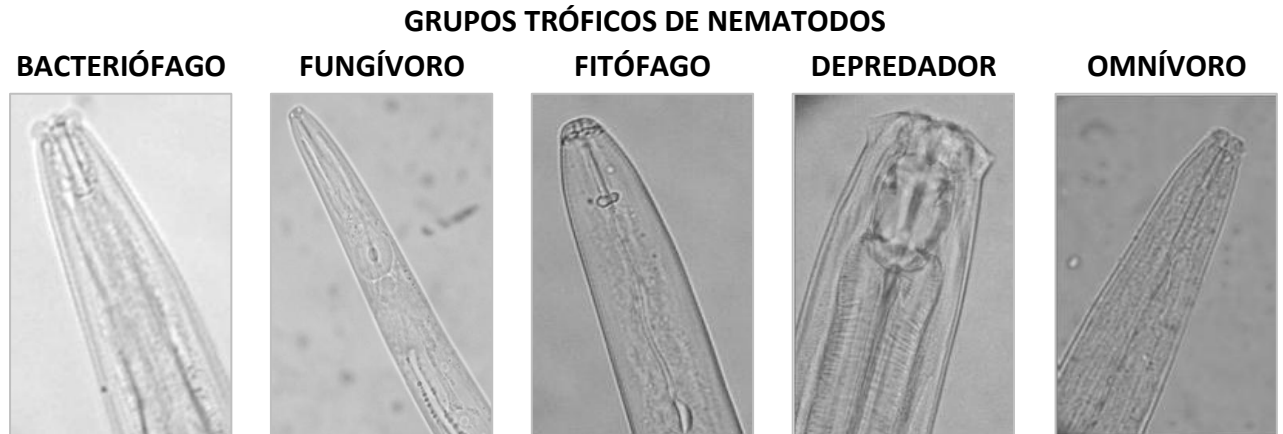


Figura N° 5: Grupos tróficos de nematodos (Fuente LASAF, 2016).

Los nematodos presentan características fundamentales que hacen de estos organismos excelentes bioindicadores (Neher, 2001; Sánchez-Moreno & Talavera, 2013), estas son:

1. Presentan especies que pueden ser incluidas en al menos cinco grandes grupos tróficos, que, unido a la variabilidad de tipos de ciclos de vida dan lugar a numerosos grupos funcionales.
Los grupos tróficos de nematodos son fácilmente identificables por estructuras morfológicas asociadas a sus hábitos alimenticios (Figura N° 5).
2. Son relativamente pequeños y presentan ciclos vitales relativamente cortos lo que les permite responder rápidamente a cambios en el ambiente, a la vez que las fluctuaciones en sus poblaciones no son tan rápidas como las de otros microorganismos del suelo.
3. Son ubicuos, aparecen incluso en áreas contaminadas y se encuentran distribuidos a lo largo de todo el perfil del suelo.
4. Debido a su abundancia y tamaño es posible extraerlos del suelo y estimar sus densidades con relativa facilidad.
5. Poseen el cuerpo revestido por una cutícula semipermeable que les permite estar en contacto directo con su microambiente.

6. Algunos nematodos presentan estados de resistencia o quiescencia que les permiten sobrevivir inactivos cuando las condiciones de crecimiento o desarrollo no son favorables.

Los nematodos son utilizados como indicadores ambientales de contaminación. En las comunidades de nematodos del suelo existen géneros o especies que son sensibles o tolerantes a impactos específicos de ciertas prácticas agrícolas, por lo que pueden ser utilizados como bioindicadores de determinados usos del suelo (Yeates & Van der Meulen, 1996).

Cada vez más se considera a los nematodos como bioindicadores, debido a un mayor conocimiento de su taxonomía e historia natural y a que juegan un papel muy importante en procesos ecológicos esenciales del suelo (Gupta & Yeates 1997). Neher & Olson (1999), Hodda et al. (2001) y Fiscus & Neher (2002), sugirieron una serie de taxones como especies clave en el caso de alteraciones físicas o químicas en agroecosistemas. No obstante la selección de taxones clave como bioindicadores debe ser ejercida con precaución, debido a que las prácticas agrícolas a menudo emplean una combinación de alteraciones físicas y químicas que pueden producir efectos contrapuestos en la estructura de las comunidades nematológicas (Fiscus & Neher, 2002). Las condiciones locales también pueden jugar un papel relevante, y determinados taxones pueden comportarse como sensibles o resistentes a un cierto tipo de perturbación en función de condiciones específicas (Sánchez-Moreno et al., 2006).

Además de ocupar diversos nichos ecológicos en el suelo, los nematodos (y otra fauna del suelo) poseen la capacidad de moverse hacia su fuente de alimento (Griffiths & Caul, 1993). Dado que los espacios porosos del suelo dependen en gran medida del tamaño y disposición de los agregados del suelo (Wu et al., 1990; Lebron et al., 2002), la distribución de la fauna del suelo, con tamaños de cuerpo variables, depende probablemente del grado de agregación del suelo y los recursos asociados con las diferentes estructuras del suelo (Quénéhervé y Chotte, 1996).

3.6. RELACIÓN ENTRE LA ESTRUCTURA, LA MATERIA ORGÁNICA Y LOS NEMATODOS DEL SUELO

Los organismos del suelo viven dentro o entre los agregados del mismo, de acuerdo a sus hábitos de alimentación, tamaño y acceso a los recursos y se encuentran limitados por los espacios entre los poros (Briar et al., 2011). Los inter e

intra-agregados se definen como espacios porosos entre y dentro de los agregados, respectivamente. Por ejemplo, las bacterias pueden ocupar los poros de menos de 3 μm de diámetro, mientras que los organismos más grandes como nematodos, se limitan a los poros más grandes (Hassink et al., 1993). Los nematodos se encuentran prácticamente en todos los medios (Yeates, 1979) y su abundancia está en relación con la presencia de materia orgánica y varía entre diferentes fracciones de agregados (Briar et al., 2011).

Los poros inter-agregados corresponden a nichos transitorios donde los nematodos migran en busca de su fuente de alimento. Estos no se mueven en poros llenos de agua mayores de 30 μm de diámetro (Neher & Olson, 1999). Los poros entre 200-1000 μm de diámetro pueden limitar la colonización debido a que los poros con diámetros mucho mayores que el diámetro de los nematodos pueden impedir el movimiento de los mismos (Quénéhervé & Chotte, 1996).

La evaluación de la composición de la comunidad de nematodos puede proporcionar una visión de los procesos biológicos del suelo (Ritz & Trudgill, 1999), debido a que diferentes grupos tróficos de nematodos están especializados en lo que respecta a sus fuentes de alimento y juegan un papel esencial en el funcionamiento de los ecosistemas (Figura N° 6) (Ingham et al., 1985; Yeates et al., 1993; Ferris et al., 1996; Ferris & Matute, 2003; Ferris & Bongers, 2006). Así, los nematodos bacteriófagos y fungívoros consumen bacterias y hongos, respectivamente y están involucrados indirectamente en la descomposición y mineralización del nitrógeno en el suelo, de esta manera aceleran la descomposición y liberación de nutrientes para el crecimiento de las plantas (Liang et al., 2009). La relación nematodos fungívoros/bacteriófagos (F/B) proporciona información sobre la ruta de descomposición de la materia orgánica del suelo en la red de detritos. Valores bajos indican tasas de descomposición altas y recambio de nutrientes basadas en bacterias y valores altos indican rutas de descomposición fúngicas (Wasilewska, 1997).

Por otra parte, el análisis de la nematofauna, a partir de la abundancia relativa de los gremios colonizador-persistentes (c-p), proporciona una medida del funcionamiento de la cadena trófica del suelo (Ferris et al., 2001). Los gremios colonizadores comprenden familias taxonómicas con ciclos de vida corto, alta fecundidad, tolerantes al disturbio como Rhabditidae, Panagrolaimidae y Diplogasteridae. En cambio los gremios persistentes reúnen a las familias con

características más sensibles al disturbio, se caracterizan por ciclos de vida largos, baja fecundidad y generalmente aparecen más tarde en la sucesión como Aporcelaimidae, Actinolaimidae, entre otras (Bongers & Bongers, 1998).

Ferris et al. (2001) analizaron la nematofauna en relación al enriquecimiento y estructura de la red trófica del suelo. Este análisis incluye el cálculo del índice de enriquecimiento de la red trófica (EI) y el índice canal (CI). El EI está basado en la sensibilidad de los nematodos oportunistas a la disponibilidad del recurso y se relaciona positivamente con la disponibilidad de nitrógeno (Ferris et al., 2001, Sánchez-Moreno & Talavera, 2013). El índice canal (CI), indica la vía predominante de descomposición de la MOS, un valor alto de CI (> 50 %) señala canales de descomposición fúngicas y valores más bajos (< 50 %) sugiere rutas de descomposición bacterianas (Ferris et al., 2001).

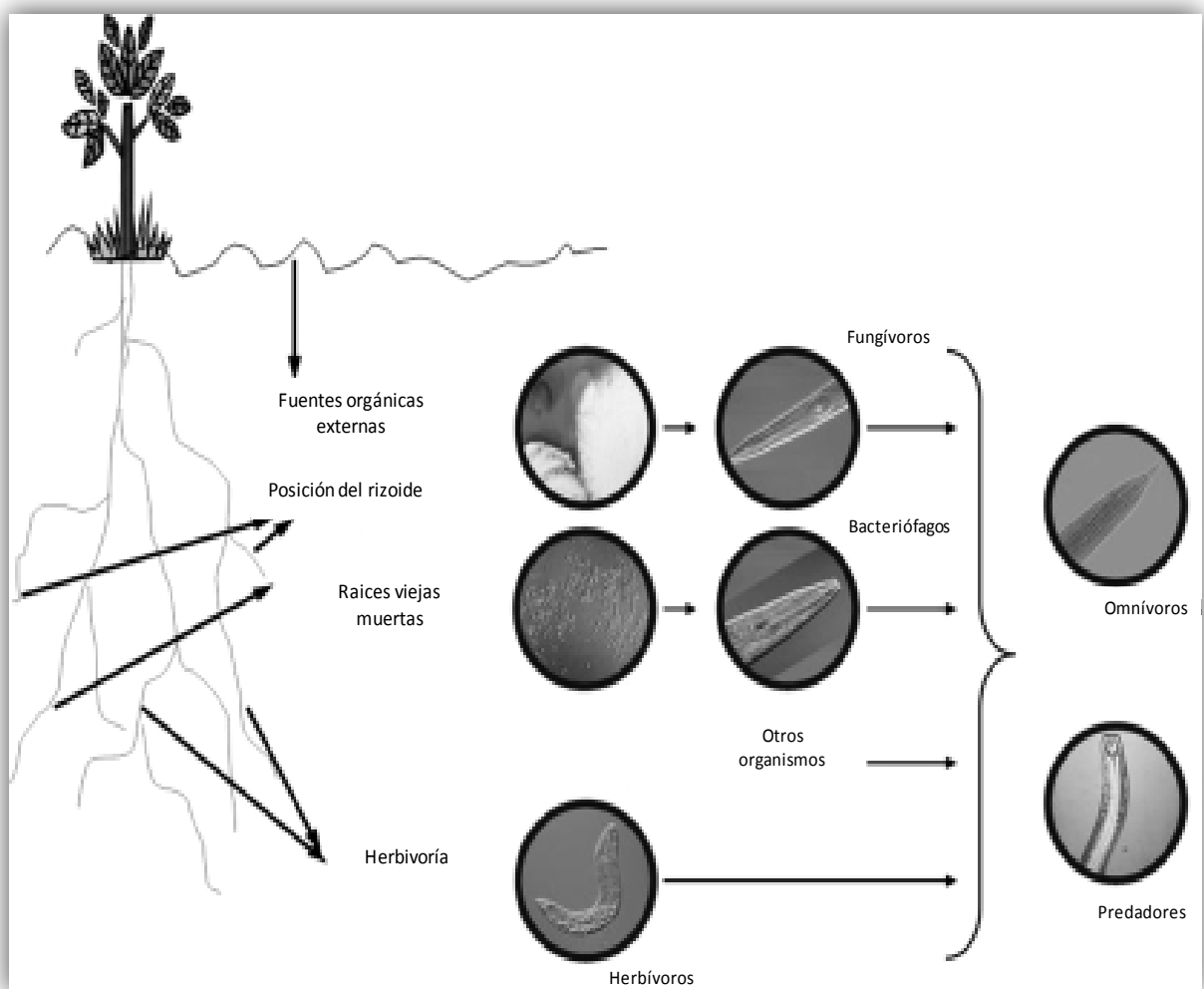


Figura N° 6: Nematodos Indicadores del flujo de recursos a través de canales de carbono de la red trófica del suelo. Extraído de Ferris & Bongers, 2006.

En la zona del Alto Valle de Río Negro y Neuquén, la MOS es una de las principales fuentes de nutrientes para la producción frutícola. Se han realizado estudios sobre el contenido de MOS en diferentes suelos con historia frutícola de más de 20 años, señalando que la mayoría de los suelos están medianamente provistos de MOS (Aruani et al., 2001). Además, en otras experiencias se ha evaluado el efecto de la fertilización nitrogenada sobre la abundancia de los nematodos bacteriófagos y fungívoros (Azpilicueta et al., 2008) y la relación de estos grupos tróficos con distintas historias de manejo del suelo (Azpilicueta et al., 2011). En la zona no se cuenta con información sobre la relación entre las diferentes fracciones de la MOS con la comunidad de nematodos bacteriófagos y fungívoros, es por ello, que el objetivo de este estudio será examinar las poblaciones de estos nematodos como así también los índices de la red trófica del suelo que permitirán evaluar la velocidad de la mineralización de la MOS debido a que estos grupos tróficos interactúan con la microflora. Además, a partir de la estimación cuantitativa de las fracciones de la MOS se podrá interpretar la dinámica estacional de las mismas bajo un sistema de manejo intensivo.

4. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

Debido a que en los sistemas agrícolas el uso de fertilizantes es una práctica de manejo corriente y sabiendo que la fertilización favorece la secreción de exudados radicales y aumenta la producción vegetal, es que se plantea la siguiente hipótesis:

✚ *En los sitios donde la relación entre las fracciones de materia orgánica particulada y materia orgánica fina es mayor, la abundancia de nematodos bacteriófagos será mayor con respecto a la abundancia de nematodos fungívoros, debido al tipo de recurso (lábil o fina).*

✚ **OBJETIVO GENERAL**

Relacionar el contenido de materia orgánica del suelo y sus fracciones con la abundancia de nematodos bacteriófagos y fungívoros, en dos momentos fenológicos de los perales.

✚ **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Determinar la materia orgánica total del suelo y las fracciones de distinto grado de labilidad.

Relacionar la abundancia de los nematodos bacteriófagos y fungívoros, los índices canal y de enriquecimiento con la materia orgánica total y sus fracciones.

Evaluar la contribución de la interacción entre las fracciones de la MOS y los nematodos bacteriófagos y fungívoros en los procesos del suelo en dos momentos fenológicos de la planta: fase de desarrollo del fruto y, fase final del cultivo, primavera y otoño respectivamente.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. LOCALIZACIÓN Y CONDICIONES GEO-CLIMATOLÓGICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

El estudio se llevó a cabo en huertos comerciales implantados con pera (*Pyrus communis* L.) cv. Williams. Se seleccionaron al azar 30 plantas de edad y tamaño similar en cuatro (4) huertos ubicados en el Alto Valle de Río Negro entre las coordenadas 38° 54' y 38° 44' lat. Sur y 68° 02' y 68° 08' long. Oeste (Foto N° 1, Foto N° 2, Foto N° 3, Foto N° 4).

El clima de la zona es templado y árido, con una temperatura media anual de 14°C, siendo enero el mes más cálido (29,6°C) y julio el más frío (-0,8°C); la precipitación media anual es de 237 mm (Cordon et al., 1996).



Foto N° 1: Imagen satelital del área de estudio.



Foto N° 2: Imagen satelital de los huertos M y B.



Foto N° 3: Imagen satelital del huerto Y.



Foto N° 4: Imagen satelital del huerto S.

Los suelos son de origen aluvial y pertenecen a los órdenes Aridisol y Entisol. El régimen de humedad corresponde al arídico y el de temperatura es térmico, lo que refleja las condiciones de déficit hídrico durante todo el año (CIL, 1991).

- ✚ Huerto B: desarrollado sobre un suelo joven poco evolucionado, clasificado como Torrifluvente oxyacuico. Son profundos, de textura media (franco) en superficie y franco limosa hacia la profundidad, moderadamente bien drenado.
- ✚ Huerto M: desarrollado sobre un suelo poco evolucionado, clasificado como Torriorthente típico. El suelo presenta capas contrastadas de diferente tamaño de partículas, medias (franco arenoso, franco) sobre textura gruesa (arenoso). Presentan piedras desde la superficie lo que limita la profundidad de crecimiento de las raíces de los cultivos y presenta baja retención de agua, por ello son algo excesivamente drenados.
- ✚ Huerto Y: Suelo clasificado como Acuicambid típico, familia limosa fina. Son suelos profundos, con predominio de textura fina (franco arcillosa) en superficie y textura media en profundidad (franco – franco limosa). Presenta fluctuaciones del flujo capilar en época de riego.
- ✚ Huerto S: es un suelo joven, clasificado como Fluvacuente típico. Son suelos profundos, homogéneos, con predominio de textura franco limosa. Es un suelo imperfectamente drenado. Presenta una alta concentración de sales en el horizonte sub-superficial.

A continuación, en la Foto N° 5 se pueden observar los perfiles de los suelos de cada uno de los huertos bajo estudio.

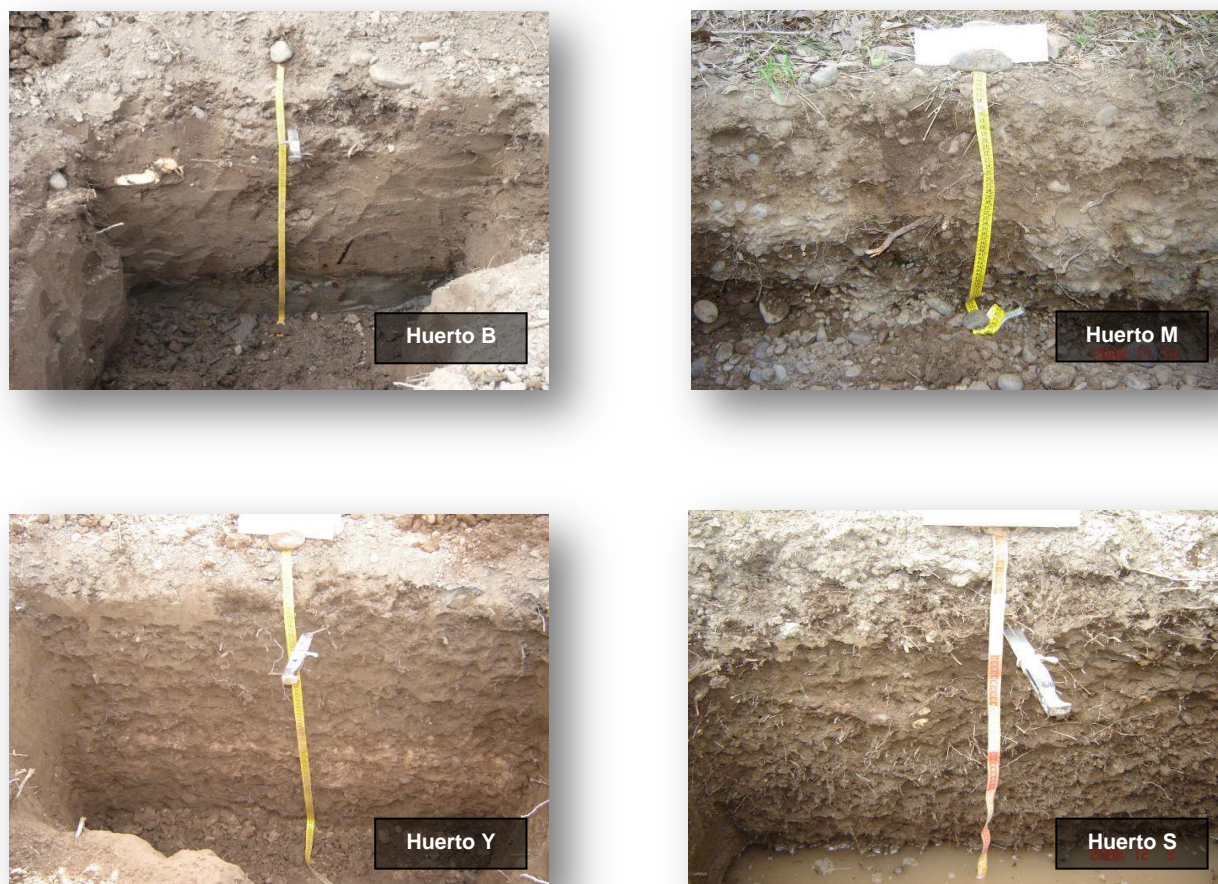


Foto N° 5: Perfiles de los suelos de los huertos bajo estudio.

Los huertos fueron fertilizados con nitrógeno en todos los ciclos productivos empleando sulfonitrato de amonio y nitrato de amonio en primavera y otoño. La concentración de nitrógeno utilizada se menciona en la Tabla N° 1.

Tabla N° 1: Concentración de N (kg N ha^{-1}) aplicado en los huertos en primavera y otoño durante tres ciclos productivos.

| | | Huerto B | | | Huerto M | | | Huerto Y | | | Huerto S | | |
|----------|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | 2008- 2009 | 2009- 2010 | 2010- 2011 | 2008- 2009 | 2009- 2010 | 2010- 2011 | 2008- 2009 | 2009- 2010 | 2010- 2011 | 2008- 2009 | 2009- 2010 | 2010- 2011 |
| Estación | Primavera | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 526 | 250 | 46 |
| | Otoño | 65 | 65 | 65 | 75 | 70 | 65 | 73 | 65 | 65 | 250 | 125 | 34 |

Para controlar malezas se aplicó en todos los huertos el herbicida dicloruro de 1,1'-dimetil-4,4'-bipiridilo a 3-4 L ha⁻¹, 276 g L⁻¹ de índice activo (3-4 L ha⁻¹) en primavera, y glifosato, 1,92 g L⁻¹ de índice activo en verano (4 L ha⁻¹), 5 veces por ciclo productivo.

5.2. DISEÑO EXPERIMENTAL

La unidad experimental estuvo conformada por una planta y el suelo circundante. Los perales están conducidos en espaldera, en un marco de plantación de 4 x 2 m y el sistema de riego es por gravedad a manto. El sitio experimental, se demarcó alrededor de cada planta y abarcó un área de 2 m² conformado por una banda de 1 m a cada lado del tronco del árbol sobre la fila de plantación y a 50 cm a cada lado en sentido transversal a la fila (Figura N° 7, Foto N° 6).

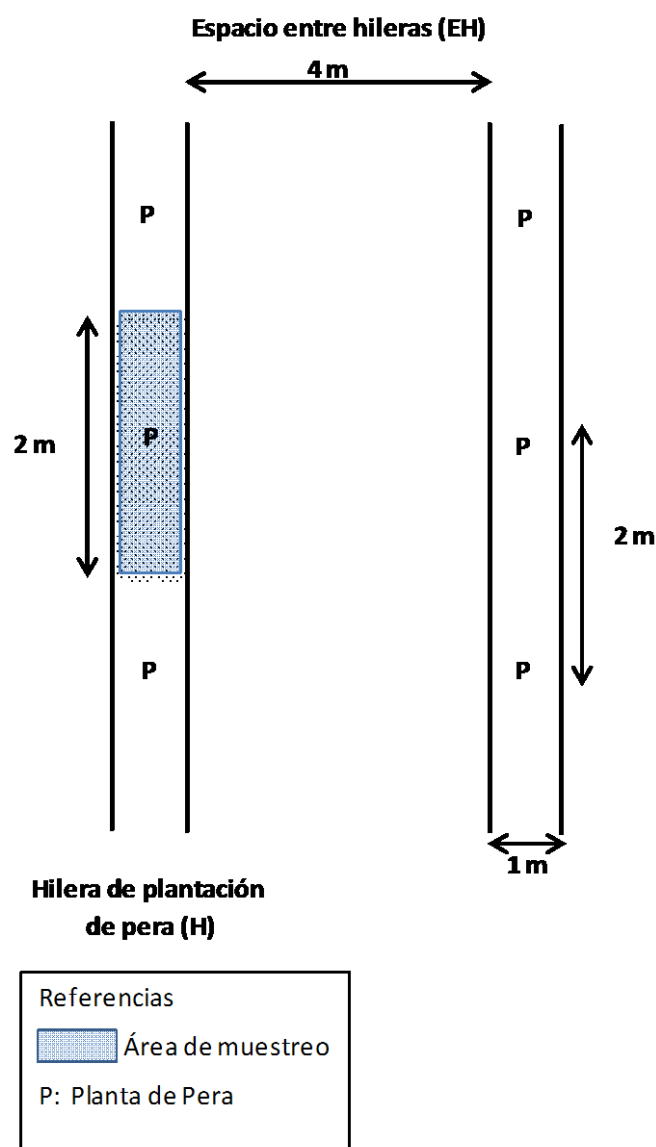


Figura N° 7: Esquema del marco de plantación 4 x 2 m.



Foto N° 6: Vista panorámica de una de las parcela de perales del ensayo.

5.3. MUESTREO DE LOS SUELOS

Se seleccionaron al azar 30 plantas de pera (5 en el huerto B, 5 en el M, 10 en el Y y 10 en el S), en dos fases fenológicas del cultivo: primavera (P) y otoño (O). Se extrajeron 15 sub-muestras de suelo en el sector de la rizósfera de cada árbol (sitio) y se conformó una muestra compuesta para la determinación de las propiedades físico-químicas y los nematodos del suelo (Foto N° 7). Para ello se utilizó un barreno de 5 cm² de área, a 0-20 cm de profundidad. Cada muestra se conservó a 4°C hasta su procesamiento (Figura N° 8).

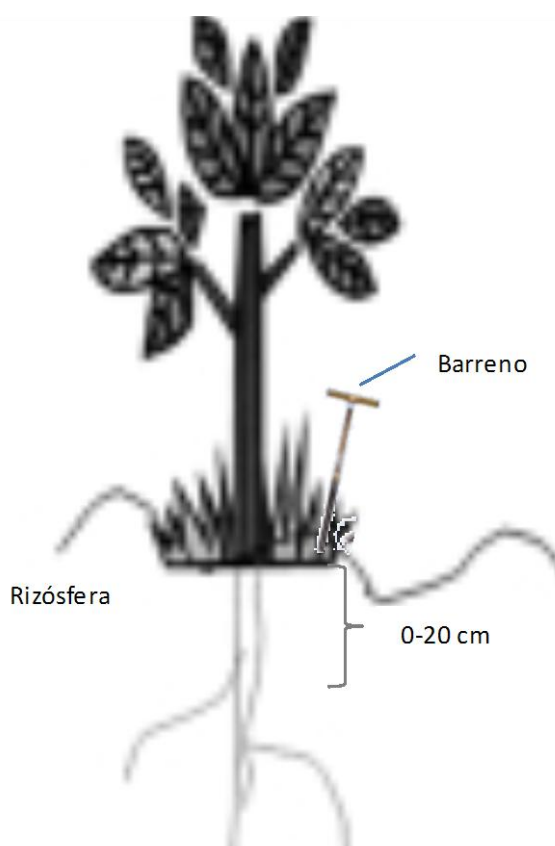


Figura N° 8: Esquema del sitio de la toma de muestra.



Foto N° 7: Muestreo de suelo (Izq.) y recuperación de la muestra (Der.)

5.4. VARIABLES EDÁFICAS Y BIOLÓGICAS

Algunas variables edáficas utilizadas fueron determinadas por otros investigadores dentro del proyecto A/099, tales como: textura (método Bouyoucus), conductividad eléctrica específica ($CE \text{ dS m}^{-1}$), RAS (relación de adsorción de Sodio), contenido de sodio de intercambio: sodio (Na^+) y de potasio (K^+) (método acetato de NH_4), capacidad de intercambio catiónico (CIC) y porcentaje de sodio de intercambio (PSI).

En la tierra fina seca al aire (TFSA) (1-2000 μm), se determinó materia orgánica total (MOS), carbono orgánico total (COT) (Walkley & Black 1934) y materia orgánica particulada (MOP) (Galantini et al., 1994). Para obtener la MOP se realizó un fraccionamiento por tamaño de partícula mediante tamizado en húmedo obteniendo la fracción fina (microagregados $<100 \mu\text{m}$) donde se encuentra arcilla, limo, arenas finas y la materia orgánica humificada (MOF) ligada a la fracción mineral y una fracción gruesa (macroagregados de 100-2000 μm), donde se encuentran las arenas gruesas y la materia orgánica particulada, más joven (MOP), (Galantini, et al., 1994), mediante el siguiente procedimiento:

Se pesaron 50 g de TFSA en un Erlenmeyer de 250 ml con tapa hermética y se agregaron 100 ml de agua destilada y 10 bolitas de vidrio, para incrementar la desagregación. Se agitó vigorosamente durante 50 minutos para desintegrar los agregados y se pasó a través de un tamiz de 12 cm de diámetro y 106 μm

de abertura de malla separando las partículas por lavado con agua destilada. Se recogieron en forma separada las dos fracciones (0-100 μm y 100-2000 μm) y se secaron a 60 $^{\circ}\text{C}$, en estufa.

En cada fracción se determinó materia orgánica particulada (MOP) y materia orgánica fina (MOF) por el método de Walkley & Black, 1934. Por la suma entre la MOP + MOF se estimó la MOT. Se determinó la relación MOP/MOS como indicadora de la calidad de los suelos de los huertos bajo estudio. Se calculó el porcentaje de macroagregados (MAg) (0,1-2 mm) y microagregados (mAg) (< 0,1 mm).



Foto N° 8: Tamices empleados para la separación de las fracciones gruesas y finas.

5.5. DETERMINACIÓN DE LA NEMATOFAUNA

Para la determinación de la nematofauna se tomó una alícuota de 100 g de cada muestra de suelo húmedo homogeneizada de la cual se extrajeron los nematodos mediante la técnica de flotación-centrifugación (Caveness & Jensen, 1955). Es un método que se basa en la densidad de los nematodos del suelo la cual es ligeramente superior a la del agua. La técnica consiste en mezclar muestras de suelo con agua y realizar una primera centrifugación. Posteriormente, mediante una segunda centrifugación en una solución de azucarada, se recuperan los nematodos

y para evitar el estrés osmótico ocasionado por esta solución, se enjuagan con abundante agua. Los nematodos fueron identificados mediante claves taxonómicas (Heyns 1971; Jairajpuri & Ahmad, 1992; Chaves et al., 1995).

5.5.1. Parámetros e índices de la comunidad de nematodos

La comunidad de nematodos presente en cada muestra de suelo fue caracterizada a través de los grupos funcionales. Se determinó la abundancia de nematodos bacteriófagos (Ba), fungívoros (Fu) de acuerdo a Yeates et al. (1993). Se consideraron los nematodos fitófagos facultativos (Ff), ya que existe evidencia de que algunos miembros de la familia Tylenchidae, como por ejemplo *Filenchus* también se alimentan y se reproducen sobre hifas (Okada et al., 2005). Luego se asignó a los taxones en grupos funcionales: Bax, Fux, Ffx donde x=1-5, estos valores corresponden a la escala c-p de Bongers, (1990) que indican la posición a lo largo de un continuo colonizador-persistente respecto a su fecundidad y características del ciclo de vida.

Se calcularon los índices de enriquecimiento (EI) y canal (CI) de acuerdo a Ferris et al. (2001) para evaluar la disponibilidad del recurso en la red trófica del suelo y la respuesta de los descomponedores primarios a esos recursos.

El índice de enriquecimiento (EI) fue calculado con los componentes basales (b) de la red trófica (Ba1 y Fu2) calculado como $b = \sum k_b n_b$ donde k_b es el valor asignado para el grupo funcional y el componente de enriquecimiento (e) utilizando los grupos funcionales Ba1 y Fu2 como $e = \sum k_e n_e$. El número de nematodos (n) es la abundancia del grupo funcional incluido en la fórmula. El índice EI se calculó como $100 \times \{e / (e+b)\}$. El índice canal (CI) fue calculado como $100 \times (0,8Fu2) / (3,2Ba1 + 0,8*Fu2)$. Se determinó la relación F/B como el cociente entre la abundancia de los grupos tróficos fungívoros y bacteriófagos de nematodos.

5.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para evaluar las variables edáficas MOS y sus fracciones, salinidad, y PSI, y porcentaje de macro y microagregados, se utilizó el análisis de varianza (ANOVA); considerando dos factores, Huerto (H) y Estación (E). Para corroborar los supuestos del modelo como la homogeneidad de varianzas se utilizó la prueba de Levene y la normalidad de los errores se comprobó gráficamente. Para la variable salinidad se utilizó la transformación $\sqrt{\text{Salinidad}}$, y 1/MOS, 1/MOP y 1/MOF ya que

no cumplieron con los supuestos del modelo. Se compararon las medias por la prueba de Tukey con el modelo desbalanceado, a un nivel de significancia 0,05, utilizando el programa Statistica versión 8.0 (Statsoft Inc, 2000).

Se analizaron los datos de abundancia total, abundancia de cada grupo trófico, abundancia de familias y géneros de nematodos en las dos temporadas. Para ello se ajustaron modelos lineales generalizados (MLG) (McCullagh y Nelder, 1989) según el trinomio: componente aleatorio Binomial Negativa, enlace canónico y componente sistemático constituido por las covariables Huerto y Estación (SAS, 2000).

El análisis de componentes principales se utilizó para detectar patrones y asociaciones entre los grupos funcionales de nematodos Ba1, Ba2, Fu2, Fu3+Fu4, Ff, y las variables edáficas (salinidad, MOS, MOP, MOF, contenido de arena, limo+arcilla) respecto a los sitios (huertos), con el programa Infostat (Di Rienzo et al., 2011). Se calculó la relación entre las fracciones de materia orgánica particulada (MOP) y fina (MOF) y dicho valor se correlacionó con las abundancias de nematodos bacteriófagos y fungívoros, y los índices EI y CI, para cuantificar las asociaciones utilizando el programa Infostat (Di Rienzo et al., 2011).

6. RESULTADOS

6.1. ANÁLISIS DEL SUELO DE LOS HUERTOS

En la Tabla N° 2 se consignan las variables edáficas y la distribución del tamaño de partículas de los sitios muestreados (Ver Tabla ANOVA en ANEXO 1).

Tabla N° 2: Características de los suelos en los huertos del estudio.

| Huerto | Suelo | Clase textural | Arena (A) | Limo (l) | Arcilla (a) |
|----------|-------------------------|----------------|-----------|----------|-------------|
| | | | % | | |
| B | Torrifluvente oxyacuico | F | 35 | 45 | 20 |
| M | Torriorthente típico | FA | 57 | 28 | 15 |
| Y | Acuicambide típico | Fa | 30 | 42 | 28 |
| S | Fluvacuente típico | FI | 23 | 50 | 27 |

*F: Franco; FA: Franco arenosa; Fa: franco arcilloso; FI: franco limosa.

Los suelos de los huertos seleccionados presentaron similar clase textural media. El huerto M presentó mayor porcentaje medio de arena con una textura correspondiente a la clase franco arenosa y S presentó un 50 % de limo con predominio de una textura franco limosa.

6.1.1. Variables físico-químicas del suelo

En la Tabla N° 3 se pueden observar las propiedades físico-químicas de los suelos de los huertos estudiados.

El análisis estadístico de las variables CE, RAS, PSI, CIC, Na⁺, K⁺, mostraron efecto huerto y no se obtuvo efecto estación ($p < 0,05$) (Ver tabla en ANEXO 2).

Tabla N° 3: Propiedades físico – químicas del suelo promedio de 2 estaciones.

| Huerto | pH | CE | RAS | PSI | CIC | Na ⁺ | K ⁺ |
|----------|---------|--------------------|---------|--------|--------|---------------------------------------|----------------|
| | | dS m ⁻¹ | (meq/l) | % | | (cmol _c kg ⁻¹) | |
| B | 7,53 ab | 3,43b | 2,57b | 7,59b | 27,48b | 2,07ab | 1,61a |
| M | 7,08 c | 1,09c | 2,44b | 2,69c | 26,14b | 0,70b | 0,72b |
| Y | 7,29 bc | 1,79c | 2,20b | 3,82bc | 32,11a | 1,23b | 1,78a |
| S | 7,57 a | 5,78a | 7,15a | 12,67a | 33,47a | 4,20a | 1,50a |

CE: Conductividad eléctrica; RAS: relación de adsorción de Sodio; PSI: porcentaje de sodio de intercambio; CIC: capacidad de intercambio catiónico; Na⁺: sodio intercambiable; K⁺: potasio intercambiable. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas en las variables edáficas entre los huertos (p<0,05).

El contenido salino medido a través de la CE fue mayor (p<0,0004) en S respecto a los restantes huertos indicando que el suelo es ligeramente salino. En los huertos M e Y no se observaron diferencias significativas (p<0,1569) entre ellos y la CE fue menor que en B. El contenido salino fue mayor en el huerto B respecto de M (p<0,0001) e Y (p<0,001). El RAS fue significativamente mayor en el huerto S (p<0,0001), en los huertos B, M e Y no se observaron diferencias.

El pH del suelo en los huertos B y S fue levemente alcalino y en los restantes fue neutro.

El PSI y el contenido de Na⁺ fueron mayores en S respecto a los huertos M e Y (p<0,000003). Si bien, la diferencia en el contenido de Na⁺ entre B y S no fue significativa, se observa una tendencia dos veces mayor de Na⁺ en el huerto S.

El contenido de K⁺ fue menor en M (p<0,001) respecto a los restantes huertos.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) fue mayor en el huerto S y en Y, en los huertos M y B fue menor y no hubo diferencias entre estos.

6.1.2. Materia orgánica y Agregados

La determinación de MOS mostró efecto huerto. El contenido de MOS fue significativamente mayor en el huerto S en relación al resto de los huertos (Figura N° 9). (Ver tabla ANOVA en ANEXO 3).

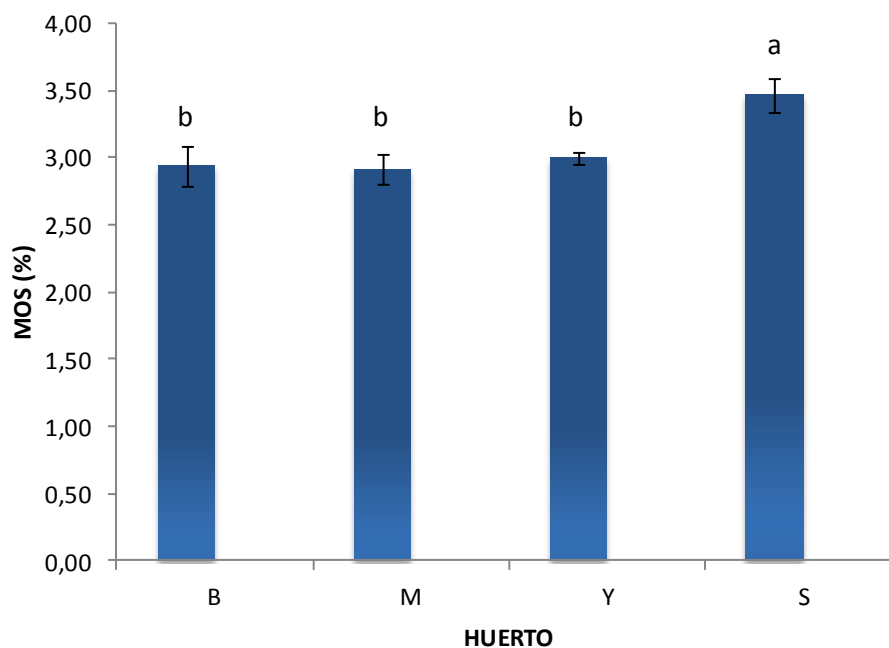


Figura N° 9: Variación del contenido de MOS en los huertos estudiados (n=30). Las barras indican el error estándar.

La variable MOP mostro efecto estación (Ver tabla ANOVA en ANEXO 3). El contenido de MOP fue mayor en primavera (1,43%; $p=0,0076$) en todos los huertos. (Figura N° 10).

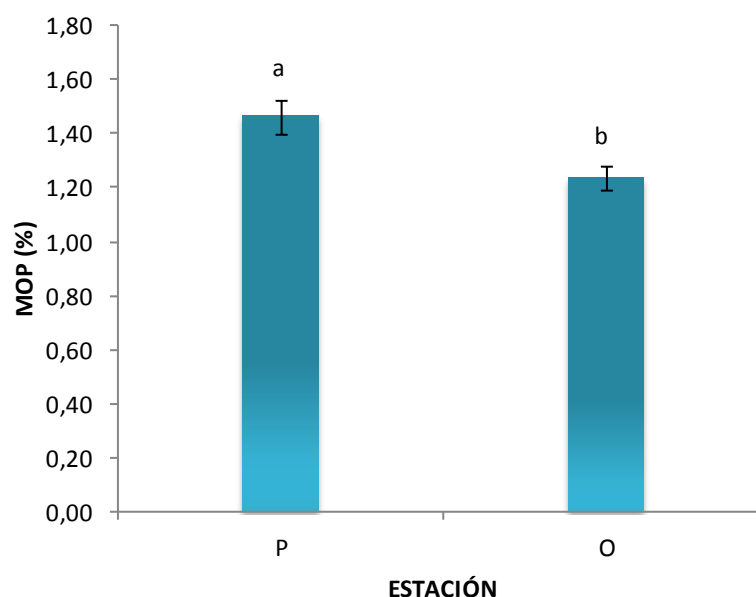


Figura N° 10: Variación estacional del contenido de MOP (%). P: primavera, O: otoño (n=30). Las barras indican el error estándar.

La variable MOF mostró efecto interacción Huerto*Estación (Ver tabla ANOVA en ANEXO 3). Los valores de la MOF se muestran en la Tabla N° 4. En otoño, el contenido de MOF fue similar entre huertos. En los huertos B y M, el contenido de

MOF fue mayor en otoño. (Ver gráfico de Variación del contenido de MOF en ANEXO 4).

Tabla N° 4: Contenido de MOF (%± E.E.) por huerto y estación.

| | | MOF (%) | |
|--------|---|----------------|----------------|
| | | P | O |
| HUERTO | B | 1,49 ± 0,07bc | 1,96 ± 0,16a |
| | M | 1,41 ± 0,08c | 1,82 ± 0,06ab |
| | Y | 1,66 ± 0,04abc | 1,73 ± 0,04abc |
| | S | 1,86 ± 0,08ab | 2,07 ± 0,14a |

P: primavera; O: otoño. Letras diferentes indican diferencias significativas en MOF entre los huertos y entre estaciones ($p < 0,05$).

La MOP fue significativamente menor que la MOF ($p < 0,001$) en cada huerto (Figura N° 11).

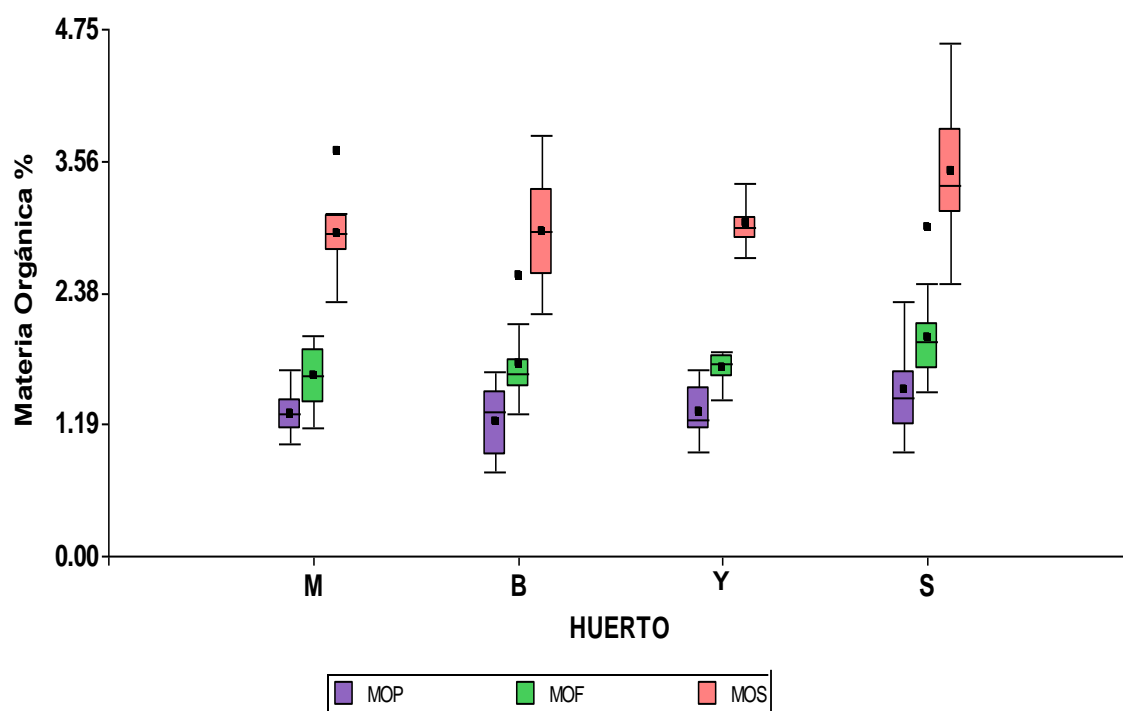


Figura N° 11: Diagrama de cajas de las variables MOS, MOP y MOF. Los puntos en las cajas indican la mediana de las variables. Los bigotes indican valores mínimos y máximos de las variables.

La relación entre la MOP/MOS mostró efecto estación y fue mayor en primavera (0,47; $p = 0,0001$) que en otoño (0,39; $p = 0,0001$). Esta relación fue en todos los huertos similar.

Al analizar la distribución de los agregados se obtuvo efecto interacción Huerto*Estación para los macroagregados (MAg) y los microagregados (mAg). (Tabla N° 5). Ver tabla ANOVA en ANEXO 5).

Tabla N° 5: Distribución de las fracciones de los agregados (%± E.E.) por huerto y estación.

| | MACROAGREGADOS (100-2000 µm) % | | MICROAGREGADOS (0,1-100 µm) % | | |
|---------------|--------------------------------------|----------------|--------------------------------------|----------------|----------------|
| | P | O | P | O | |
| HUERTO | B | 38,29 ± 1,29bc | 39,22 ± 1,15bc | 60,46 ± 1,25bc | 58,85 ± 1,21bc |
| | M | 48,01 ± 1,72ab | 51,57 ± 2,48a | 50,62 ± 1,68c | 46,65 ± 2,53c |
| | Y | 34,71 ± 2,06c | 29,09 ± 1,10c | 64,08 ± 2,14b | 69,52 ± 1,08ab |
| | S | 32,15 ± 2,13c | 24,42 ± 1,86d | 66,60 ± 2,16ab | 73,96 ± 1,84a |

P: primavera; O: otoño. Letras diferentes indican diferencias significativas entre huerto y estación ($p < 0,05$), para los macro y microagregados.

El porcentaje de MAg fue similar en ambas estaciones para los huertos B, M e Y. En el huerto S se detectó mayor porcentaje de MAg durante la primavera.

El porcentaje de mAg fue similar en ambas estaciones en cada huerto. Durante el otoño, el porcentaje de mAg fue mayor en los huertos S e Y, respecto de los huertos B y M.

El porcentaje de mAg fue mayor al porcentaje de MAg en los huertos B, Y y S. Los suelos de estos huertos son de texturas más finas con mayor contenido de limo más arcilla. En el huerto M, con una textura más arenosa, el porcentaje de MAg y mAg fue similar (Figura N° 12).

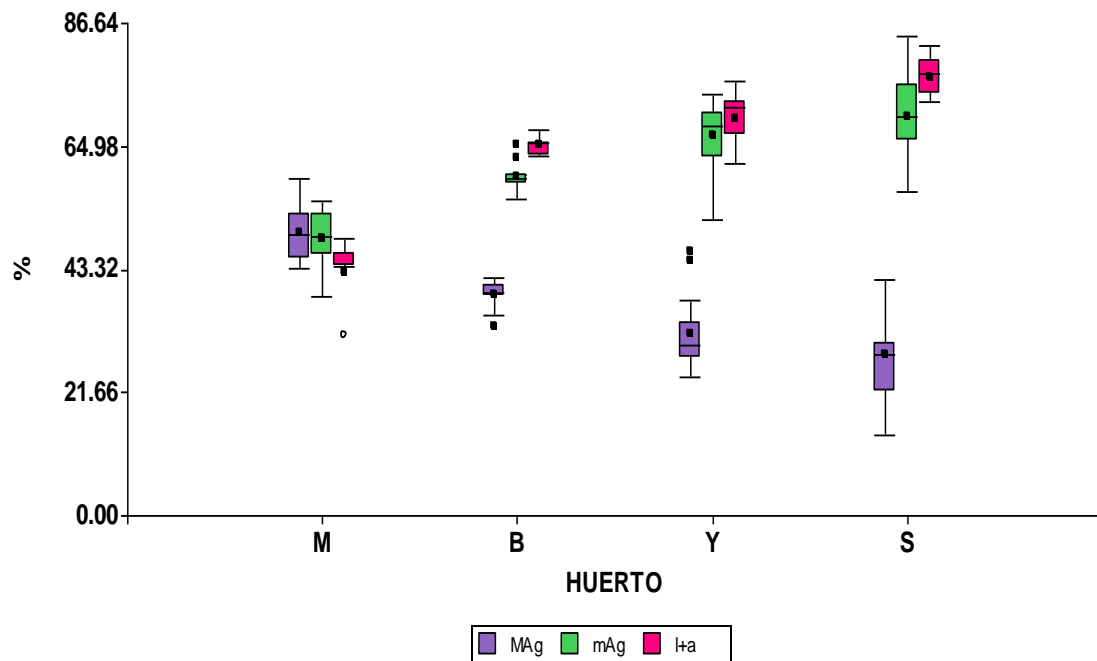


Figura N° 12: Diagrama de cajas de las variables macroagregados (MAg), microagregados (mAg) y I+a (limo más arcilla).

**Los puntos en las cajas indican la mediana de las variables.
Los bigotes indican valores mínimos y máximos de las variables.**

El análisis de componentes principales en el cual se relacionó la textura del suelo, las fracciones de la MOS y los agregados en los diferentes huertos, se observó que los dos primeros componentes, CP1 y CP2, explicaron el 87,9% de la variabilidad del sistema (Figura N° 13). Según CP1 los sitios se distribuyeron en función a la textura del suelo y al porcentaje de MAg y mAg. Las fracciones de MOS tuvieron mayor aporte en CP2. En todos los huertos se observa el mismo patrón en la dinámica de la MOP siendo mayor en primavera que en otoño.

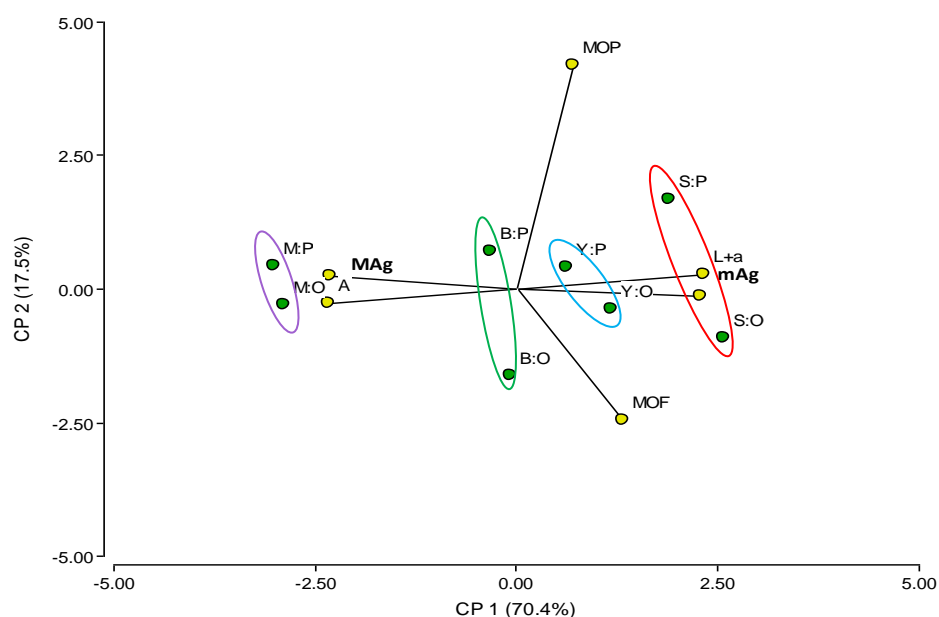


Figura N° 13: Representación de las variables en el ACP.

MAg: macroagregados; mAg: microagregados; MOP: Materia Orgánica Particulada; MOF: Materia Orgánica Fina; l+a: limo + arcilla; A: Arena; Huertos B, Y, S y M; P: primavera; O: otoño.

6.2. COMPOSICIÓN DE NEMATODOS

Durante el período de estudio se identificaron 15 taxones (Tabla N° 6). Entre las familias/géneros dominantes de nematodos se encontraron Rhabditidae, Cephalobidae, *Cephalobus*, *Boleodorus* y Tylenchidae. En los huertos B y S *Boleodorus* y Tylenchidae representaron el 44-45%, de la comunidad de microbívoros. En los huertos Y y M el taxón de mayor abundancia fue *Diphtherophora* y representó el 25% y el 17,2% respectivamente.

Tabla N° 6: Abundancia media de nematodos (N° de individuos en 100 g suelo seco \pm E.E.) en los Huertos.

| GRUPO TRÓFICO | TAXA | Categoría c-p ^a | HUERTOS | | | |
|------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| | | | B | M | Y | S |
| BACTERIOFAGOS | <i>Diploscapter</i> | 1 | 0,0 \pm 0,0 | 0,0 \pm 0,0 | 0,0 \pm 0,0 | 0,2 \pm 0,2 |
| | Panagrolaimidae | 1 | 6,2 \pm 3,8 | 4,5 \pm 1,5 | 3,5 \pm 1,1 | 6,5 \pm 3,0 |
| | Rhabditidae | 1 | 11,3 \pm 3,9 | 13,0 \pm 2,9 | 4,6 \pm 1,4 | 13,0 \pm 2,2 |
| | <i>Acrobeles</i> | 2 | 4,6 \pm 2,0 | 2,7 \pm 0,9 | 0,9 \pm 0,4 | 4,95 \pm 1,8 |
| | Cephalobidae | 2 | 2,8 \pm 1,2 | 13,2 \pm 2,3 | 15,5 \pm 3,8 | 4,85 \pm 1,1 |
| | <i>Cephalobus</i> | 2 | 10,6 \pm 3,6 | 17,4 \pm 8,4 | 16,3 \pm 4,8 | 13,6 \pm 3,8 |
| | Monhysteridae | 2 | 4,9 \pm 2,4 | 2,1 \pm 1,3 | 3,7 \pm 0,7 | 1,65 \pm 0,7 |
| | Plectidae | 2 | 0,0 \pm 0,0 | 0,0 \pm 0,0 | 2,4 \pm 0,8 | 0,7 \pm 0,5 |
| Total | | | 40,4 (36%) | 52,9 (41%) | 46,9 (44%) | 45,45 (46,7%) |
| FUNGÍVOROS | <i>Aphelenchoides</i> | 2 | 1,3 \pm 0,7 | 4,4 \pm 1,8 | 3,5 \pm 0,8 | 5,7 \pm 2,2 |
| | <i>Aphelenchus</i> | 2 | 1,8 \pm 0,6 | 19,9 \pm 4,3 | 2,2 \pm 0,8 | 2,5 \pm 1,0 |
| | <i>Diphtherophora</i> | 3 | 5,9 \pm 2,1 | 22,1 \pm 7,4 | 26,5 \pm 5,0 | 0,0 \pm 0,0 |
| | <i>Tylencholaimellus</i> | 4 | 2,3 \pm 1,4 | 2,0 \pm 1,5 | 0,3 \pm 0,2 | 0,0 \pm 0,0 |
| | <i>Dorylaimellus</i> | 4 | 11,2 \pm 3,1 | 2,1 \pm 0,6 | 0,2 \pm 0,2 | 0,0 \pm 0,0 |
| Total | | | 22,5 (20%) | 50,5 (39,4%) | 32,7 (31%) | 8,2 (8,4%) |
| FITÓFAGOS FACULTATIVOS | <i>Boleodorus</i> | 2 | 35,7 \pm 7,5 | 6,1 \pm 4,1 | 20,2 \pm 3,7 | 26,4 \pm 5,1 |
| | Tylenchidae | 2 | 13,5 \pm 3,2 | 18,7 \pm 5,6 | 6,1 \pm 1,0 | 17,3 \pm 4,8 |
| Total | | | 49,2 (44%) | 24,8 (19,3%) | 26,3 (25%) | 43,7 (44,8%) |

a: Valor colonizador-persistente (Bongers, 1990; Yeates et al., 1993; Bongers et al., 1995). Los valores son el promedio de 10 repeticiones para B, M y 20 repeticiones para Y y S. Los números entre paréntesis corresponden a los porcentajes de los grupos funcionales por tratamiento. En negrita se indican aquellos taxones que resultaron más abundantes en un huerto respecto de otro.

El número total promedio de nematodos microbívoros (Ba+Fu+Ff), osciló entre 98 y 130 individuos en 100 g de suelo seco (Figura N° 14).

Se observó efecto estación para la abundancia de nematodos microbívoros ($p < 0,003$), siendo más abundantes en primavera (Ba+Fu+Ff = 128 en 100 g de suelo seco) que en otoño (Ba+Fu+Ff = 88,2 en 100 g de suelo seco). (Ver MLG en ANEXO 6).

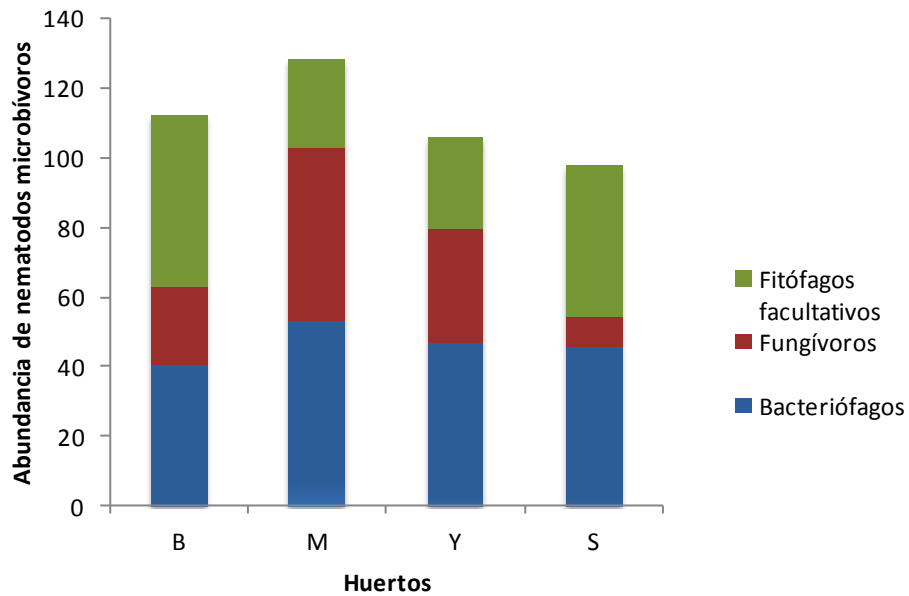


Figura N° 14: Abundancia acumulada de nematodos microbívoro en los huertos B, M, Y y S.

Se observó que la composición de la comunidad de nematodos microbívoro (Ba+Fu+Ff) fue similar entre los huertos. La abundancia de cada taxón fue claramente diferente entre los huertos (Figura N° 15 y Tabla N° 6).

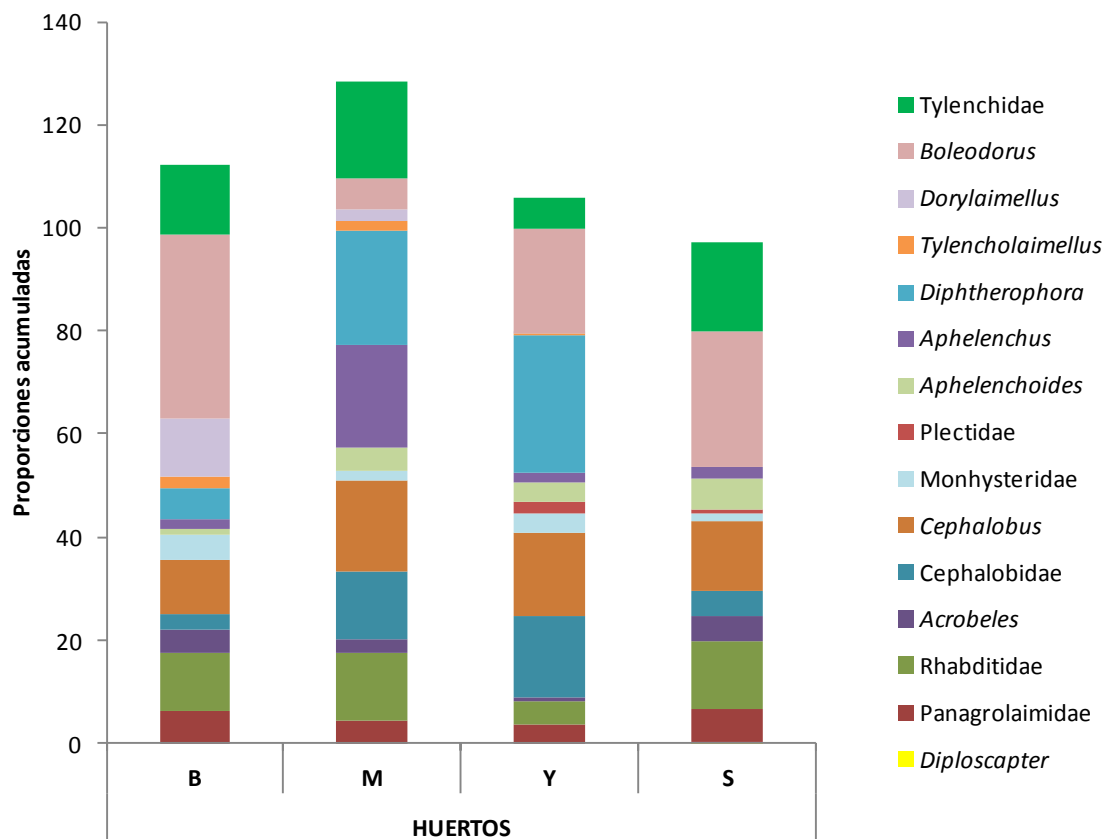


Figura N° 15: Proporciones acumuladas de nematodos microbívoro en cada huerto.

6.2.1. Nematodos Bacteriófagos

La abundancia del grupo trófico de nematodos bacteriófagos (Ba) fue similar en todos los huertos. La abundancia de nematodos Ba fue dos veces mayor ($p < 0,0001$) en primavera (60,23 en 100 g de suelo seco) que en otoño (32,46 en 100 g de suelo seco). Los grupos funcionales Ba1 y Ba2 estuvieron presentes en todos los huertos. (Ver MLG en ANEXO 7).

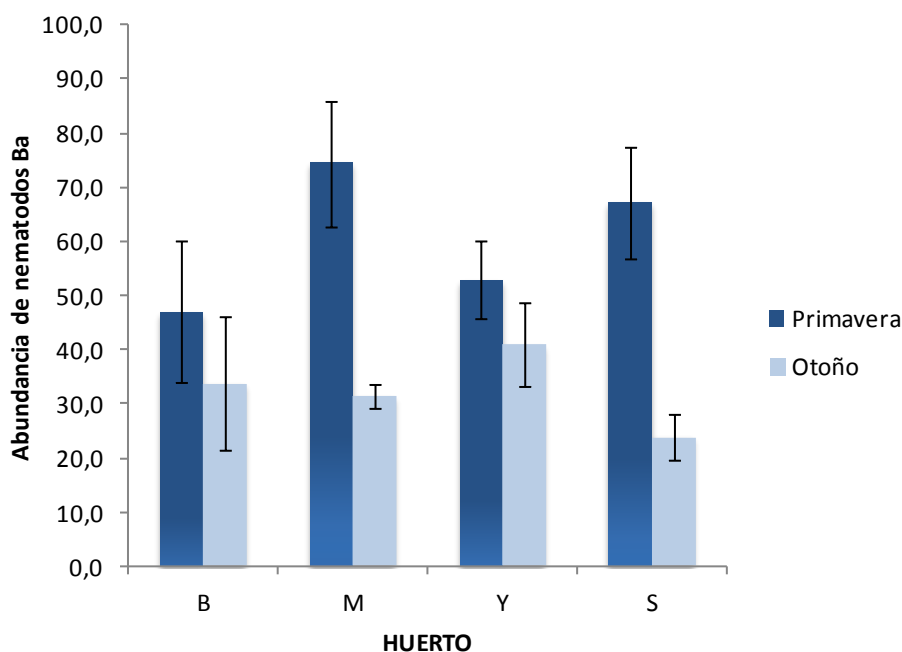


Figura N° 16: Abundancia media de nematodos bacteriófagos por huerto y por estación. Las barras indican el error estándar.

Para el grupo funcional Ba1 se observó efecto huerto ($p = 0,0430$), siendo la abundancia de nematodos menor en el huerto Y respecto a los huertos S, B y M (Tabla N° 7). (Ver MLG en ANEXO 8).

Tabla N° 7: Abundancia de nematodos bacteriófagos Ba1 (\pm EE) en cada Huerto.

| | | Grupo Funcional Ba1* |
|---------------|----------|----------------------|
| HUERTO | B | 17,50 \pm 5,80a |
| | M | 17,50 \pm 2,64a |
| | Y | 8,05 \pm 1,82b |
| | S | 19,75 \pm 4,00a |

*Nro. medio de individuos en 100 g de suelo seco. Letras diferentes indican diferencias ($p < 0,05$), entre huertos según la prueba de Tukey desbalanceado.

En todos los huertos se observó la presencia de las familias Panagrolaimidae y Rhabditidae, siendo este último taxón el más abundante (Figura N° 17). No hubo diferencias significativas en la abundancia de Panagrolaimidae entre los huertos.

La abundancia de Rhabditidae fue tres veces menor en el huerto Y ($p < 0,02$), respecto de los otros huertos entre los que no hubo diferencias significativas.

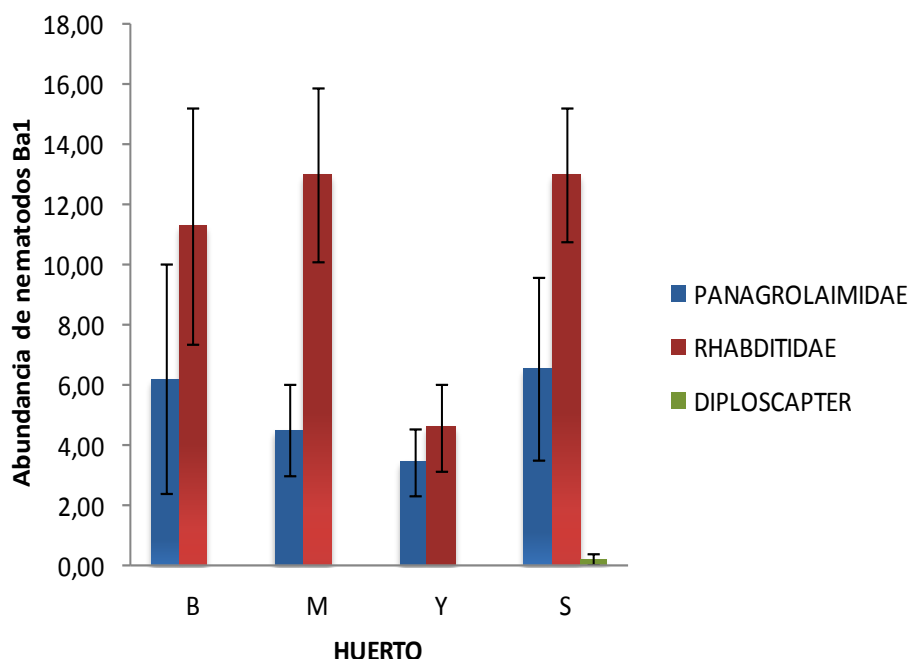


Figura N° 17: Abundancia media de nematodos Ba1 por huerto. Las barras indican el error estándar.

Para el grupo funcional Ba2 hubo efecto Huerto*Estación ($p = 0,0365$). En todos los huertos la abundancia de este grupo funcional fue mayor en primavera en los huertos M y S respecto a otoño. Si bien, en los huertos B e Y estas diferencias no fueron significativas, se observó una tendencia a disminuir en otoño (Tabla N° 8). Ver MLG en ANEXO 8.

Tabla N° 8: Abundancia media de nematodos Ba2* (\pm EE) en cada Huerto y Estación

| | | Estación | |
|--------|---|--------------------|-------------------|
| | | P | O |
| HUERTO | B | 29,40 \pm 7,05b | 16,40 \pm 3,90c |
| | M | 54,40 \pm 13,86a | 16,20 \pm 3,33c |
| | Y | 43,40 \pm 5,32a | 34,30 \pm 5,74a |
| | S | 39,00 \pm 7,57a | 12,50 \pm 2,31c |

*Nro. medio de individuos en 100 g de suelo seco. P: primavera; O: otoño. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias ($p < 0,05$), entre huertos según la prueba de Tukey desbalanceado.

Respecto de los nematodos cp-2 se observó que las familias Cephalobidae, Monhysteridae y los géneros *Acrobeles* y *Cephalobus*, estuvieron presentes en todos los huertos, siendo este último género el más abundante. *Cephalobus* y

Acrobeles fueron más abundantes en primavera ($p < 0,001$ y $p < 0,0002$, respectivamente) y este último género no se detectó durante el otoño en casi todos los huertos. Para Cephalobidae hubo efecto Huerto*Estación ($p < 0,02$), siendo más abundante en el huerto Y durante el otoño, en B la abundancia fue constante entre ambas estaciones y en el resto de los huertos disminuyó durante el otoño. No hubo diferencias en la abundancia de Monhysteridae entre los huertos ni entre estaciones.

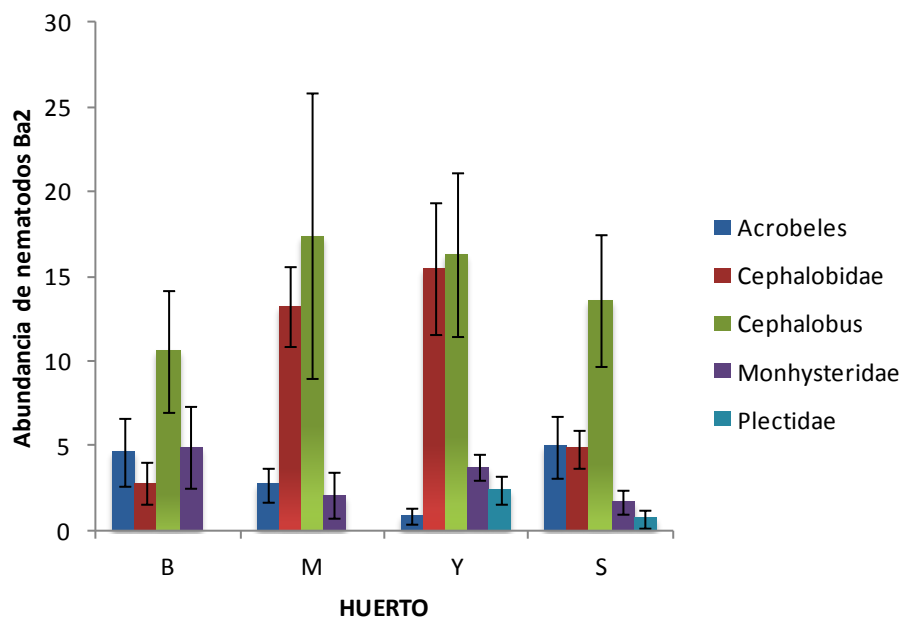


Figura N° 18: Abundancia media de nematodos Ba2 por huerto. Las barras indican el error estándar.

6.2.2. Nematodos Fungívoros

Se observó una diferencia significativa en la abundancia de nematodos fungívoros entre los huertos ($p < 0,001$). La abundancia de Fu fue similar en M e Y y fue mayor respecto a B y S. (Tabla N° 9; Figura N° 20).

Tabla N° 9: Abundancia media de nematodos Fu* (\pm EE) en cada Huerto.

| Abundancia de Nematodos Fu* | | |
|-----------------------------|---|--------------------|
| HUERTO | B | 22,50 \pm 3,87b |
| | M | 50,50 \pm 11,20a |
| | Y | 32,75 \pm 5,55ab |
| | S | 8,2 \pm 2,22c |

*Nro. medio de individuos en 100 g de suelo seco. Letras diferentes indican diferencias, entre huertos según la prueba de Tukey desbalanceado ($p < 0,001$).

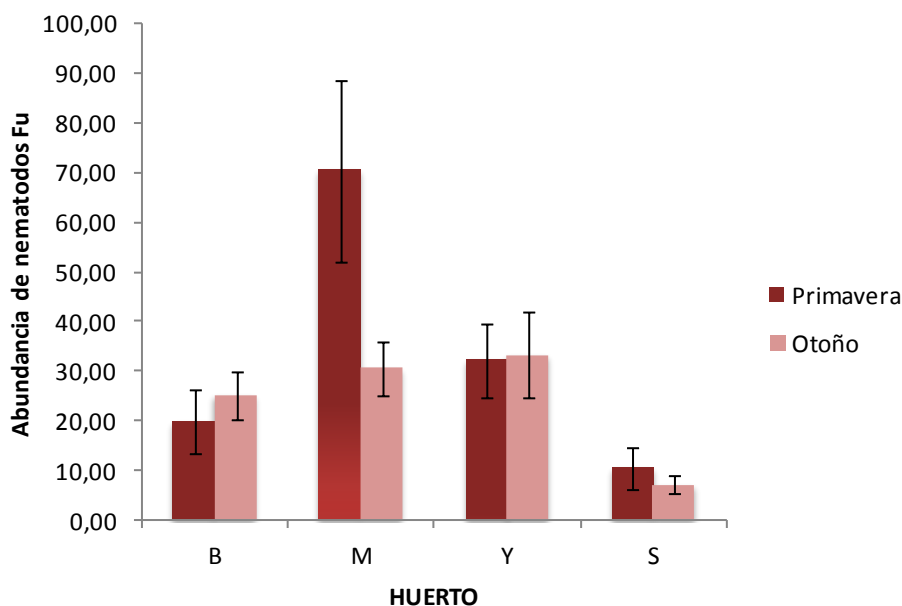


Figura N° 19: Abundancia media de nematodos Fu

Para el grupo funcional Fu2, hubo efecto Huerto ($p=0,0001$) siendo más abundante en el huerto M y más bajo en B (Tabla N° 10).

Tabla N° 10: Abundancia media de nematodos Fu2 (\pm EE) en los huertos.

| Abundancia de Nematodos Fu2* | | |
|------------------------------|----------|-------------------|
| HUERTO | B | 3,10 \pm 0,98c |
| | M | 24,30 \pm 4,45a |
| | Y | 5,70 \pm 1,13bc |
| | S | 8,20 \pm 2,21b |

*Nro. medio de individuos en 100 g de suelo seco. Letras diferentes indican diferencias ($p<0,05$), entre huertos según la prueba de Tukey desbalanceado.

Se observó efecto huerto para el género *Aphelenchus* ($p<0,0009$), y fue más abundante en M ($p<0,0015$); entre los demás huertos la abundancia fue similar (Tabla N° 6). La abundancia de *Aphelenchoides* fue similar en todos los huertos ($p<0,1$).

Los grupos tróficos Fu3 y Fu4 se encontraron en los huertos B, M e Y (Tabla N° 6 y Figura N° 20). El grupo Fu3 estuvo representado por el género *Diphtherophora*. La abundancia de este grupo trófico fue mayor en el huerto Y y M ($p<0,0069$) respecto de B. La abundancia de nematodos Fu4 fue mayor en B ($p<0,001$). No se observaron diferencias entre M e Y.

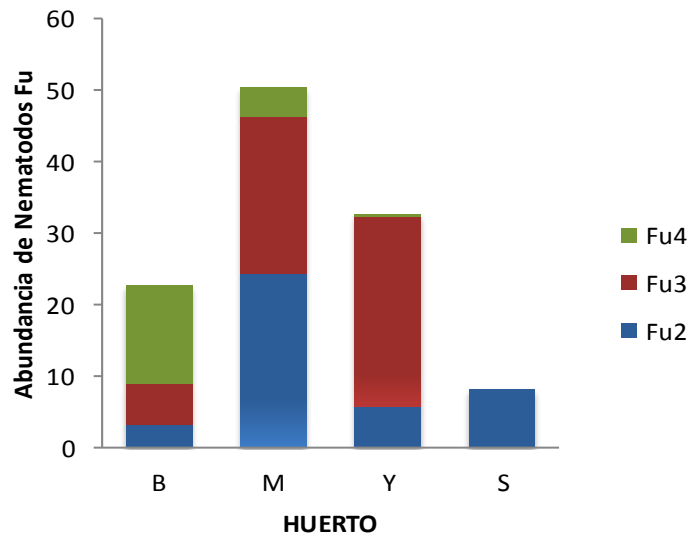


Figura N° 20: Abundancia media acumulada de nematodos fungívoros por huerto.

6.2.3. Nematodos Fitófagos facultativos

La abundancia de nematodos fitófagos facultativos fue mayor en los huertos B (49,2) y S (43,7) respecto a los huertos M e Y en ambas estaciones ($p < 0,04$). Para el género *Boleodorus* hubo efecto huerto ($p = 0,0009$), siendo significativamente menos abundante en M que en el resto de los huertos.

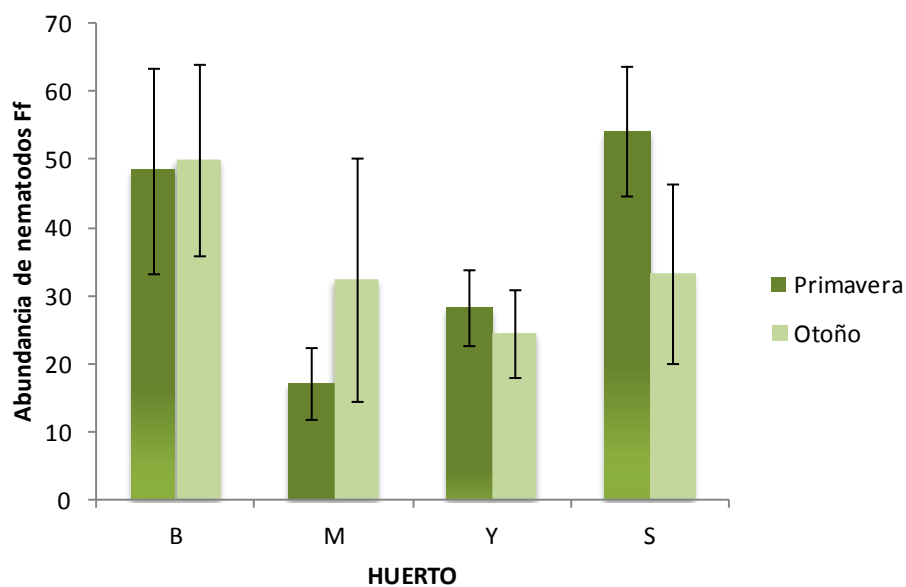


Figura N° 21: Abundancia media de nematodos fitófagos facultativos en cada huerto.

6.2.4. Índices

La relación entre nematodos fungívoros y bacteriófagos (F/B), fue distinto entre los huertos ($p < 0,05$). Esta relación fue similar entre los huertos M, Y y B respecto de

S, esto indica que en S la ruta de descomposición de la MO estuvo dominada por bacteriófagos, mientras que en M, Y y B predomina la ruta de descomposición fúngica (Tabla N° 11).

El índice EI fue significativamente más bajo en el huerto Y ($p < 0,001$), respecto de los restantes huertos, mientras que el índice CI fue similar en todos los huertos (Tabla N° 11).

Tabla N° 11: Relación F/B e índices de la comunidad de nematodos (\pm EE) en los huertos bajo estudio.

| | | EI | CI | F/B |
|---------------|----------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Huerto | B | 69,63 \pm 4,38a | 7,03 \pm 2,27a | 0,77 \pm 0,18ab |
| | M | 60,36 \pm 5,63a | 31,47 \pm 8,15a | 0,98 \pm 0,14a |
| | Y | 38,31 \pm 4,50b | 22,57 \pm 4,93a | 0,85 \pm 0,13a |
| | S | 65,62 \pm 4,65a | 15,31 \pm 6,37a | 0,35 \pm 0,12b |

EI: Índice de Enriquecimiento; CI: índice Canal; F/B: Relación fungívoros, bacteriófagos
 Letras diferentes en la misma columna indican diferencias ($p < 0,05$), entre huertos según la prueba de Tukey desbalanceado.

Los índices que incluye a los nematodos microbívoros no se relacionaron significativamente con las fracciones de la MOS (Tabla N° 12).

Tabla N° 12: Coeficiente de Correlación de Pearson entre EI, CI, MOP y MOF (n=60; $p < 0,05$)

| | EI | CI |
|------------|-------|-------|
| MOP | -0,06 | 0,002 |
| MOF | 0,14 | -0,08 |

Debido a que la relación F/B indicó que en los huertos M, Y y B predomina la ruta de descomposición fúngica y que la MOF fue más abundante en todos los huertos respecto de la MOP, se decidió invertir las relaciones entre las fracciones, contrario a lo planteado en la hipótesis, a fin de graficar la dinámica de la MOF y comparar la abundancia de Fu respecto de Ba en este proceso. Todos los huertos presentaron más MOF que MOP y la abundancia de Fu, en general fue menor que la de nematodos Ba (Figura N° 22).

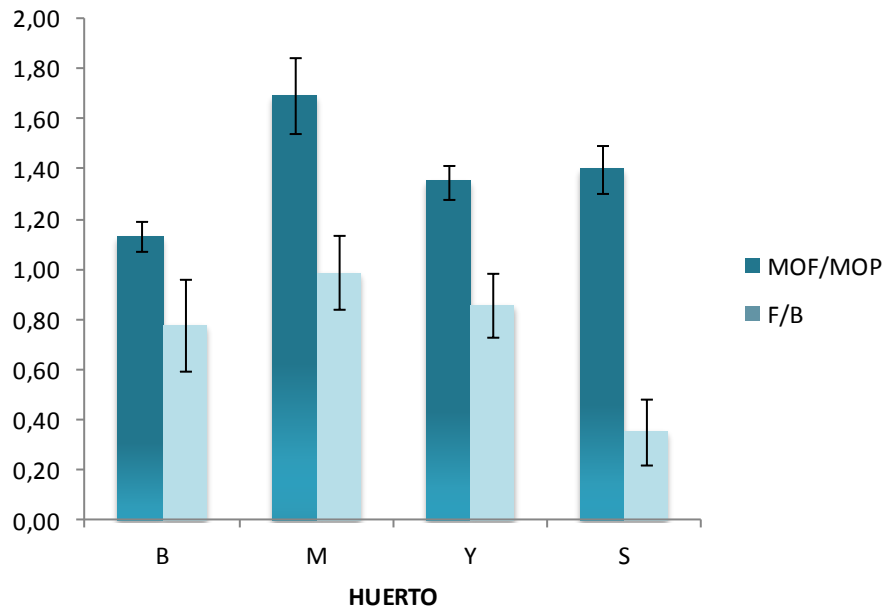


Figura N° 22: Relación entre MOF/MOP y F/B en los Huertos B, M, Y y S.
MOP: Materia Orgánica Particulada; MOF: Materia Orgánica Fina; F: Fungívoros; B: Bacteriófagos. Las barras indican el error estándar de la media.

Se analizó la abundancia de nematodos de enriquecimiento (Ba1+Fu2) y se obtuvo efecto Huerto ($p=0,001$) y Estación ($p=0,02$). Se detectó mayor abundancia de Ba1+Fu2 durante la primavera que en otoño, 30 y 18 individuos en 100 g de suelo seco, respectivamente, en todos los huertos.

Tabla N° 13: Abundancia media de nematodos de enriquecimiento (\pm EE) por huerto.

| | | Ba1+Fu2 |
|---------------|----------|-------------------|
| Huerto | B | 20,6 \pm 5,85ab |
| | M | 41,8 \pm 6,03a |
| | Y | 13,7 \pm 2,36b |
| | S | 27,9 \pm 5,69ab |

Letras diferentes indican diferencias ($p=0,001$), entre huertos según la prueba de Tukey desbalanceado.

6.2.4.1. Relación entre nematodos fitófagos facultativos y fungívoros

En los huertos S y B, ligeramente salinos, la abundancia de nematodos fungívoros fue más baja, y la abundancia de fitófagos facultativos fue dos veces mayor en B y cinco veces mayor en S respecto de los huertos M e Y. La relación entre los Ff y Fu en los cuatro huertos se muestra en la Tabla N° 14.

Tabla N° 14: Relación Ff/Fu (\pm EE) en cada huerto

| | | Relación Ff/Fu |
|----------------|----------|------------------|
| Huertos | B | 3,35 \pm 1,17a |
| | M | 0,59 \pm 0,21a |
| | Y | 1,52 \pm 0,36a |
| | S | 5,56 \pm 1,72a |

Ff: Fitófagos facultativos; Fu: fungívoros. Letras diferentes indican diferencias ($p < 0,05$), entre huertos según la prueba de Tukey desbalanceado.

Un análisis de correlación entre Ff/Fu con las variables que describen la salinidad del suelo CE y RAS, mostró una fuerte relación positiva (Tabla N° 15).

Tabla N° 15: Coeficiente de Correlación de Pearson entre Ff/Fu y CE y RAS (n=60; ** $p < 0,004$)

| | CE | RAS |
|--------------|---------------|---------------|
| Ff/Fu | 0,41** | 0,46** |

6.3. RELACIÓN DE LA NEMATOFAUNA Y LAS VARIABLES EDAFICAS

Un análisis de componentes principales (ACP) se realizó para explorar las asociaciones entre variables edáficas y nematológicas en función de los huertos. Las dos primeras dimensiones del ACP explicaron el 51,44 % de la variabilidad total del sistema. Las variables edáficas CE, RAS, MOF, MAg y mAg aportaron en la CP 1. Los grupos tróficos Ba1, Ba2 y Fu2 tuvieron un aporte en la CP2 (Figura N° 23).

Se puede observar una correlación positiva entre el contenido de arena, los macroagregados y la presencia de nematodos Fu3 y Fu4, así como entre los nematodos Ba1 y la CE y el RAS.

Este análisis permitió determinar la asociación del grupo funcional Ba1 y Ff con el huerto S y los grupos funcionales Ba2 y Fu2 con el huerto M. En los huertos B e Y los grupos tróficos Fu3 y Fu4 estuvieron mejor representados.

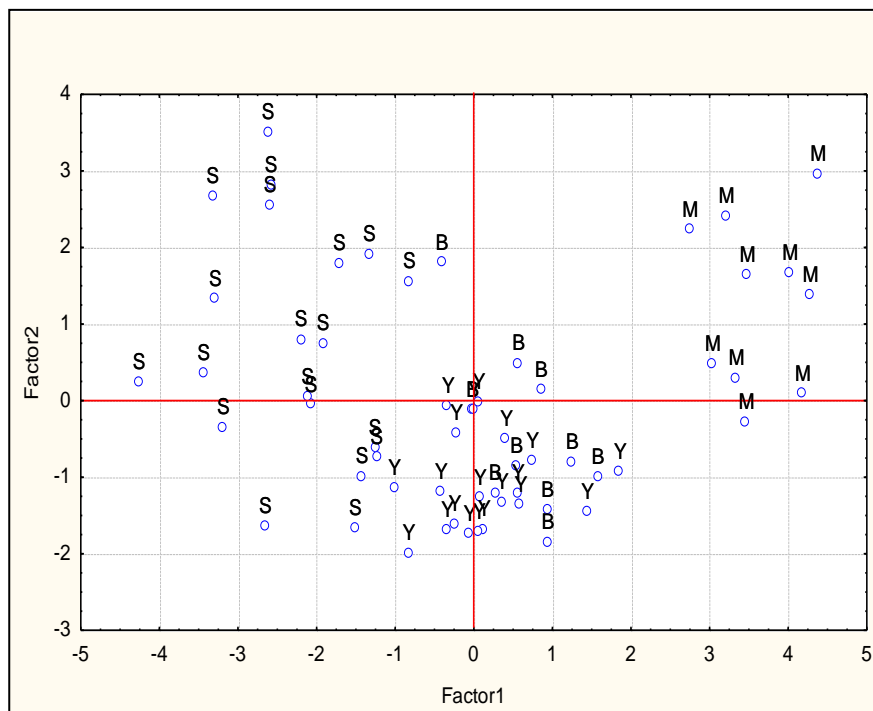
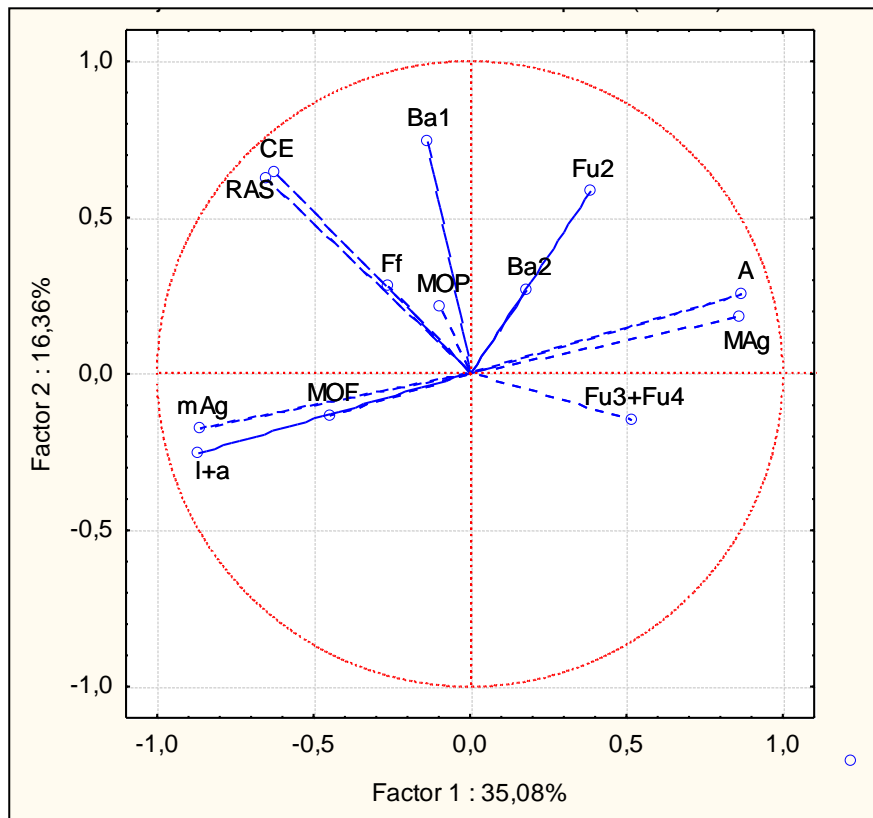


Figura N° 23: Representación de las variables en el ACP.
MAG: macroagregados; **mAg:** microagregados; **MOP:** Materia Orgánica Particulada. **MOF:** Materia Orgánica Fina. **I+a:** limo + arcilla. **A:** Arena; **CE:** Conductividad eléctrica; **RAS:** relación de adsorción de sodio; **Ba1:** Bacteriófagos cp-1; **Ba2:** Bacteriófagos cp-2; **Fu2, 3, 4:** Fungívoros cp-2, 3, 4; **Huertos B, M, Y y S.**

El análisis de la dimensión 1 con la 3 del ACP, permitió explicar el 45,81% de la variabilidad del sistema. En este caso se observó una correlación positiva entre la MOF, la CE, el RAS, los mAg y los nematodos fitófagos facultativos. En el huerto S la variable MOP estuvo mejor representada (Figura N° 24).

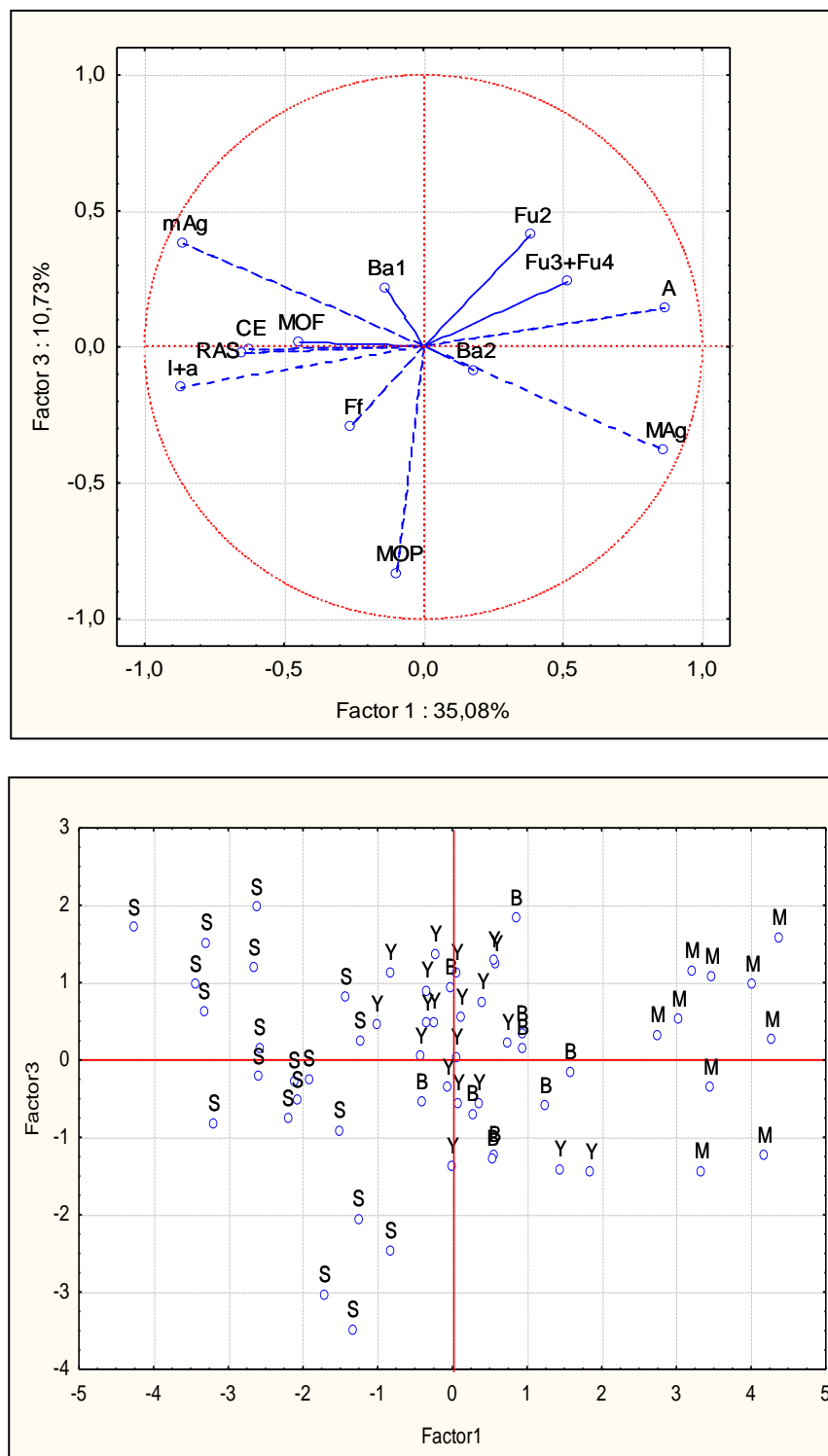


Figura N° 24: Representación de las variables en el ACP.

MAG: macroagregados; **mAg:** microagregados; **MOP:** Materia Orgánica Particulada. **MOF:** Materia Orgánica Fina. **I+a:** limo + arcilla. **A:** Arena; **CE:** Conductividad eléctrica; **RAS:** relación de adsorción de sodio; **Ba1:** Bacteriófagos cp-1; **Ba2:** Bacteriófagos cp-2; **Fu2, 3, 4:** Fungívoros cp-2, 3, 4; **Huertos B, M, Y y S.**

7. DISCUSIÓN

La textura del suelo influye en su habitabilidad debido a su relación directa con la protección de la MOS y el contenido de COS del suelo (Six et al., 2006). Los suelos de los huertos analizados son de textura media, siendo el huerto M más arenoso, el huerto S más limoso, y el huerto Y más arcilloso. El huerto M presentó 2 veces más arena que el resto de los huertos.

El pH fue más cercano a neutro en Y y M y en los suelos de los huertos S y B fue ligeramente alcalino. En los suelos alcalinos predominan las bases, fundamentalmente de Na^+ .

Los valores más altos de CE se detectaron en los huertos S y B llegando a valores de $5,78 \text{ dSm}^{-1}$ y $3,43 \text{ dSm}^{-1}$, respectivamente, y se correspondieron con los valores más altos de PSI. En el huerto S, Aruani et al. (2011) determinaron valores medios de CE de 20 dSm^{-1} en el horizonte subsuperficial, debido a la presencia de la capa freática que se mantuvo a los 70 cm durante el ciclo productivo, provocando el ascenso capilar de las sales hacia el horizonte superficial.

La CIC, es una propiedad química del suelo estrechamente vinculada a su fertilidad, depende de la presencia de los coloides inorgánicos (arcillas cristalinas, geles amorfos, óxidos y sesquióxidos de hierro y aluminio) y del contenido de MOS (Krull et al., 2004). En los huertos S e Y los valores de CIC fueron mayores, coincidiendo con el mayor contenido de arcillas que le permite retener e intercambiar cationes.

El contenido de MOS en los huertos fluctuó entre 2,91 y 3,47%, considerados elevados para huertos con más de 20 años de trayectoria frutícola (Aruani et al., 2001). En el huerto S el contenido de MOS fue significativamente mayor. Como práctica de manejo, para contrarrestar el efecto salino en este huerto, se aplicaron mayores dosis de fertilizantes nitrogenados en ciclos productivos anteriores a 2010-2011, que en el resto de los huertos (Tabla N° 1). El mayor aporte de nitrógeno debido a la fertilización puede favorecer la secreción de exudados radicales de la planta (Zhu et al., 2016) y mayor producción de materia seca total (Galantini et al., 2008) aumentando la MOS. La salinidad por encima de 5 dSm^{-1} , afecta la mineralización de la MOS, incrementa la acumulación de C y N en la biomasa microbiana por disminuir la velocidad de mineralización de C y N (Sarig et al., 1993)

lo que puede contribuir junto con la fertilización, al mayor contenido de MOS en el huerto S. Este incremento en la MOS favorece la formación de mayor porcentaje de macroagregados en el suelo.

Las partículas de suelo son aglutinadas por la secreción de polisacáridos bacterianos, unidas por hifas de hongos, raíces de plantas y otros materiales orgánicos e inorgánicos que forman los agregados del suelo, generando el microhábitat para los nematodos (Neher, 2010). En el huerto M, el porcentaje de agregados de tamaño 100-2000 μm fue similar al porcentaje de agregados de 0,1-100 μm , mientras que en los huertos B, Y y S el porcentaje de microagregados fue dos veces mayor que el de macroagregados, asociado a un mayor porcentaje de partículas finas (I+a). La concentración de carbono orgánico del suelo disminuye con la disminución del tamaño de los agregados (Puget et al., 1995; Kumar et al., 2013) es decir, que los macroagregados contienen más carbono orgánico que los microagregados (Puget et al., 1995). Sin embargo, en nuestro ensayo el porcentaje de MOP, que contiene aproximadamente el 55% de carbono orgánico (Kumar et al., 2013) fue similar en todos los huertos a pesar de la diferencia del porcentaje de macroagregados entre huertos. Además, el contenido de MOP de los macroagregados fue menor que el contenido de MOF de los microagregados. Estas diferencias encontradas pueden deberse a la granulometría del suelo que juega un rol importante en la estabilidad de los agregados (Morel et al., 1991) y a las características químicas de los suelos (Jiang et al., 2018).

La relación MOP/MOS fue mayor en primavera y la fracción lábil representó aproximadamente el 47% de la MOS en todos los huertos, lo que se relaciona con una fuente importante de nutrientes disponibles en el corto y mediano plazo (Galantini, 2005; Galantini & Suñer, 2008) que puede ser utilizado en uno de los periodos de mayor crecimiento de las raíces de los frutales de pepita (Sánchez, 1999). La fertilización produce cambios significativos sobre las diferentes fracciones orgánicas, incrementa el contenido de MOP y modifica tanto la cantidad como calidad de la MOF (Galantini et al., 2008). Como así también debemos considerar el crecimiento de las raíces de los perales en primavera que con el exudado de las mismas favorecen la formación de macroagregados (Totsche et al., 2018).

La disponibilidad de la MOS para los microorganismos está relacionada con su ubicación dentro de la matriz del suelo (Elliott & Coleman, 1988) y es un factor dominante en la estructura de las comunidades edáficas (van den Hoogen et al.,

2019). En los huertos analizados el contenido de MOP fue mayor en primavera. Esta fracción lábil, al ser más accesible para los descomponedores, tiene una rápida velocidad de reciclado. Los nematodos bacteriófagos pueden regular la comunidad microbiana directamente al alimentarse de ella y afectar la velocidad de recambio del carbono almacenado y el tamaño de los agregados (Neher, 2010; Jiang et al., 2018). En este ensayo, la dinámica del contenido de MOP se correspondió con la dinámica de Ba, registrando mayor abundancia en primavera que en otoño. Sundín et al. (1990), encontraron que los nematodos bacteriófagos estimularon 63 veces más la exudación de carbono orgánico modificando la cantidad y la composición de los rizodepósitos con respecto al tratamiento sin nematodos y sin bacterias. La asociación entre nematodos bacteriófagos y bacterias probablemente aumente la relación de cooperación mutualista y consecuentemente contribuye a aumentar el tamaño y la velocidad de recambio del contenido de carbono orgánico del suelo (Jiang et al., 2018), aumentando la disponibilidad de nutrientes y producción de biomasa vegetal (Gebremikael et al., 2016).

Los grupos funcionales que conformaron la abundancia de los nematodos bacteriófagos fueron Ba1 y Ba2. La abundancia de Ba fue similar entre huertos y Ba2 predominó sobre Ba1. La densidad de Ba2 en el huerto Y se mantuvo constante en ambas estaciones, mientras que en el resto de los huertos fue mayor en primavera. Este grupo funcional se caracteriza por ciclos de vida más largos y tasas de reproducción más lentas que el grupo Ba1, y se encuentran tanto en condiciones nutricionales ricas como pobres (Bongers & Bongers, 1998). Ferris & Matute (2003) determinaron que el agregado de materia orgánica provocó un aumento de nematodos bacteriófagos oportunistas-generalistas (Ba2) y fungívoros (Fu2), representados por las familias Cephalobidae y Aphelenchidae, respectivamente. En todos los huertos, la abundancia de nematodos oportunistas de enriquecimiento (Ba1+Fu2) fue mayor en primavera. El crecimiento rápido de estos nematodos cp-1 y cp-2 puede resultar en mayor contenido de N y P en el suelo, por la excreción de amonio y fosfatos (Gebremikael et al., 2016); nutrientes importantes para el desarrollo del fruto de los perales.

En suelos de textura gruesa, como en el huerto M, Six et al. (2004), encontraron que la estabilidad de los agregados estuvo más relacionada con la red de hifas, al formar una red con las partículas de arena, que con la biomasa y productos

microbianos (Degens et al., 1994). Además, Kihara et al. (2012), encontraron mayor abundancia de hongos asociados a los macroagregados. Esto podría explicar la mayor abundancia de nematodos fungívoros observados en el huerto M. El huerto M presenta un suelo con capas contrastadas de diferente tamaño de partículas de arena, con presencia de fragmentos gruesos desde la superficie (10% en volumen) hasta 80-90% en volumen a partir de los 35 cm y drenaje excesivo, lo que genera condiciones de sequía. En otros estudios se ha encontrado que los nematodos fungívoros fueron más abundantes en condiciones de suelo secos que los bacteriófagos (Bakonyi & Nagy, 2000).

Los huertos S, Y y B, con mayor contenido de limo más arcilla (65 a 77%) que el huerto M (43%), presentaron más microagregados, aproximadamente un 66% respecto a un 50% en M. Estos microagregados, mostraron en promedio un 10% más de MOF, en los suelos con textura más fina que en suelos de textura más gruesa. La importancia de la MOF en el agrosistema radica en que es una reserva de carbono a largo plazo (Balesdent et al., 2000) ya que la mineralización es más lenta (Tisdall & Oades, 1982) y su protección es mayor en suelos que contienen más porcentaje de partículas finas (Galantini et al., 2008). Los microagregados son más estables y más difícil de degradar que los macroagregados debido a que los procesos de interacción que estabilizan los microagregados difieren de los que estabilizan a los macroagregados (Totsche et al., 2018).

Los índices de la comunidad de nematodos combinan información de los hábitos tróficos y estrategias de sus ciclos de vida (Ferris et al., 2001). El índice canal y el índice F/B proporcionan información sobre la ruta de descomposición de la materia orgánica del suelo en la red trófica de detritos. En el cálculo de CI se consideran los nematodos que responden rápidamente al enriquecimiento del suelo (Ba1 y Fu2) en cambio en F/B se tiene en cuenta toda la población de nematodos Ba y Fu. En este estudio, los valores de CI fueron bajos en todos los huertos (menores de 50%), indicando que la ruta de descomposición de la MOS estuvo dominada por el canal bacteriano respecto al fúngico. Sin embargo, en el huerto M los valores del índice CI y la relación F/B fueron relativamente más altos que en el resto de los huertos, lo que indicaría mayor participación de los fungívoros que en el resto de los huertos. La relación entre la abundancia de nematodos fungívoros y su recurso alimenticio fue comprobada por la correlación positiva entre CI y la relación hongos/bacterias observada por Briar et al. (2011). En cambio, en el huerto S,

sucedió lo contrario, la relación F/B indicó mayor participación de los nematodos bacteriófagos en el recambio de MOS. Probablemente la salinidad alteró los procesos de recambio de la MOS al afectar a las poblaciones fúngicas, ya que los hongos son más sensibles a la salinidad que las bacterias (Wichern et al., 2006), lo que queda demostrado por la mayor abundancia de Ba que de Fu detectada en el huerto S.

En este estudio, los índices EI y CI no se correlacionaron con el porcentaje de las fracciones de la MOS. En cambio, Margenot & Hodson (2016) encontraron que el carbono lábil se asoció negativamente con el CI, consistente con la preferencia de los bacteriófagos por recursos rápidamente descomponibles (Steel et al., 2010) mientras que los fungívoros prefieren un recurso más procesado (Ferris & Matute, 2003).

Los nematodos de la familia Tylenchidae son abundantes alrededor de las raíces y se alimentan de células epidérmicas y/o pelos radicales de las plantas (Bargett et al., 1999) y se ha comprobado que algunas especies se alimentan de hongos (Okada et al., 2005). En los huertos B y S, la abundancia de nematodos fitófagos facultativos fue el doble que en M e Y. La correlación positiva observada entre la relación Ff/Fu y la salinidad, podría explicar la mayor abundancia de los nematodos Ff en los huertos B y S. *Boleodorus* y otros representantes de la familia Tylenchidae fueron dominantes en suelos salinos sódicos en sistemas frutícolas del Alto Valle de Río Negro (Azpilicueta et al., 2013). En suelos salinos, la actividad biológica llevada a cabo por los nematodos fungívoros en la ruta de descomposición de la MOS, posiblemente la lleven a cabo los nematodos fitófagos facultativos.

Los resultados sugieren que con mayor contenido de MOF que de MOP, la estructura del ensamble de nematodos microbívoros puede ser diferente en los huertos de perales, posiblemente la textura y la salinidad jueguen un rol importante en la regulación de la distribución de los nematodos en el suelo.

8. CONCLUSIONES

Este estudio muestra la distribución de los grupos tróficos y funcionales del ensamble de nematodos microbívoros en función de las fracciones de la materia orgánica y la clase textural del suelo en sistemas frutícolas.

Respecto a la hipótesis planteada no se identificó ningún sitio en donde la MOP fuera mayor que MOF. En cambio, los sitios presentaron mayor contenido de materia orgánica fina y la abundancia de nematodos fungívoros fue menor que la de nematodos bacteriófagos.

1- La materia orgánica del suelo fue mayor en el huerto de suelo salino, con mayor contenido de partículas finas (limo + arcilla) y que recibió mayores dosis de fertilización nitrogenada.

2- En suelos con textura gruesa, el porcentaje de macroagregados fue similar al de microagregados, en cambio en los suelos con predominio de partículas finas (mayor a 65%), dominaron los microagregados.

3- La materia orgánica fina representó aproximadamente el 56% de la MOS.

4- La estructura del ensamble de microbívoros fue distinta, en suelos con similar contenido de MOP.

5- El contenido de MOP, fue mayor en la fase del desarrollo del fruto (primavera) en todos los huertos y se correspondió con mayor abundancia de nematodos bacteriófagos. El grupo funcional Ba2 predominó sobre los Ba1. La densidad de nematodos oportunistas de enriquecimiento (Ba1+Fu2) fue mayor que en otoño.

6- En suelos con mayor contenido de sales la abundancia de nematodos fungívoros fue menor que en suelos no salinos. En estos sitios, posiblemente la actividad biológica de los nematodos fungívoros en la ruta de descomposición de la MOS esté coadyuvada por los fitófagos facultativos.

9. PERSPECTIVAS FUTURAS

Los nematodos del suelo son organismos con una gran variedad de atributos de importancia ecológica, que responden rápidamente a las perturbaciones ambientales, como el laboreo o la aplicación de agroquímicos. En investigaciones futuras, sería importante evaluar la estructura del ensamble de microbívoros en cada fracción de la MOS en suelos con diferentes texturas e identificar la comunidad de nematodos predominante y así, poder determinar las diferentes conexiones en la ruta de descomposición de la materia orgánica y el aporte de nutrientes que realizan estos organismos en los agroecosistemas, necesarios para la producción vegetal.

10. ANEXO

1. ANOVA DEL TAMAÑO DE PARTÍCULAS

| | GL | Arena | | | | Limo | | | | Arcilla | | | |
|------------------------|----|----------|----------|---------|------|----------|----------|---------|------|----------|----------|---------|------|
| | | SS | MS | F | p | SS | MS | F | p | SS | MS | F | p |
| Intercept | 1 | 70383,32 | 70383,32 | 3366,52 | 0,00 | 90618,05 | 90618,05 | 4992,38 | 0,00 | 27066,04 | 27066,04 | 7334,94 | 0,00 |
| HUERTO | 3 | 8020,89 | 2673,63 | 127,88 | 0,00 | 3368,97 | 1122,99 | 61,865 | 0,00 | 1595,53 | 531,84 | 144,13 | 0,00 |
| ESTACION | 1 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 1,00 |
| HUERTO*ESTACION | 3 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 1,00 |
| Error | 52 | 1087,15 | 20,91 | | | 943,91 | 18,15 | | | 191,88 | 3,69 | | |
| Total | 59 | 9108,04 | | | | 4312,88 | | | | 1787,41 | | | |

2. ANOVA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS SUELOS

| | G.L | CE | | RAS | | PSI | | CIC | | Na ⁺ | | K ⁺ | |
|------------------------|-----|--------|------|--------|-------|--------|------|----------|------|-----------------|-------|----------------|------|
| | | F | p | F | p | F | p | F | p | F | p | F | p |
| Intercept | 1 | 330,35 | 0,00 | 171,31 | 0,000 | 196,50 | 0,00 | 15368,87 | 0,00 | 199,25 | 0,000 | 801,08 | 0,00 |
| HUERTO | 3 | 49,02 | 0,00 | 27,41 | 0,000 | 28,30 | 0,00 | 54,47 | 0,00 | 36,02 | 0,000 | 35,35 | 0,00 |
| ESTACION | 1 | 0,71 | 0,40 | 0,73 | 0,394 | 0,20 | 0,65 | 0,00 | 1,00 | 0,15 | 0,69 | 3,38 | 0,07 |
| HUERTO*ESTACION | 3 | 2,5 | 0,06 | 0,40 | 0,753 | 0,18 | 0,90 | 0,00 | 1,00 | 0,14 | 0,93 | 14,20 | 0,00 |
| Error | 52 | | | | | | | | | | | | |
| Total | 59 | | | | | | | | | | | | |

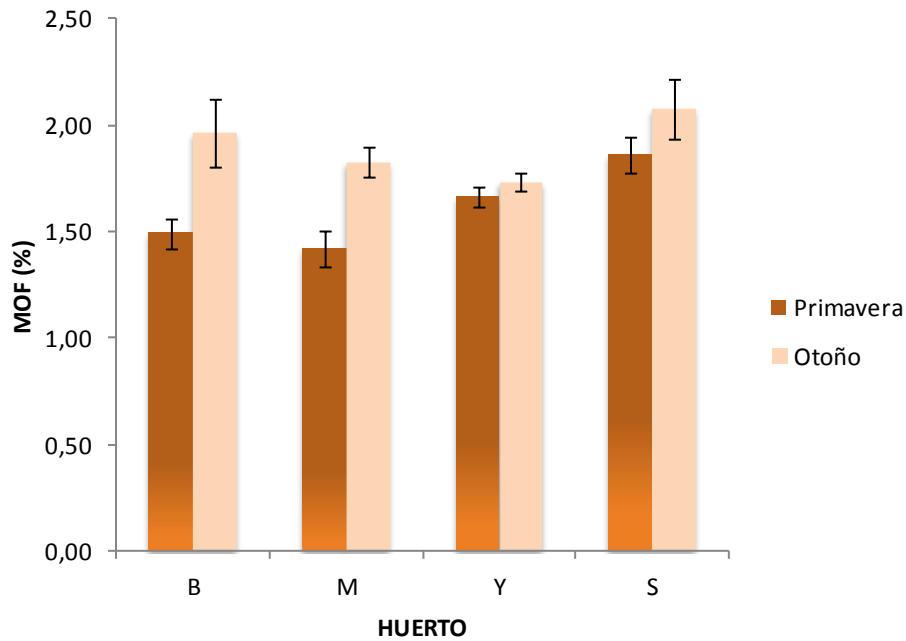
G.L.: Grados de libertad. CE: Conductividad eléctrica; RAS: relación de adsorción de Sodio; PSI: porcentaje de sodio de intercambio; CIC: capacidad de intercambio catiónico; Na⁺: sodio intercambiable; K⁺: potasio intercambiable.

3. ANOVA DE LA MOS Y SUS FRACCIONES

| | G.L | MOS | | | | MOP | | | | MOF | | | |
|------------------------|-----|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|
| | | SS | MS | F | p | SS | MS | F | p | SS | MS | F | P |
| Intercept | 1 | 5,865 | 5,865 | 3544,7 | 0,000 | 33,80 | 33,80 | 1269,5 | 0,000 | 18,41 | 18,41 | 3149,5 | 0,000 |
| HUERTO | 3 | 0,030 | 0,010 | 6,139 | 0,001 | 0,219 | 0,073 | 2,751 | 0,051 | 0,097 | 0,032 | 5,553 | 0,002 |
| ESTACION | 1 | 0,001 | 0,001 | 1,036 | 0,313 | 0,205 | 0,205 | 7,710 | 0,007 | 0,128 | 0,128 | 22,02 | 0,000 |
| HUERTO*ESTACION | 3 | 0,010 | 0,003 | 2,195 | 0,099 | 0,112 | 0,037 | 1,410 | 0,250 | 0,054 | 0,018 | 3,083 | 0,035 |
| Error | 52 | 0,086 | 0,001 | | | 1,384 | 0,026 | | | 0,303 | 0,005 | | |
| Total | 59 | 0,127 | | | | 1,961 | | | | 0,545 | | | |

G.L.: Grados de libertad. MOS: Materia Orgánica del Suelo; MOP: Materia Orgánica Particulada; MOF: Materia Orgánica Fina.

4. VARIACIÓN DEL CONTENIDO DE MOF



Variación estacional del contenido de MOF (%) en cada huerto. P: primavera, O: otoño (n=30). Las barras indican el error estándar.

5. ANOVA DE LOS AGREGADOS

| | G.L. | Macroagregados | | | | Microagregados | | | |
|-----------------|------|----------------|----------|----------|-------|----------------|----------|----------|-------|
| | | SS | MS | F | p | SS | MS | F | p |
| Intercept | 1 | 73739,75 | 73739,75 | 2626,540 | 0,000 | 200692,3 | 200692,3 | 6981,314 | 0,00 |
| HUERTO | 3 | 3421,90 | 1140,63 | 40,628 | 0,000 | 3491,0 | 1163,7 | 40,479 | 0,00 |
| ESTACIÓN | 1 | 65,46 | 65,46 | 2,331 | 0,132 | 43,4 | 43,4 | 1,509 | 0,224 |
| HUERTO*ESTACION | 3 | 285,19 | 95,06 | 3,386 | 0,024 | 297,4 | 99,1 | 3,448 | 0,023 |
| Error | 52 | 1459,89 | 28,07 | | | 1494,8 | 28,7 | | |
| Total | 59 | 5372,65 | | | | 5450,0 | | | |

G.L. Grados de Libertad.

6. MLG DE LOS MICROBIVOROS

| Ba+Fu+Ff | | | |
|-----------------|------|----------|---------------|
| | G.L. | χ^2 | Pr > χ^2 |
| HUERTO | 3 | 3,46 | 0,3258 |
| ESTACION | 1 | 8,75 | 0,0031 |
| HUERTO*ESTACION | 3 | 6,05 | 0,1092 |

E O P -0,3632 0,1181 1 9,46 0,0021

G.L.: Grados de Libertad. Ba: Bacteriófagos. Fu: Fungívoros. Ff: Fitófagos facultativos. E: Estación. O: Otoño. P: Primavera

7. MLG DE NEMATODOS BACTERIÓFAGOS

| Nematodos Bacteriófagos | | | | | | | | |
|-------------------------|---|---|---------|----------|---------------|-------|--------|--|
| | | | G.L. | χ^2 | Pr > χ^2 | | | |
| HUERTO | | | 3 | 1,63 | 0,6517 | | | |
| ESTACION | | | 1 | 17,49 | <0,0001 | | | |
| HUERTO*ESTACION | | | 3 | 7,00 | 0,0719 | | | |
| E | O | P | -0.6205 | 0.1369 | 1 | 20.55 | <.0001 | |

G.L.: Grados de Libertad. Ba: Bacteriófagos. E: Estación. O: Otoño. P: Primavera

8. MLG DE NEMATODOS Ba1 Y Ba2

| Ba1 | | | | | | | | |
|-----------------|---|---|---------|----------|---------------|------|--------|--|
| | | | G.L. | χ^2 | Pr > χ^2 | | | |
| HUERTO | | | 3 | 8,15 | 0,0430 | | | |
| ESTACION | | | 1 | 2,23 | 0,1351 | | | |
| HUERTO*ESTACION | | | 3 | 1,85 | 0,6039 | | | |
| H | B | I | 0.7930 | 0.3620 | 1 | 4.80 | 0.0285 | |
| H | I | M | -0.7843 | 0.3621 | 1 | 4.69 | 0.0303 | |
| H | I | S | -0.8155 | 0.2979 | 1 | 7.49 | 0.0062 | |

G.L.: Grados de Libertad. Ba: Bacteriófagos. H: Huerto. E: Estación. O: Otoño. P: Primavera

| Ba2 | | | | | | | | | |
|-----------------|---|---|------|----------|---------------|--------|---|-------|--------|
| | | | G.L. | χ^2 | Pr > χ^2 | | | | |
| HUERTO | | | 3 | 11,94 | 0,0076 | | | | |
| ESTACION | | | 1 | 22,68 | <0,0001 | | | | |
| HUERTO*ESTACION | | | 3 | 8,51 | 0,0365 | | | | |
| H*E | B | O | B | P | -0.5837 | 0.3474 | 1 | 2.82 | 0.0929 |
| H*E | I | O | I | P | -0.2353 | 0.2368 | 1 | 0.99 | 0.3203 |
| H*E | M | O | M | P | -1.2150 | 0.3431 | 1 | 12.54 | 0.0004 |
| H*E | S | O | S | P | -1.1378 | 0.2478 | 1 | 21.08 | <.0001 |

G.L.: Grados de Libertad. Ba: Bacteriófagos. H: Huerto. E: Estación. O: Otoño. P: Primavera

9. MLG DE NEMATODOS FUNGÍVOROS

| Nematodos Fu2 | | | | | | | | |
|------------------------|---|---|---------|--------|----------|---------------|--------|--|
| | | | | G.L | χ^2 | Pr > χ^2 | | |
| HUERTO | | | | 3 | 20,98 | 0,0001 | | |
| ESTACION | | | | 1 | 0,78 | 0,3776 | | |
| HUERTO*ESTACION | | | | 3 | 2,93 | 0,4020 | | |
| H | B | M | -2.0202 | 0.4424 | 1 | 20.85 | <.0001 | |
| H | B | S | -0.9794 | 0.3981 | 1 | 6.05 | 0.0139 | |
| H | I | M | -1.3709 | 0.3611 | 1 | 14.41 | 0.0001 | |
| H | M | S | 1.0408 | 0.3580 | 1 | 8.45 | 0.0036 | |

G.L.: Grados de Libertad. Fu: Fungívoros. H: Huerto.

11. BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ, R. & C. R., ÁLVAREZ; 2000. Soil organic matter pools and their associations with carbon mineralization kinetics soil. *Sci. Soc. Am. J.* 64:184-189.
- ARUANI, MC; SÁNCHEZ, E.; C., DUSSI, & C., ARJONA; 2001. Micronutrientes disponibles en suelos del Alto Valle de Río Negro, Argentina. *Agro-Ciencia (Chile)* 17(1):23-28.
- ARUANI, MC; N BARNES; G STRIEBECK; B OSRE & Y MACHUCA. 2011. Physical and physico-chemical properties of saline soils and effects on yield and quality of pear var. Williams, in Upper Valley Río Negro, Argentina. *Acta Hortic. (ISHS)*. 909: 303-308.
- AZPILICUETA, C.V. & M.C. ARUANI, 2016. Nematodos: ¿qué beneficios aportan al suelo? *Experticia. Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Cuyo* Número 5 - Año 2016.
- AZPILICUETA, C., C., ARUANI, P., REEB, & E., SÁNCHEZ; 2008. Estructura de la comunidad de nematodos del suelo bajo dos niveles de fertilización nitrogenada en Alto Valle de Río Negro-Argentina. *Nematropica*. 38(1): 75-86.
- AZPILICUETA, C., C., ARUANI & E., CHAVES; 2011. Relación entre la nematofauna y la historia de manejo del suelo en huertos frutícolas. *Agro Sur* Vol. 39 (1) 13-23.
- AZPILICUETA, CV; MC ARUANI & E CHAVES. 2013. Composition of plantfeeding nematodes in agricultural soils with different salinity levels. *XLV Annual Meeting. Organization of Nematologists of Tropical America. Nematropica* 43: 279. Abstract.
- BAKONYI, G; & P. NAGY. 2000. Temperature- and moisture-induced changes in the structure of the nematode fauna of a semiarid grassland-patterns and mechanisms, *Glob. Change Biol.* 6 697e707.
- BALESDENT, J.; C. CHENU; M. BALABANE; 2000. Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. *Soil & Tillage Research* 53 215-230.
- BARGETT, R; R COOK; G YEATES & C DENTON. 1999. The influence of nematodes on below-ground processes in grassland ecosystems. *Plant Soil* 212: 23-33.
- BARTHES, B. & E., ROOSE, 2002. Aggregate stability as an indicator of soil susceptibility to runoff and erosion validation at several levels. *Catena* 47: 133–149.
- BONGERS, T. 1990. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. *Oecologia* 83: 14-19.

- BONGERS, T & M BONGERS. 1998. Functional diversity of nematodes. *Appl. Soil Ecol.* 10: 239-251.
- BONGERS, T., DE GOEDE, R.G.M., KORTHALS, G.W., YEATES, G.W., 1995. Proposed changes of c-p classification for nematodes. *Russ. J. Nemat.* 3, 61±62.
- BONGERS, T. & FERRIS, H. 1999. Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring. *Trends Ecol Evol* 14: 224-228
- BOUYOUCUS G. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. *Agron. J.* 54: 464-465.
- BRIAR, S.S., S.J., FONTE, I., PARK, J., SIX, K. SCOWC, & H., FERRIS; 2011. The distribution of nematodes and soil microbial communities across soil aggregate fractions and farm management systems. *Soil Biol. Biochem* 43: 905-914.
- BRONICK, C. J. & R. LAL. 2005. Soil structure and management: a review. *Geoderma* 124: 3-22.
- CAMBARDELLA, C.A. & E.T., ELLIOT; 1992. Particulate Soil Organic-Matter Changes across a Grassland Cultivation Sequence. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56: 777-783.
- CARTER, M.R., 2002. Soil quality for sustainable land management: organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions. *Agron.J.* 94: 38-47.
- CAVENESE, F.E., & H.J. JENSEN. 1955. Modification of the centrifugal-flotation technique for the isolation and concentration of nematodes and their eggs from soil and plant tissue. *Proceedings of the Helminthological Society of Washington* 22:87-89.
- CHAVES, E.J., M.M., ECHEVERRIA & M.S., TORRES; 1995. Clave para determinar géneros de Nematodos del Suelo de la República Argentina. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Mar del Plata.
- CIL (Consortio Inconas Latinoconsult). 1991. Estudio para el Aprovechamiento Integral del Río Negro. Etapa II. Informe Edafológico, Buenos Aires, Argentina. 643 p.
- CORDON, V. H., J. FORQUERA & GASTIAZORO, J., 1996. Estadísticas meteorológicas 1972-1992 y relación de las variables climáticas con la fenología de frutales de pepita en Cinco Saltos, Río Negro. Plan de Investigación A/016 - Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Comahue. Argentina. 50 pp.
- DEGENS, B.P.; G.P SPARLING; L.K ABBOTT. 1994. The contribution from hyphae, roots and organic carbon constituents to the aggregation of a sandy loam under long-term clover-based and grass pastures. *Eur. J. Soil Sci.* 45, 459–468.
- DI RIENZO J.A., F., CASANOVES, M.G., BALZARINI, L., GONZALEZ, M., TABLADA & C.W., ROBLEDO. 2011. InfoStat Group, College of Agricultural

Sciences, Nacional University of Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.

- DUBEUX, JCB JR; LE SOLLENBERGER; NB COMERFORD; JM SCHOLBERG & AC RUGGIERI. 2006. Management intensity affects density fractions of soil organic matter from grazed bahiagrass swards. *Soil Biology and Biochemistry* 38(9): 2705-2711.
- DUIKER, S. W., F. E. RHOTON, J. TORRENT, N. E. SMECK, & R. LAL. 2003. Iron (hydr)oxide crystallinity effects on soil aggregation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67: 606-611.
- ELLIOTT, E.T. 1986. Aggregate structure and carbon, nitrogen, and phosphorous in native and cultivated soil. *Soil Science Society of America Journal* 50: 627-633.
- ELLIOTT, E.T. & D.C COLEMAN. 1988. Let the soil work for us. *Ecological Bulletins* 39, 23-32.
- FABRIZZI, K.P., A. MORÓN, & F.O GARCÍA. 2003. Soil carbon and nitrogen organic fractions in degraded vs. Nondegraded Mollisols in Argentina. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 67:1831-1841.
- FAO. 2005. The importance of soil organic matter. Key to drought resistant soil and sustained food and production. *FAO Soils Bulletin* 80
- FERRIS, H. & M., MATUTE; 2003. Structural and functional succession in the nematode fauna of a soil food web. *Applied Soil Ecology*. 23: 93-110.
- FERRIS, H. & T., BONGERS. 2006. Nematode indicators of organic enrichment. *Journal of Nematology*. 38: 3-12.
- FERRIS, H., R.C., VENETTE & S.S., LAU; 1996. Dynamics of nematode communities in tomatoes grown in conventional and organic farming systems and their impact on soil fertility. *Applied Soil Ecology*. 3: 161-175.
- FERRIS, H.T., BONGERS & R.G.M., DE GOEDE; 2001. A framework for soil food web diagnostics: extension of the nematode faunal analysis concept. *Appl. Soil Ecol.* 18:13-29.
- FISCUS, D.A. & D.A. NEHER. 2002. Distinguishing sensitivity of free living soil nematode genera to physical and chemical disturbances. *Ecological Applications* 12:565-575.
- GALANTINI, J.A. 2005. Separación y análisis de las fracciones orgánicas. [IV -2] Pp. 103-114. En: L Marbán & S Ratto (eds.). *Tecnologías en Análisis de Suelos*. 1ra. ed. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo.
- GALANTINI, J.A.; J. IGLESIAS; M. LANDRISCINI, L. SUÑER & G. MINOLDO. 2008. Calidad y dinámica de las fracciones orgánicas en sistemas naturales y

- cultivados. En: GALANTINI, J.A.; 2008. Estudio de las fracciones orgánicas en suelos de la Argentina. Ed. Edi UNS, pg. 71-95.
- GALANTINI, J.A. & L. SUÑER; 2008. Las fracciones orgánicas del suelo: análisis en los suelos de la Argentina. *Agriscientia XXV (1)*: 41-55.
- GALANTINI, J.A, R.A. ROSELL & J.O. IGLESIAS. 1994. Determinación de materia orgánica en fracciones granulométricas de suelos de la región semiárida bonaerense. *Ciencia del Suelo 12 (2)* 81-83.
- GEBREMIKAEL, M. T.; H. STEEL; D. BUCHAN; W. BERT; & S.D. NEVE. 2016. Nematodes enhance plant growth and nutrient uptake under C and N-rich conditions. *Sci. Rep. 6*, 32862; doi: 10.1038/srep32862.
- GRIFFITHS, B.S. & S. CAUL. 1993. Migration of bacterial-feeding nematodes, but not protozoa, to decomposing grass residues. *Biology and Fertility of Soils*, Volume 15, Issue 3, pp 201–207.
- GUPTA, S.R. & G.W. YEATES. 1997. Soil microfauna as bioindicators of soil health. En: Pankhurst, C., Doube, B.M. y Gupta, V.V.S.R. (eds.), *Biological indicators of soil health*, pp. 201-233, CAB International, New York, USA.
- HASSINK, J., L.A., BOUWMAN, K.B., ZWART & L., BRUSSAARD. 1993. Relationships between habitable pore space, soil biota and mineralization rates in grassland soils. *Soil Biology and Biochemistry. 25*: 47-55.
- HATTORI, T. 1988. Soil aggregates in microhabitats of microorganisms. *Rep. Inst. Agric. Res. Tohoku Univ. 37*, 23–36.
- HAYNES, R.J. & R., TREGURTHA. 1999. Effects of increasing periods under intensive arable vegetable production on biological, chemical and physical indices of soil quality. *Biol. Fert. Soils. 28*: 259-266.
- HEYNS, J. 1971. A guide to the plant & soil nematodes of South Africa. A A. Balkema, Cape Town. 233 p.
- HODDA, M., E. STEWART, F. FITZGIBBON, I. B.C. REID, I. LONGSTAFF, & I. PACKER. 2001. Nematodes - Useful Indicators of Soil Conditions. A report for the Rural Industries Research and Development Corporation CSIRO Entomology. 58 pp. Publication 98/141, RIRDC, Kingston, Australia.
- IMBELLONE, P.A.; J.E.GIMENEZ, & J.L. PANIGATTI. 2010. Suelos de la Región Pampeana: Procesos de formación. Ed. INTA. Buenos Aires. 320 pp.
- INGHAM, R.E., J.A., TROFYMOW, E.R., INGHAM & D.C., COLEMAN. 1985. Interactions of bacteria, fungi, and their nematode grazers: effects on nutrient cycling and plant growth. *Ecological Monographs. 55*: 119-140.
- JAIRAJPURI, S.M., & W. AHMAD. 1992. Dorylaimida. Free-living, predaceous and plant-parasitic nematodes. E.J. Brill, Leiden, 458 p.

- JENNY, H. 1941. Factors of soil formation: A system of quantitative pedology. Dover Publications. New York, NY, USA. ISBN: 0-486-68128-9.
- JIANG, Y.; H. QIAN; X. WANG; L. CHEN; M. LIU; H. LI, & BO SUN. 2018. Nematodes and microbial community affect the sizes and turnover rates of organic carbon pools in soil aggregates. *Soil Biology and Biochemistry* 119, 22–31.
- KRULL, E.S.; J.O. SKJEMSTAD & J.A. BALDOCK. 2004. Functions of soil organic matter and the effect on soil properties. Grains Research & Development Corporation report Proyect No CSO 00029.
- KIHARA, J., C. MARTIUS; A. BATIONO; M. THUITA; D. LESUEUR; L. HERRMANN; W. AMELUNG & P.L.G VLEK. 2012. Soil aggregation and total diversity of bacteria and fungi in various tillage systems of sub-humid and semi-arid Kenya. *Appl. Soil Ecol.* 58, 12–20.
- KUMAR, R, K.S. RAWAT; J. SINGH, A. SINGH & A.RAI. 2013. Soil aggregation dynamics and carbon sequestration. *Journal of Applied and Natural Science* 5(1): 250-267.
- LEBRON, I.; D.L. SUAREZ & T. YOSHIDA. 2002. Gypsum effect on the aggregate size and geometry of three sodic soil under reclamation. *Soil Science Society of America Journal*, 66:92-98.
- LEHMANN, J. & M. KLEBER. 2015. The contentious nature of soil organic matter. *Nature*, Vol. 528: 60-68.
- LIANG, W., Y., LOU, Q., LI, S., ZHONG, X., ZHANG, & J., WANG; 2009. Nematode faunal response to long-term application of nitrogen fertilizer and organic manure in Northeast China. *Soil Biology & Biochemistry* 41:883–890.
- LIPIEC, J., R. HORN, J. PIETRUSIEWICZ, & A. SICZEK. 2012. Effects of soil compaction on root elongation and anatomy of different cereal plant species. *Soil Tillage Res.* 121: 74-81.
- MARGENOT A.J. & A.K. HODSON. 2016. Relationships between labile soil organic matter and nematode communities in a California oak woodland. *Nematology* 00 1-15.
- McCULLAGH, P. & NELDER, J. A., 1989. *Generalized Linear Models*. 2nd ed. Chapman and Hall. London.
- MIKHA, M.M. & C.W., RICE; 2004. Tillage and manure effects on soil and aggregate-associated carbon and nitrogen. *Soil Science Society of America Journal*. 68: 809-816.
- MIRAVÉ, J.P.; J.C. LOBARTINI & G.A. ORIOLI. 1987. Absorción y transporte de hierro a partir de fuentes orgánicas de distinto peso molecular. *Ciencia del Suelo* 5, 31-35.

- MOREL, J.L.; L. HABIB; S. PLANTUREUX, & A. GUCKERT. 1991. Influence of maize root mucilage on soil aggregate stability. *Plant and Soil* 136: 111-119.
- NEHER, D.A. 2001. Role of nematodes in soil health and their use as indicators. *J. Nematol.* 33(4):161-168.
- NEHER, D.A. 2010. Ecology of plant and free-living nematodes in natural and agricultural soil. *Annu. Rev. Phytopathol.* 48, 371–394.
- NEHER, D.A. & OLSON, R.K. 1999. Nematode communities in soils of four farm cropping management systems. *Pedobiologia* 43: 430-438.
- OADES, J.M.; 1984. Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. *Plant and Soil* 76: 319–337.
- OKADA, H., H. HARADA, & I. KADOTA. 2005. Fungal-feeding habits of six nematode isolates in the genus *Filenchus*. *Soil Biology and Biochemistry* 37, 1113-1120.
- PEIGNÉ, J., J. F. VIAN, M. CANNAVACCIUOLO, V. LEFEVRE, Y. GAUTRONNEAU, & H. BOIZARD. 2012. Assessment of soil structure in the transition layer between topsoil and subsoil using the profil cultural method. *Soil Tillage Res.* 127: 13-25.
- PICCOLO, A., 1994. Interacciones between organic pollutants and humic substances in the environment. En: *Humic substances in the global environment and implications in human health*. Senesi N., Miano, T.M. (Eds.). Elsevier, Amsterdam. 961-979.
- PROVE, B.G., R.J., LOCH, J.L., FOLEY, V.J., ANDERSON & D.R., YOUNGER; 1990. Improvements in aggregation and infiltration characteristics of a krasnozem under maize with direct drill and stubble retention. *Aust. J. Soil Res.* 28, 577–590.
- PUGET, P.; C. CHENU & J. BALESSENT. 1995. Total and young organic matter distributions in silty cultivated. *European Journal of Soil Science*, September 1995, 46, 449-459.
- QUÉNÉHERVÉ, P. & J.L., CHOTTE; 1996. Distribution of nematodes in vertisol aggregates under a permanent pasture in Martinique. *Applied Soil Ecology* 4, 193-200.
- RITZ, K., & D.L., TRUDGILL; 1999. Utility of nematode community analysis as an integrated measure of the functional state of soils: perspectives and challenges. *Plant and Soil.* 212: 1-11.
- SÁNCHEZ, E. E.; 1999. Nutrición mineral de frutales de pepita y carozo. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación experimental Alto Valle de Río Negro, Río Negro, Argentina.

- SÁNCHEZ-MORENO, S.; H. MINOSHIMA, H. FERRIS, L.E. JACKSON, 2006. Linking soil properties and nematode community composition: effects of soil management on soil food webs. *Nematology* 8:703-715.
- SÁNCHEZ-MORENO, S. & M. TALAVERA. 2013. Los nematodos como indicadores ambientales en agroecosistemas. *Ecosistemas* 22(1):50-55. Doi.: 10.7818/ECOS.2013.22-1.09.
- SARIG, S; E.B. ROBERSON; & M.K. FIRESTONE. 1993. Microbial activity-soil structure: Response to saline water irrigation. *Soil Biol. and Bioch.* Volume 25, Issue 6, Pages 693-697.
- SAS Institute. Inc. 2000. SAS On line DOC, Version 8. CD. Cary, North Caroline, USA.
- SEXSTONE, A.J., N.P., REVSBECH, T.B., PARKIN & J.M., TIEDJE; 1985.- Direct measurement of oxygen profiles and denitrification rates in soil aggregates. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49: 645–651.
- SIX, J., H., BOSSUYT, S., DEGRYZE & K., DENEFF; 2004.- A history of research on the link between (micro)aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil & Tillage Research* 79: 7–31.
- SIX, J.; S.D FREY; R.K THIET; K.M BATTEN; 2006. Bacterial and fungal contributions to carbon sequestration in agroecosystems. *Soil Science Society of America Journal* 70, 555-569.
- STATISTICA. 2000 Statistica for windows: computer program manual. StatSoft, Inc.,Tulsa, OK., one CDROM.
- STEEL, H.; E.DE LA PEÑA, P.FONDERIE, K. WILLEKENS, G. BORGONIE, & W. BERT. 2010. Nematode succession during composting and the potential of the nematode community as an indicator of compost maturity. *Pedobiologia* 53, 181-190.
- SUNDÍN, P., A. VALEUR, S. OLSSON, & G. ODHAM. 1990. Interactions between bacteria-feeding nematodes and bacteria in the rape rhizosphere - Effects on root exudation and distribution of bacteria. *FEMS Microbiol Ecol* 73:13–22
- TISDALL, J.M. & J.M., OADES. 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Journal of Soil Science.* 62: 141-163.
- TISDALL, J.M.; 1994. Possible role of soil microorganisms in aggregation in soils. *Plant and Soil.* 159: 115-121.
- TORRES-GUERRERO, C.A.; J.D., ETCHEVERS; M.H. FUENTES-PONCE; B. GOVAERTS; F. DE LEÓN-GONZÁLEZ; & J.M. HERRERA. 2013. Influencia de las raíces sobre la agregación del suelo. *Terra Latinoamericana* 31: 71-84.
- TOTSCHKE, K. U.; W. AMELUNG; M. H. GERZABEK; G. GUGGENBERGER; E. KLUMPP; C. KNIEF; E. LEHNDORFF; R. MIKUTTA; S. PETH; A. PRECHTEL;

- N. RAY; & I. KO" GEL-KNABNER. 2018. Microaggregates in soils. J. Plant Nutr. Soil Sci.181, 104–136
- VAN DEN HOOGEN, J.; S. GEISEN; T. W. CROWTHER; 2019. Soil nematode abundance and functional group composition at a global scale. Nature volume 572, pages194–198.
- VAZQUEZ, M.E., 2007. Biocombustibles: análisis del posible impacto sobre los suelos de la provincia de Buenos Aires. XV Simposio Electrónico Internacional "La producción de biocombustible con eficiencia, estabilidad y equidad". Centro de Energía de la Provincia de Chubut- Centro de Estudios Internacionales para el Desarrollo.
- WALKLEY, A. & I.A. BLACK. 1934. An examination of the Degthareff method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37:28-29.
- WALKER, T. S., H. PAL BAIS, E. GROTEWOLD, & J. M. VIVANCO. 2003. Root exudation and rhizosphere Biology. Plant Physiol. 132:44-51.
- WANG, X., R.S., YOST & B.A., LINQUIST; 2001. Soil aggregate size affects phosphorus desorption from highly weathered soils and plant growth. Soil Sci. Soc. Am. J. 65, 139–146.
- WASILEWSKA L. 1997. Soil invertebrates as bioindicators, with special reference to soilinhabiting nematodes. Russ. J. Nematol. 5: 113–126.
- WICHERN, J; F WICHERN & RG JOERGENSEN. 2006. Impact of salinity on soil microbial communities and the decomposition of maize in acidic soils. Geoderma 137: 100-108.
- WU, L; J.A. VOMOCIL & W. CHILDS. 1990. Pore size, aggregate size, and water retention. Soil Sci. Am. J. 54: 952-956.
- YEATES, G.W.; 1979.- Soil nematodes in terrestrial ecosystems. Journal of Nematology.11: 213-229.
- YEATES, G.W., T., BONGERS, R.G.M., DE GOEDE, D.W., FRECKMAN & S.S., GEORGIEVA; 1993.- Feeding habits in soil nematode families and generaean outline for soil ecologists. Journal of Nematology. 25: 315-331.
- YEATES, G. W., & H. van der MEULEN. 1996. Recolonization of methyl-bromide sterilized soils by plant and soil nematodes over 52 months. Biology and Fertility of Soils 21:1–6.
- ZHU, S.; J.M. VIVANCOB & D.K. MANTERC; 2016. Nitrogen fertilizer rate affects root exudation, the rhizosphere microbiome and nitrogen-use-efficiency of maize. Applied Soil Ecology 107 (2016) 324–333.