



## A4-85 Nematodos: indicadores del estado y procesos del suelo en un sistema frutícola.

Azpilicueta, C.<sup>1\*</sup>; Aruani, M.C.<sup>2</sup>; Reeb, P.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>LASAF. Laboratorio de Servicios Agrarios y Forestales. Ministerio de Desarrollo Territorial. Neuquén; <sup>2</sup>Universidad Nacional del Comahue (UNCo), Facultad de Ciencias Agrarias.  
[azpilore50@hotmail.com](mailto:azpilore50@hotmail.com)

### Resumen

Se estudió la condición del suelo utilizando el análisis de la comunidad de nematodos en distintas coberturas vegetales en los espacios interfilares de un cultivo de pera. Se investigó los efectos de las coberturas (alfalfa+pastos AP, festuca F y vegetación espontánea VE) durante la primavera 2012 y 2013. Se evaluó nematofauna, materia orgánica del suelo (MOS) y materia seca de las coberturas. El aporte de materia seca, la MOS, y los índices de enriquecimiento y de nematodos fitófagos fueron mayores en AP que en los tratamientos VE y F. El índice de estructura fue bajo y no fue afectado por el tratamiento. La relación fungívoros/bacteriófagos indicó que la descomposición de la MOS fue principalmente mediada por bacterias en todas las coberturas. La mezcla AP puede proveer un incremento en la capacidad de reciclado de nutrientes del suelo para el crecimiento de la pera al aumentar los nematodos bacteriófagos.

**Palabras claves:** índices ecológicos; coberturas vegetales; profundidad del suelo; materia orgánica; Patagonia Norte.

**Abstract:** The nematode community analysis in different cover crops at inter-row spaces of a pear orchard was employed to study soil condition. The effects of three cover crop treatments (alfalfa+grasses (AP), fescue (F), and spontaneous vegetation (VE)) were investigated during spring 2012 and 2013. Nematofauna, soil organic matter (SOM) and cover crop dry matter were assessed. Plant feeding nematodes were dominant and comprised more than 50% of the total population in each treatment. The addition of dry matter, SOM, as well as the enrichment and the plant-parasitic indexes were higher in AP than either in VE or F. The structure index was low and was not affected by treatments. The fungivores to bacterivores ratio indicated that the SOM decomposition was mainly mediated by bacteria in all cover crops. AP mixture can increase the soil nutrient recycling capacity for pear trees growth because the number of bacterivores increases.

**Keywords:** ecological indexes; cover crops; soil depth; soil organic matter; Northern Patagonia.

### Introducción

La sustentabilidad de los sistemas agrícolas depende de la utilización óptima de los recursos naturales, entre ellos el suelo. Este recurso es un sistema integrado por organismos en estrecha relación e interacción con el medio físico - químico y es un componente crítico en la estructura y función de los agrosistemas. Los organismos que lo habitan son responsables de los procesos de secuestro de carbono, reciclado de nutrientes, regulación biológica de plagas, reservorio de nutrientes, entre otras funciones. En particular, los nematodos son útiles como indicadores ecológicos de sustentabilidad porque miden el estado de los procesos y cambios en función del tiempo. Estos organismos son considerados indicadores porque están indirectamente asociados a la descomposición de la materia orgánica por estar presentes en diferentes posiciones de la cadena trófica, se encuentran en todo tipo de suelo

y condiciones climáticas, presentan una cutícula permeable que hace que perciban cambios en la solución del suelo, responden al enriquecimiento y al disturbio del suelo, entre otros atributos. La estructura de la comunidad indica las condiciones del horizonte del suelo en el que habita y la abundancia de cada taxón en la comunidad puede ser transformada en índices ecológicos que proporcionan información sobre los procesos del suelo (Bongers & Ferris, 1999).

El objetivo de este trabajo fue analizar mediante índices ecológicos la estructura de la comunidad de nematodos del suelo bajo distintas coberturas vegetales, en el espacio interfilar de un sistema frutícola.

### Metodología

El estudio fue conducido en el espacio interfilar de un huerto comercial implantado con pera (*Pyrus communis* L.) cultivar Williams en la región del Alto Valle de Río Negro, Argentina. Las plantas están injertadas sobre pie franco, conducidas en espaldera (distancia 4 x 2 m). El sistema de riego fue por gravedad a manto sin desagüe al pie. En primavera de 2012, se seleccionaron al azar cinco (5) espacios interfilares por tratamiento: 1) alfalfa+pastos (AP), 2) festuca (F) y 3) vegetación espontánea herbácea (VE). El sitio experimental correspondió a un área de 3 m<sup>2</sup> en cada espacio interfilar, siendo en total 15 sitios. En la parcela AP, la cobertura fue sembrada en 2004, con 40 kg.ha<sup>-1</sup> de festuca (*Festuca arundinacea*) y 40 kg.ha<sup>-1</sup> de alfalfa (*Medicago sativa*). Actualmente esta parcela contiene aproximadamente 30% de alfalfa, dominando *Cynodon dactylon*. La parcela F se sembró en 2005. La parcela VE contiene una mezcla de especies, dominando *Cynodon dactylon* y como acompañantes *Taraxacum officinale*, *Trifolium pratense* y *Trifolium repens*.

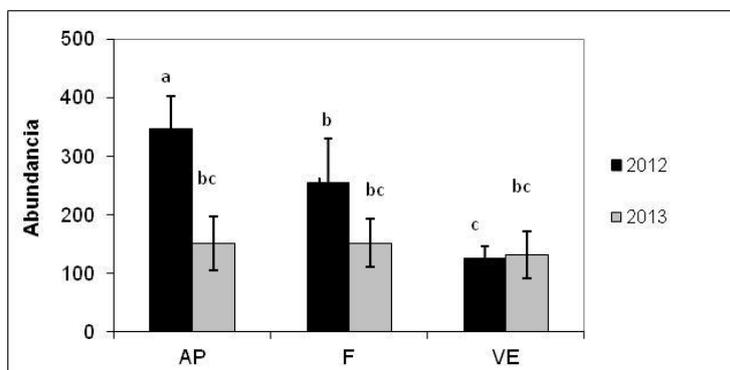
En cada sitio experimental, en noviembre de 2012 y 2013, se tomaron 10 submuestras de suelo con un barreno de 5 cm<sup>2</sup> de área formando una muestra compuesta para cada profundidad 0-20 y 20-40 cm, en cada espacio interfilar. Los nematodos fueron extraídos de 100 g de cada muestra de suelo húmedo con la técnica de flotación-centrifugación (Caveness & Jensen 1955). Un mínimo de 100 nematodos por muestra fueron identificados a nivel de género o familia. La densidad de nematodos fue expresada por 100 g de suelo seco y la humedad del suelo de cada muestra se determinó gravimétricamente a 105 °C. Los índices de madurez de nematodos de vida libre (MI) y nematodos fitófagos (PPI) se calcularon según Bongers (1990). Los índices de enriquecimiento (EI) y de estructura (SI) fueron determinados según Ferris *et al.* (2001). Los índices fueron calculados para la profundidad de 0-20 cm. En las mismas muestras de suelo se determinó el contenido de materia orgánica del suelo (MOS) (Walkley & Black, 1934). Para la evaluación de la biomasa vegetal se recolectó en cada corte el material en un área de 1 m<sup>2</sup> en cada interfilar, la muestra fue secada a 60 °C hasta peso constante y pesada para estimar la cantidad de materia seca (MS) incorporada por kg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>.

Se realizaron análisis de varianza (ANVA) para la humedad del suelo, materia seca y MOS entre los factores cobertura, ciclo productivo y profundidad. Los índices de la comunidad de nematodos fueron analizados mediante ANVA entre cobertura y ciclo productivo de 0-20 cm. Se utilizaron pruebas *a posteriori* de Tukey, con el programa Infostat (Di Rienzo *et al.* 2009). La abundancia de nematodos se analizó por el modelo lineal generalizado (MLG) según el trinomio: componente aleatorio Binomial Negativa, función de enlace canónico y componente sistemático constituido por las covariables: cobertura, ciclo productivo y profundidad (SAS Institute, 2000).

## Resultados y discusiones

La estructura de la comunidad de nematodos del suelo estuvo dominada por nematodos fitófagos obligados y facultativos (más del 50%) en todas las coberturas y en las dos profundidades. Se detectó efecto principal Profundidad ( $P < 0,001$ ) e interacción Tratamiento x Ciclo productivo ( $P = 0,02$ ) en la abundancia total de nematodos (AT). La AT fue mayor en AP en el primer ciclo respecto a los otros tratamientos (Figura 1) y fue aproximadamente 2,5 veces mayor que en VE y 1,47 respecto a F. La fluctuación en AT entre ciclos en los tratamientos AP y F puede deberse a las condiciones del ambiente suelo. En 2012, la humedad del suelo al momento del muestreo se encontró cercana a capacidad de campo (27%) en ambas profundidades, debido al riego y a la lluvia caída antes del muestreo. Mientras que en 2013 fue menor, registrándose un valor de 20,5% ( $P < 0,02$ ) que pudo deberse a que el suelo no recibió aporte de agua antes del muestreo. Ferris *et al.* (2004) encontraron que en condiciones de sequía y barbecho, los nematodos bacteriófagos y fungívoros declinaron debido a la falta de humedad y posiblemente del recurso alimenticio. La AT fue mayor en el horizonte superficial que en el subsuperficial ( $P < 0,05$ ).

El índice de madurez MI para un suelo se calcula teniendo en cuenta las familias taxonómicas de nematodos de vida libre presentes, su abundancia y atributos de los ciclos de vida. Este indicador se relaciona con el grado de perturbación del suelo (Bongers & Ferris 1999). Los suelos presentaron similar valor de MI y en presencia de la cobertura AP se detectó el menor valor (Tabla 1). Los valores de MI para suelos sujetos a distintos niveles de disturbio van desde 2 en sistemas perturbados, enriquecidos con nutrientes a 4 en ambientes no perturbados, prístinos (Bongers & Ferris, 1999). Otro índice de la comunidad de nematodos que se relaciona con el enriquecimiento del suelo, es el índice de enriquecimiento (EI) que se basa en la respuesta de los nematodos bacteriófagos oportunistas al recurso orgánico disponible en el suelo. Se detectó efecto principal Tratamiento ( $P < 0,05$ ) para el índice EI (Tabla 1). El mayor valor de EI en AP puede deberse a que el aporte de materia seca fue mayor ( $P < 0,0001$ ) respecto a las otras coberturas y contribuyó a aumentar el recurso disponible. Este aporte en AP fue cercano a 1,7 y 2,2 veces más que en los tratamientos F y VE, respectivamente, mientras que en F fue 1,2 veces más que en VE. La incorporación de materia orgánica al suelo estimula la actividad microbiana y por consiguiente a los nematodos oportunistas y consecuentemente aumenta el índice EI. Si bien los suelos estudiados están bien provistos de materia orgánica, en AP, el contenido de MOS fue mayor (3,39%) respecto a los otros tratamientos (2,18%) ( $P < 0,05$ ).



**FIGURA 1.** Abundancia de nematodos en 100 g de suelo seco, en las coberturas alfalfa+pastos (AP), fescua (F) y vegetación espontánea (VE) en 2012 y 2013, de 0-20 cm. Los valores son la media de 5 réplicas. Letras distintas indican diferencias entre tratamiento y

ciclo productivo para la abundancia total ( $P<0,05$ ) de acuerdo a la prueba de Tukey. Las barras indican el error estándar de la media.

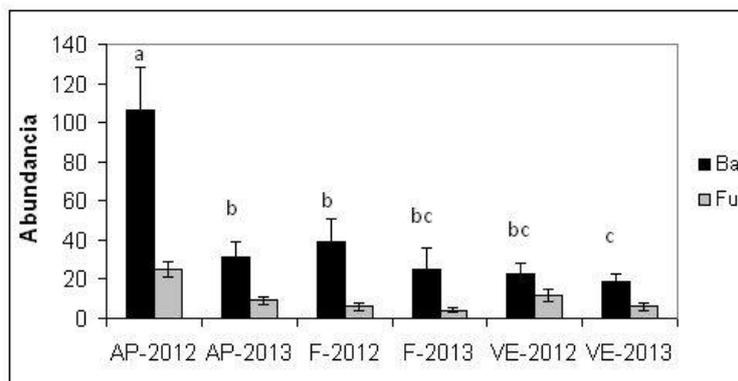
**TABLA 1.** Índices ecológicos (media  $\pm$  error estándar) de nematodos del suelo bajo diferentes coberturas en 2012 y 2013, en la profundidad de 0 a 20 cm.

	Índices ecológicos <sup>2</sup>		
	MI	EI	FB
<i>Cobertura</i> <sup>1</sup> (n=10)			
AP	1,77 $\pm$ 0,1a	83,4 $\pm$ 5a	0,22 $\pm$ 0,03a
F	2,29 $\pm$ 0,1a	64,5 $\pm$ 5b	0,13 $\pm$ 0,03a
VE	2,29 $\pm$ 0,1a	51,6 $\pm$ 5b	0,47 $\pm$ 0,03b
<i>Ciclo Productivo</i> (n=15)			
2012	2,19 $\pm$ 0,1a	69,3 $\pm$ 3a	0,28 $\pm$ 0,03a
2013	2,04 $\pm$ 0,1a	63,8 $\pm$ 3a	0,26 $\pm$ 0,03a
<i>Tratamiento x Ciclo productivo</i> (n=5)			
AP x 2012	1,82 $\pm$ 0,2a	85,3 $\pm$ 7a	0,17 $\pm$ 0,06bc
AP x 2013	1,72 $\pm$ 0,2a	81,6 $\pm$ 7a	0,27 $\pm$ 0,06ab
F x 2012	2,54 $\pm$ 0,2a	75,6 $\pm$ 7a	0,09 $\pm$ 0,06c
F x 2013	2,05 $\pm$ 0,2a	53,4 $\pm$ 7a	0,16 $\pm$ 0,06bc
VE X 2012	2,23 $\pm$ 0,2a	47,0 $\pm$ 7a	0,59 $\pm$ 0,06a
VE x 2013	2,35 $\pm$ 0,2a	56,3 $\pm$ 7a	0,36 $\pm$ 0,06a

Diferentes letras indican diferencias significativas entre tratamientos o ciclo productivo ( $P<0,05$ ) de acuerdo a la prueba de Tukey. <sup>1</sup>Vease leyenda de la FIGURA 1.

<sup>2</sup>MI: índice de madurez; EI: índice de enriquecimiento; FB: relación fungívoros/bacteriófagos.

Otro índice de importancia ecológica es la relación fungívoros/bacteriófagos (FB). Estos grupos tróficos de nematodos están implicados en la red trófica de detritos, regulan la ruta de descomposición de la MOS y liberan nutrientes a través de su interacción con bacterias y hongos (Ferris et al., 2004), procesos claves en la disponibilidad de nutrientes para el cultivo de pera. La ruta de descomposición de la MOS en las parcelas fue bacteriana (tabla 1) debido a que dominaron los nematodos bacteriófagos respecto a los fungívoros (figura 2). La relación FB más alta en VE indicó una red trófica más balanceada entre nematodos fungívoros y bacteriófagos. Hunt et al. (1987) encontraron que los nematodos bacteriófagos y protozoos fueron responsables de una gran fracción del nitrógeno reciclado a través de la fauna del suelo en un sistema en donde la red de detritos estuvo más basada en bacterias que en hongos. La abundancia de los bacteriófagos fue mayor en la parcela AP en 2012 (figura 2). Esta información se complementa con el mayor índice de enriquecimiento EI, que indicó mayor número de nematodos bacteriófagos oportunistas con ciclos de vida más cortos y asociados con rápido recambio de nutrientes, que además se corresponde con mayor aporte de materia seca a través de los cortes de la cobertura. Se sabe que la cantidad y calidad de la cobertura es determinante de la naturaleza y magnitud de los servicios de la red trófica del suelo (DuPont et al., 2009). Este grupo trófico fue 3,6 veces mayor a los 0-20 cm que a los 20-40 cm ( $P<0,001$ ).



**FIGURA 2.** Abundancia de nematodos bacteriófagos (Ba) y fungívoros (Fu) en 100 g de suelo seco en los tratamientos<sup>1</sup> y ciclos 2012 y 2013. Los valores son la media de cada tratamiento por ciclo en dos profundidades y cinco réplicas por profundidad (n=10). Las barras indican el error estándar de la media. Letras distintas indican diferencias entre tratamiento y ciclo productivo para nematodos bacteriófagos ( $P < 0,05$ ) de acuerdo a la prueba de Tukey. <sup>1</sup>Vease leyenda figura 1.

El índice de estructura SI representa una agregación de grupos funcionales de nematodos sensibles a perturbaciones y describe si el suelo está estructurado con varias uniones tróficas o degradado (Ferris et al., 2001). El índice SI fue bajo (53,8%) y reflejó redes tróficas del suelo poco estructuradas en todos los tratamientos. La baja densidad de nematodos omnívoros y predadores encontrada puede ser atribuida a la clase textural de los suelos, con un contenido de arcilla más limo aproximadamente de 80%. En un estudio conducido para evaluar la condición física del suelo y los nematodos, encontraron que la abundancia total no fue afectada pero la distribución de grupos tróficos varió, con mayor número de nematodos fitófagos, menor de bacteriófagos y menor número de omnívoros-predadores, asociado con pobres condiciones para el crecimiento del cultivo (Bouwman & Arts, 2000).

El índice de nematodos fitófagos, PPI, tiende a ser más alto en condiciones de alta disponibilidad de nutrientes (Bongers et al. 1997). A los 20 cm, con cobertura AP, PPI fue mayor (2,64) que en F (2,44) ( $P < 0,026$ ). El valor de PPI en VE fue intermedio (2,51). Se obtuvo efecto principal Ciclo y el índice fue mayor en 2013 ( $P < 0,003$ ). El mayor valor del índice puede estar asociado con mayores sitios alimenticios. Los nematodos fitófagos, que obtienen su energía desde las raíces vivas, afectan la rizodepositación y de esta manera influyen en el aporte de carbono de las raíces a los microorganismos de la rizósfera (Bargett et al. 1999). En AP se observó mayor índice PPI y la familia Criconematidae contribuyó al valor de PPI.

## Conclusiones

Los índices de nematodos reflejan aspectos del recurso suelo de importancia para la agricultura sustentable. En el tratamiento alfalfa+pastos se obtuvo el mayor índice de enriquecimiento indicado por la abundancia de nematodos bacteriófagos oportunistas, asociados al mayor aporte de materia seca y contenido de materia orgánica, lo que implica mayor capacidad de reciclado de nutrientes. Los suelos con cobertura alfalfa+pastos presentaron mayor índice de PPI indicado por la mayor abundancia de nematodos fitófagos. El índice de estructura mostró en todos los casos redes tróficas poco estructuradas, condición que compromete la regulación de la población de nematodos, en particular a los fitófagos.



### **Referencias bibliográficas**

- Bargett R, R Cook, G Yeates & C Denton (1999) The influence of nematodes on below-ground processes in grassland ecosystems, *Plant and Soil*, 212: 23-33.
- Bongers T (1990) The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition, *Oecologia*, 83:14-19.
- Bongers T, H Van Der Meulen & G Korthals (1997) Inverse relationship between the nematode maturity index and plant parasite index under enriched nutrient conditions, *Applied Soil Ecology*, 6:195-199
- Bongers T & H Ferris (1999) Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring, *Trends in Ecology and Evolution*, 14(6): 224-228.
- Bouwman LA & WBM Arts (2000) Effects of soil compaction on the relationships between nematodes, grass production and soil physical properties, *Applied Soil Ecology*, 14:231-222.
- Caveness FE & HJ 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.
- Di Rienzo A, F Casanoves, MG Balzarini, L Gonzalez, M Tablada & CW Robledo, InfoStat versión (2009) Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- DuPont ST, H Ferris & M Van Horn (2009) Effects of cover crop quality and quantity on nematode-based soil food webs and nutrient cycling, *Applied Soil Ecology*, 41: 157-167.
- Ferris H, T Bongers & RGM De Goede (2001) A framework for soil food web diagnostics: extension of the nematode faunal analysis concept, *Applied Soil Ecology*, 18: 13-29.
- Ferris H, RC Venette & KM Scowc (2004) Soil management to enhance bacterivore and fungivore nematode populations and their nitrogen mineralization function, *Applied Soil Ecology*, 25: 19-35.
- Hunt HW, DC Coleman, ER Ingham, RE Ingham, ET Elliot, JC Moore, SL Rose, CPP Reid, CR Morley (1987) The detrital food web in a shortgrass prairie, *Biology and Fertility Soils*, 3:57-68.
- SAS Institute Inc. (2000) SAS On line DOC, Version 8. CD. Cary, North Caroline, USA.
- Walkley A & IA Black (1934) An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 34:29-38.