

DINÁMICA POBLACIONAL DE NEMATODOS DE VIDA LIBRE EN DIFERENTES USOS Y MANEJOS DEL SUELO

POPULATION DYNAMICS OF FREE-LIVING NEMATODES POPULATIONS UNDER DIFFERENT SOIL USES AND MANAGEMENT

Jerson Achicanoy Ch.¹, Jorge Navia E.², Carlos Betancourth G.³

Fecha de recepción: enero 31 de 2012

Fecha de aceptación: mayo 22 de 2012

RESUMEN

Se estudió en época seca y lluviosa la fluctuación estacional de la población de nematodos asociada a siete usos del suelo. Se tomaron muestras de suelo para cada tratamiento y cada época de muestreo a una profundidad de 0-20 cm; para la extracción de nematodos se utilizó la extracción por centrifugación y para su identificación, claves morfológicas que incluyeron caracteres morfométricos y de diagnóstico. 21 familias fueron observadas siendo dominantes Cephalobidae, Rhabditidae, Aphelenchidae, Dorylaimidae, Mononchidae, Tylenchidae y Criconeematidae, los taxa identificados fueron asignados en grupos tróficos. Se calcularon los índices de diversidad de Simpson, Shannon y Margalef usados para comparar los diferentes tratamientos con las diferentes épocas de muestreo, los cuales presentaron diferencias entre los usos y las épocas de evaluación; para observar y analizar dichas diferencias se realizó un análisis de varianza y se utilizó una prueba de Tukey usando como criterios la abundancia, riqueza y los índices de diversidad. Durante la época seca la población de nematodos fue menor a la época de lluvia, el bosque nativo, el banco de proteínas y la plantación de acacias y alisos presentaron la mayor diversidad biológica ($P < 0,01$), con respecto a los otros tratamientos y permitió evaluar la cadena trófica de los nematodos y la fluctuación poblacional de los mismos.

Palabras clave: Índices de diversidad, Cadena trófica, Nematodos, Biología del suelo, Taxa.

1. Ingeniero Agroforestal. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. jerson_agroforestal@hotmail.com.
2. Profesor Asociado. I.A. Ph.D.. Facultad Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. jornavia@yahoo.com.
3. Profesor Asociado. I.A M.Sc., Facultad Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. cbet70@yahoo.com.

ABSTRACT

The seasonal fluctuation of nematode populations, associated to seven uses of land was studied in both dry and rainy seasons; for uses of land and for each season, soil samples were taken to a depth from 0-20 cm; extraction nematode was obtained using extraction by centrifugation, and for their identification, morphological keys that include morphometric characters and diagnostic. During evaluation period 21 families were observed, being more frequent: Cephalobidae, Rhabditidae, Aphelenchidae, Dorylaimidae, Mononchidae, Tylenchidae and Criconematidae. The identified taxa were assigned into trophic groups. Diversity indexes of Simpson, Shannon and Margalef were calculate to get comparisons between different land uses with different sampling times, that according to results showed differences between uses and time of assessment. The observed differences were analyzed by means of an analysis of variance and the post-hoc Tukey test, having as criteria abundance, richness and diversity indexes. Nematode populations were lower in the dry season than in the rainy one; other results showed that native forest, protein bank and plantations of acacia and aliso had the highest biological diversity ($P < 0,01$) respect to the rest of treatments, allowing evaluate the trophic chain of the nematodes and the population fluctuation of them.

Key words: Diversity Indices, Trophic chain, Nematodes, Soil biology, Taxa.

INTRODUCCIÓN

Los organismos del suelo aportan una amplia gama de servicios esenciales para el funcionamiento sostenible de todos los ecosistemas, al actuar como los principales agentes conductores en los ciclos de nutrientes; regulan las dinámicas de la materia orgánica del suelo, la fijación del carbono y las emisiones de gases invernadero; modifican la estructura del suelo y los regímenes del agua, aumentando la cantidad y la eficiencia en la absorción de nutrientes por la vegetación y mejoran la salud de las plantas, (Yeates *et al.*, 1993). Estos servicios no son sólo esenciales para el funcionamiento de los ecosistemas naturales sino que también constituyen un importante recurso para la gestión sostenible de los sistemas agrícolas (FAO, 2010); su presencia o ausencia pueden servir como indicadores de la calidad y salud del suelo y por ende de su sostenibilidad (Gupta y Yeates, 1997).

Los nematodos son sensibles a las prácticas de manejo y uso del suelo (Yeates *et al.*, 1993), son activos consumidores de microflora y actúan como saprófitos, principalmente, mediando la descomposición y liberación de nutrientes disponible para absorción de las plantas (Freckman y Ettema, 1993). Por esta razón, ha aumentado el interés por conocer el papel de los nematodos en procesos de los agroecosistemas tales como, el ciclaje de nutrientes, el control biológico de plagas y enfermedades y como indicador de manejo de suelos y factores ambientales que afectan su abundancia, diversidad y función (Yeates *et al.*, 1993; Yeates y Bird, 1994).

Las poblaciones de nematodos se pueden correlacionar con los estados sucesionales de la vegetación, probablemente como respuesta a los cambios físicos y químicos ocurridos en el suelo (Matlack, 2001); en este sentido, los nematodos del suelo puede ser usados como bioindicadores de abundancia y diversidad

por ecosistema, su respuesta a un disturbio ambiental es casi inmediata y, cuando la mayor parte de la fauna ha desaparecido, pueden permanecer en el suelo debido a varias adaptaciones a ambientes extremos (Ferris *et al.*, 2001).

La abundancia y la estructura funcional de la población de nematodos del suelo ofrecen una indicación de los factores disruptivos de la dinámica del suelo (Bongers y Ferris, 1999). Con esta investigación se buscó identificar la población de nematodos de vida libre, evaluar e investigar la estructura de su comunidad caracterizando las diferentes familias, determinando sus grupos funcionales y midiendo su diversidad en los diferentes usos y manejos del suelo resultado de la actividad antrópica que se llevaron a cabo durante la investigación en el municipio de Pasto, a través del análisis de muestras de suelo procedentes de hábitats cultivados y naturales, analizar y visualizar en diferentes épocas de que forma se modifica el comportamiento en la variación poblacional con respecto a periodos secos y de lluvias; levantar el primer registro de nematodos de vida libre en diferentes usos y manejos del suelo que puedan ser un antecedente a diferentes investigaciones de este tipo bajo las mismas condiciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Centro de Investigación de FEDEPAPA, corregimiento de Obonuco, municipio de Pasto, Departamento de Nariño, Colombia, localizado a 1°13' latitud norte y 77°16' longitud oeste, a 2.710 msnm, con una precipitación promedio anual de 840 mm, una temperatura promedio de 13° C y una clasificación climática que corresponde a Bs-pm (bosque seco-premontano) (Navia, 2008).

Se utilizó un diseño irrestrictamente al azar "DIA" con arreglo bifactorial (Factor: 1 usos y Factor: 2 época), con dos niveles para el factor época (Nivel 1:seca y Nivel 2: lluvias) y siete niveles del factor usos en adelantetratamientos (T1: Bosque de eucalipto, T2: cultivo de papa, T3: banco de proteína, T4: pradera pasto kikuyo, T5: sistema silvopastoril con acacias, T6: cerca viva multiestrato, T7: bosque nativo), en la zona experimental previamente se realizaron trabajos para evaluar en suelos las propiedades físicas (Aguirre y Ordoñez, 2009), químicas (Arteaga, 2009) y se evaluó la macrofauna (Cabrera y Gomez, 2009), de cada tratamiento se tomaron cuatro muestras para su posterior análisis.

El tratamiento (**T₁**) correspondió a un bosque plantado de eucalipto (*Eucalyptus globulus* L.), con un tiempo de uso de 40 años; ocasionalmente se realizan raleos selectivos de acuerdo con las necesidades de la granja. El tratamiento (**T₂**) correspondió a monocultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), ha sido manejado bajo un sistema de rotación de cultivos (papa-pasto), el área ha sido sometida a producción intensiva, con altas aplicaciones de fertilizantes de síntesis y empleo de agroquímicos para el control de plagas y enfermedades. El Tratamiento (**T₃**) correspondió a un sistema silvopastoril banco de proteína, establecido en el año 1997; en su etapa inicial con las especies *Acacia decurrens* Willd, *Sambucus peruviana* H.B. & K y *Tecoma stans* L, actualmente se cuenta con relictos bajos de *A. decurrens* de buen porte, pero sin manejo y otra área se encuentra en un proceso de renovación donde se encuentran especies como retamo (*Retama sphaerocarpa* L.), chilca (*Baccharis sp*) y quillotocto (*T. stans*). El tratamiento (**T₄**) pradera de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst.) ha sido sometido a manejo rotativo papa - pasto 1:1. El tratamiento (**T₅**) sistema silvopastoril con *A. decurrens* - *Acacia melanoxydon* R.Br. y *Alnus*

acuminata Kunth, fue implementado en 1997. Es un área poco intervenida. El tratamiento (**T₆**) cerca viva multiestrato compuesta de acacia (*A. decurrens*), quillotocto (*T. stans*) y mora (*Rubus glaucus* Benth), esta unidad fue implementada en 1998, sin ningún manejo después de establecidas, el área adyacente a la barrera es dedicada al pastoreo, por lo que ocasionalmente se realizan ramoneos directos a *A. decurrens*. El tratamiento (**T₇**) bosque nativo, zona de interés por los afluentes que alimentan la parte alta de la microcuenca Mijitayo. En la vegetación sobresalen especies como cucharo (*Clusia sp*), cerote (*Hesperomeles glabrata* M. Roem), chaquilulo

(*Befaria aestuans* L.), siete cueros (*Tibouchina sp*), encino (*Weinmannia tomentosa* L.f y *Weinmannia balbisiensis* Kunth), Pumamaque (*Oreopanax sp*); abundantes en la zona de muestreo (Arteaga, 2009).

Para la toma de muestras se tomó en cuenta la la precipitación y temperatura, la época seca correspondió al periodo entre Mayo-Septiembre de 2010 con una precipitación total de 267,3mm y una temperatura promedio de 13°C; la época de lluvias correspondió al periodo entre Octubre de 2010 y Febrero de 2011 con una precipitación total de 647 mm y una temperatura promedio de 12°C (Fig.1).

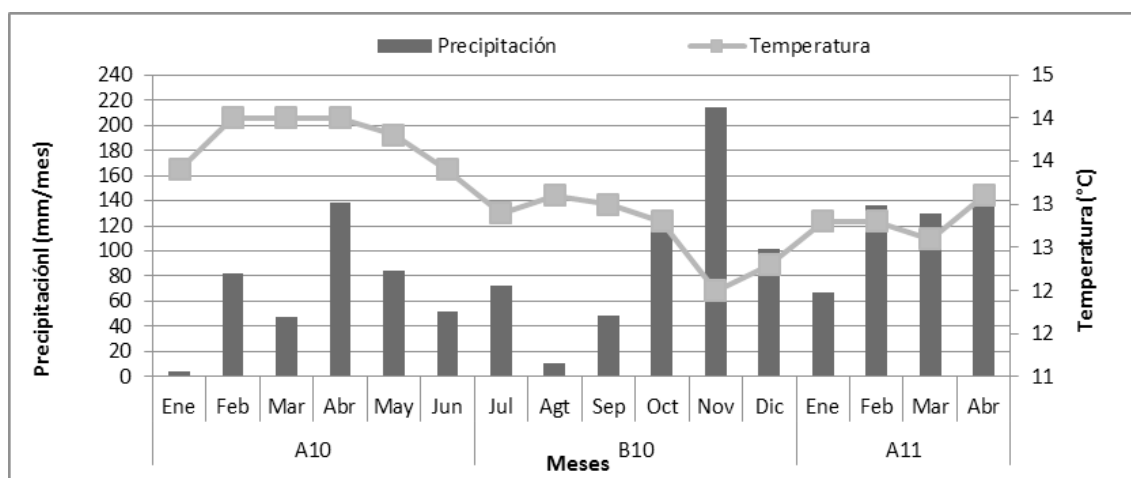


Figura 1. Promedios de precipitación y temperatura mensual 2010-2011 en la finca experimental FEDEPAPA. Estación meteorológica Obonuco, Municipio de Pasto, Departamento de Nariño. (IDEAM, 2011)

Las muestras de suelo se tomaron a una profundidad de 0-20 cm. Para cada uso del suelo se realizó la toma de cuatro muestras de 500 g. las cuales se tomaron como réplicas para su posterior análisis; seleccionadas por el método de zig-zag sobre el terreno (Tobón, 2005), tanto en época seca como en época de lluvia, posteriormente fueron colocadas en bolsas plásticas y transportadas al laboratorio.

En el laboratorio las muestras fueron almacenadas en refrigeración a 6°C por siete

días período en el cual fueron procesadas. Los nematodos fueron extraídos utilizando la metodología ASA (Ingham, 1994) la cual consiste en extracción por centrifugación; a partir de muestras de 300 g. de suelo húmedo. Los organismos colectados se contaron y se colocaron en formaldehído (Steinberger y Sarig, 1993), para su posterior identificación. De cada muestra se tomaron treinta organismos para su clasificación y posteriormente se agruparon de acuerdo con su familia y a su grupo trófico bacteriívoros, fungívoros, omnívoros, depredador y

fitófagos (Yeates *et al.*, 1993). Se extrapoló los resultados de abundancia a kg de suelo seco; procedimiento llevado a cabo mediante el secado del suelo a 104°C por 48 horas.

Se identificó a nivel de familia las poblaciones de nematodos, se caracterizó por grupo trófico en los diferentes tratamientos y se realizó la respectiva medición de los índices de diversidad como Abundancia, Riqueza: $D = S / \log_2 N$; donde: S = Número de especies y N= Número de individuos; Margalef: $I = (s-1)/\ln N$, donde I es la biodiversidad, s es el número de especies presentes, y N es el número total de individuos encontrados (pertenecientes a todas las especies). La notación Ln denota el logaritmo neperiano de un número; Simpson: $S = 1/\sum ((n_i(n_i-1))/(N(N-1)))$, donde S es el índice de simpson n_i es el numero de individuos en la iésima especie o familia y N es el número total de individuos; Shannon-Wiener: $H = - \sum (p_i * \log_2(P_i))$ Donde: $p_i = n_i / N$, es una relación de riqueza y n_i es el número de individuos encontrados (Coleman y Crossley, 1996).

Las variables de diversidad biológica, riqueza y abundancia, fueron sometidos a análisis de varianza (Andeva) factorial $y_{ijk} = \mu + \beta A_i + \beta B_j + \beta(A*B)_k + E_{ijk}$ correspondiendo los factores a los usos, épocas y su interacción, los análisis fueron realizados con el programa SAS v8.1 (2000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Número total de nematodos. La abundancia de nematodos de vida libre extrapolada a kg de suelo seco en todos los usos y manejos del suelo fue de 4610 individuos para época seca y de 8055 individuos para la época de lluvias. Los sistemas con mayor abundancia de nematodos en época seca fueron, el tratamiento bosque nativo y el sistema de Acacias y Aliso (1005 y 854 individuos/kg de suelo respectivamente); donde predominaron las familias Cephalobidae, Rhabditidae, Aphelenchidae, Mononchidae y Criconematidae (Tab.1).

Para la época de lluvia los sistemas con mayor abundancia fueron: el uso bosque nativo con 1690 individuos/kg de suelo seco, seguido por el uso sistema banco de Proteína con 1355 individuos/kg de suelo seco respectivamente; donde predominaron las familias Cephalobidae, Rhabditidae, Aphelenchidae, Criconematidae y Tylenchidae (Tab.1). El análisis de varianza indicó diferencias altamente significativas para la abundancia entre usos y manejos del suelo y su interacción para la variable abundancia (Tab. 2). Con relación a las épocas se observa que los mayores valores se encontraron en la época de alta precipitación, los usos que más se destacaron fueron el bosque nativo y banco de proteína (Fig.2)

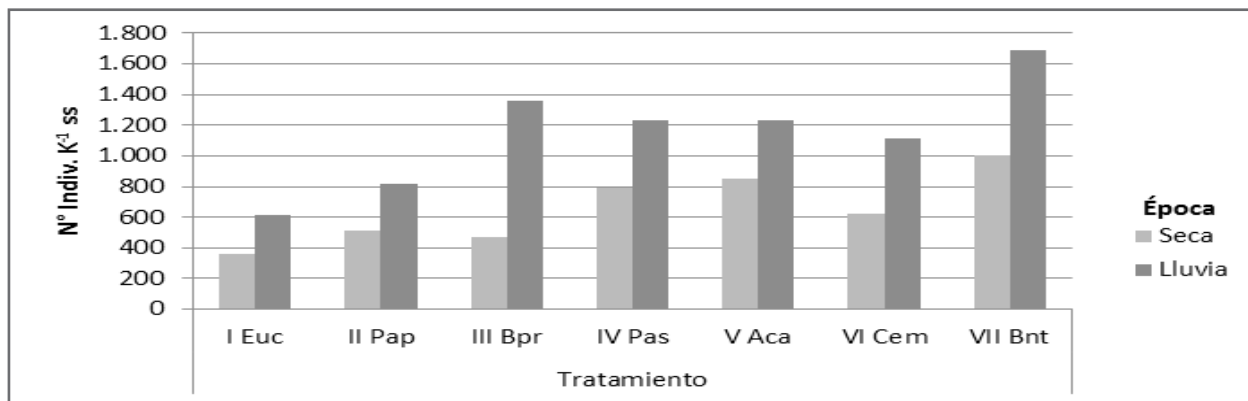


Figura 2. Abundancia de nematodos por época de muestreo en diferentes usos y manejos del suelo, en la finca experimental FEDEPAPA, Obonuco - Pasto

Tabla 1: Abundancia de nematodos a nivel de familia en siete usos y manejos del suelo en época seca y de lluvias en la finca experimental FEDEPAPA, Obonuco-Pasto. (N° promedio de ind/kg de suelo seco)

HABITOS	FAMILIAS	̄ Individuos por Kg ¹ de suelo seco para las cuatro muestras extraídas de cada uso y manejo del suelo en época seca y de lluvias.															
		Época Seca					Época de Lluvias										
		Bosque Eucalipto	Papa	Banco de Pastos de proteína	Acacias y Alisos	Sistema Multiestrato	Bosque Nativo	Total Ind/Familias	Bosque Eucalipto	Papa	Banco de Pastos de proteína	Acacias y Alisos	Sistema Multiestrato	Bosque Nativo	Total Ind/Familias		
	Rhabditidae	64	85	118	179	190	123	210	969	159	181	369	278	339	280	519	2124
	Cephalobidae	73	115	122	186	211	190	291	1188	199	230	381	340	369	271	477	2267
BACTERIOVORO	Teratocephalidae	12	13	20	13	28	31	57	173	20	7	45	31	41	36	56	236
	Plectidae	6	9	16	20	21	15	32	119	15	14	45	31	31	0	28	164
	Steinernematidae	0	13	20	13	35	5	16	102	0	7	34	21	21	9	28	119
FUNGIVORO	Aphelenchidae	44	50	35	45	58	36	49	317	46	32	60	74	71	47	85	414
	Aphelenchoiidae	9	4	12	19	15	15	24	98	10	13	48	53	20	37	28	209
	Dorylaiidae	24	12	16	20	7	27	32	139	26	25	35	29	31	37	43	227
OMNIVORO	Aporcelaimidae	6	4	8	0	15	11	32	76	10	6	23	29	10	9	29	118
	Diplogasteridae	6	12	4	13	22	5	8	71	5	12	23	29	31	28	14	144
DEPREDADOR	Mononchidae	21	14	23	50	55	24	57	244	21	25	33	31	63	41	75	287
	Heteroderidae	0	25	4	26	15	11	8	89	0	19	0	31	0	18	0	67
	Meloidogynidae	6	25	8	26	22	11	8	106	0	31	0	10	0	27	0	68
	Tylenchidae	15	30	12	46	22	11	8	143	21	50	45	51	61	36	56	320
	Hoplolaimidae	15	13	4	33	37	21	33	155	16	50	34	51	10	18	28	207
FITOFAGO	Pratylenchidae	15	8	12	7	22	16	0	80	16	31	57	0	20	44	28	196
	Anguinidae	9	21	4	20	22	16	16	108	16	13	23	31	31	44	28	185
	Longidoridae	3	4	4	7	7	0	8	33	0	6	0	0	10	18	0	34
	Belonolaimidae	3	4	0	7	7	5	8	35	0	13	11	0	20	18	28	90
	Trichodoridae	9	17	8	26	15	27	24	126	10	19	34	41	10	18	42	174
	Cricematidae	21	30	24	33	29	21	82	239	26	31	57	72	41	80	98	404
Total Ind/Tratamientos		360	509	471	788	854	622	1005	4610	617	815	1355	1231	1232	1115	1690	8055

Tabla 2. Análisis de varianza para la abundancia, riqueza, diversidad (Margalef, Simpson y Shannon) de nematodos de vida libre en dos épocas y siete usos y manejos del suelo, en la finca experimental FEDEPAPA, Obonuco-Pasto

Variables	FV	gl	CM
ABUNDANCIA CV: 18.49	Tratamientos	13	589519,8**
	Usos	6	613301,4**
	Época	1	3391194,37**
	Usos*Época	6	98792,44**
	Error	42	27987,87
RIQUEZA CV: 10.49	Tratamientos	13	2,95 ns
	Usos	6	3,27 ns
	Época	1	4,57 ns
	Usos*Época	6	2,36 ns
	Error	42	1,96
MARGALEF CV: 11.17	Tratamientos	13	0,25 ns
	Usos	6	0,28 ns
	Época	1	0,41 ns
	Usos*Época	6	0,2 ns
	Error	42	0,16
SIMPSON CV: 20.07	Tratamientos	13	0,0025**
	Usos	6	0,0019*
	Época	1	0,01**
	Usos*Época	6	0,0014 ns
	Error	42	0,00068
SHANNON CV: 6.11	Tratamientos	13	0,06**
	Usos	6	0,05*
	Época	1	0,26**
	Usos*Época	6	0,03 ns
	Error	42	0,02

**($P < 0.01$) = Altamente significativo; *($P < 0.05$) = significativo; NS= No significativo

La prueba de post-hoc de Tukey para abundancia ($\alpha=0,05$ DMS=421,08341) evidencia efectos para la interacción usos por épocas en la abundancia de nematodos, es decir que la precipitación afecta la abundancia de individuos de forma diferencial a ciertos usos, como se observó; en el uso bosque nativo y banco de proteína, en época de lluvias con 1690 y 1355 individuos.kg⁻¹ de suelo seco respectivamente; presentan diferencias

estadísticas significativas frente a plantación de Eucalipto en época seca con 360 individuos.kg⁻¹ de suelo seco respectivamente. Yeates, (1979); Schnurer *et al.* (1983) y Liang *et al.* (2005), registraron que en época seca se disminuyó la abundancia de nematodos. Algunos autores (Navia, 2006; Yeates, 1979; Freckman, 1982; Berkelemans *et al.*, 2003; Liang *et al.*, 2005) afirman que el total de nematodos aumenta con la precipitación, las tendencias en el tiempo y épocas variaron dependiendo de la cobertura vegetal.

Grupos Tróficos. El grupo trófico más abundante encontrado fue bacteriívoros con el 54,3% para época seca y 60,2% para época de lluvias del número total encontrado. El número de bacteriívoros fue significativamente menor en la época seca y se encontraron diferencias entre los siete tratamientos para cada época. Ferris y Matute (2003), argumentan que la abundancia y diversidad de los nematodos bacteriívoros responden a cambios drásticos de clima, ya que en los periodos secos se disminuyen como lo confirma la presente investigación. La población de fungívoros encontrados en esta evaluación fue mayor en la época seca que en la de lluvias y existieron diferencias entre cada uso.

Los omnívoros y depredadores fueron los grupos tróficos menos abundantes con cerca del 6,39% y 5,12% respectivamente para época seca y 6,15% y 3,52% para época de lluvias, como se observa fueron los de menos densidad de población y se destaca que la población de depredadores disminuyó 1,6% en la época de lluvias, presentando diferencias en épocas de muestreo, mientras que no se presentaron diferencias entre cada uso del suelo.

Las poblaciones de fitófagos no fueron afectados por la precipitación, aun así se encontraron diferencias entre usos del suelo y entre épocas de muestreo (Fig. 3).

Tabla 3. Prueba de Tukey para abundancia en dos épocas y siete diferentes usos y manejos del suelo, en la finca experimental FEDEPAPA, Obonuco-Pasto

Uso Suelo	Epoca	Abundancia	Significancia*
Bosque nativo	Luvia	1690,09	A
Banco de proteína	Luvia	1355,05	A B
Silvopastoril+acacia	Luvia	1232,12	B C
Pradera Kikuyo	Luvia	1231,21	B C
Cerca multiestrato	Luvia	1114,75	B C D
Bosque nativo	Seca	1004,72	B C D E
Silvopastoril+acacia	Seca	854,43	C D E F
Cultivo papa	Lluvia	814,96	C D E F
Pradera Kikuyo	Seca	788,12	D E F
Cerca multiestrato	Seca	622,43	E F G
Bosque eucalipto	LLuvia	616,59	E F G
Cultivo papa	Seca	508,99	F G
Banco de proteína	Seca	471,13	F G
Bosque eucalipto	Seca	359,79	G

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) $\alpha=0,05$ DMS=421,08341

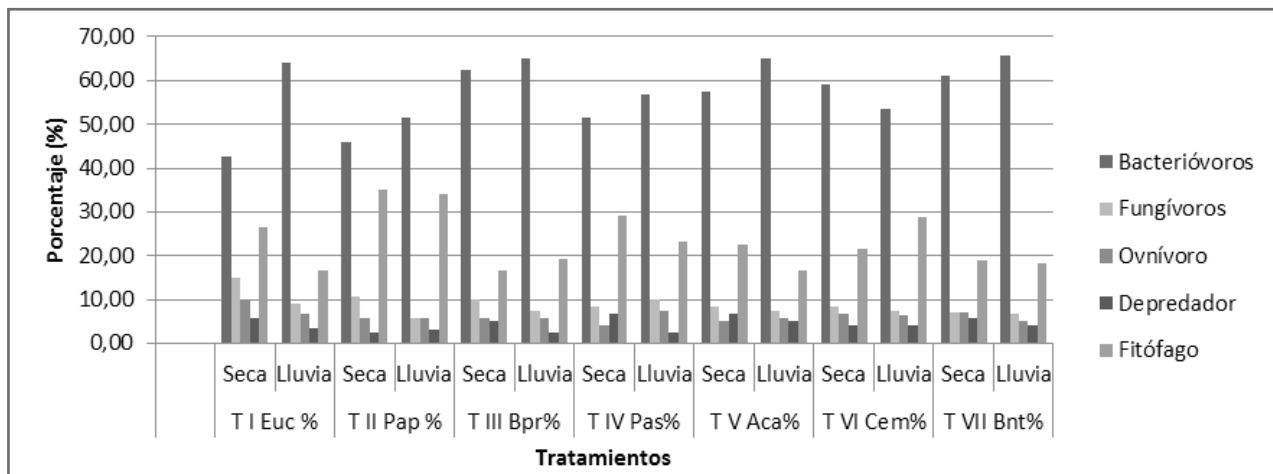


Figura 3. Participación porcentual de los grupos tróficos de nematodos de vida libre en los diferentes usos y manejos del suelo, en la finca experimental FEDEPAPA, Obonuco-Pasto

Índices ecológicos. Para el caso de la riqueza el análisis de varianza no detectó diferencias estadísticas significativas (Tab.2), ya que en cada tratamiento se encontraron distribuidas las veintiuna familias identificadas en este estudio Rhabditidae, Cephalobidae, Teratocephalidae, Plectidae, Steinernematidae, Aphelenchidae, Aphelenchoididae, Dorylaimidae, Aporcelaimidae, Diplogasteridae, Mononchidae, Heteroderidae, Meloidogynidae, Tylenchidae, Hoplolaimidae, Pratylenchidae, Anguinidae, Longidoridae, Belonolaimidae, Trichodoridae y Criconematidae. Presentan-

do en cada tratamiento leves variaciones con el tiempo y por épocas (Fig.4). Leguizamo y Parada, 2008 registraron resultados similares en su investigación entre los hábitats cultivados y naturales.

El análisis de la diversidad de los nematodos en los diferentes usos y manejos en dos épocas se basa en que las diferentes familias interactúan entre sí en su propia cadena trófica y con el medio físico que les rodea (Liang *et al*; 2005)

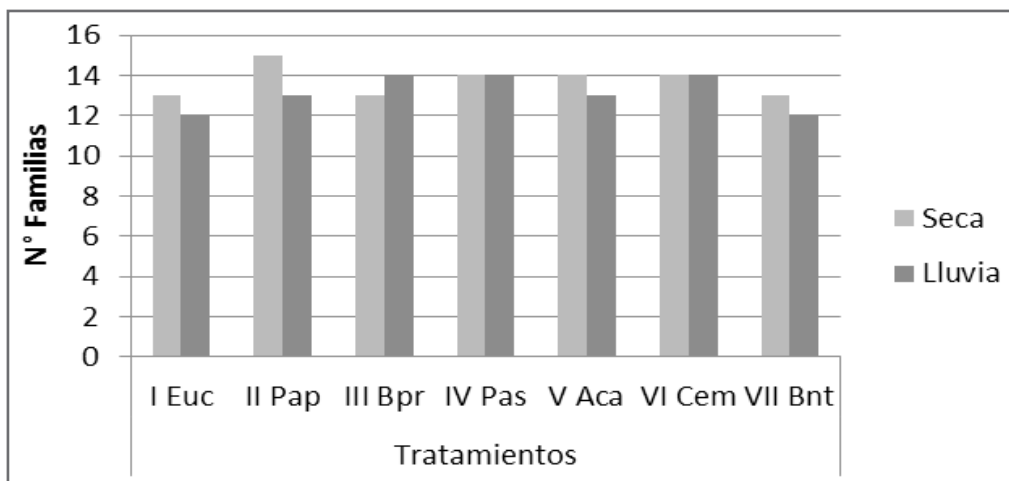


Figura 4. Riqueza de familias en siete usos y manejos del suelo en dos épocas, en la finca experimental FEDEPAPA, Obonuco-Pasto

La gran mayoría de los métodos propuestos para evaluar la diversidad de especies se refieren a la diversidad dentro de las comunidades; sirven para medir y monitorear los efectos de las actividades humanas (Moreno, 2001). En esta investigación la diversidad se calculó a través de los índices Margalef, Simpson, Shannon, medidas cuyos resultados permitieron comparar el estado de la población de nematodos de vida libre en los diferentes usos y manejos del suelo (Cabrera y Gomez, 2009).

El índice de Margalef permitió describir la relación del número de familias y la abundancia, identificar mejor la diversidad

en los diferentes usos y manejos del suelo. El mayor valor fue para época seca de 4,04 que corresponde al uso monocultivo de Papa, seguido de 3,82 correspondiente al uso sistema de Acacias y Alisos y en época de lluvia de 3,89 que corresponde al uso de pasturas, seguido de 3,85 con uso cerca viva multiestrato (Fig.5).

No existen diferencias significativas para usos, épocas o su interacción (Tab.2), esto demuestra que la biodiversidad con respecto a familias no varía entre usos ni épocas, pero su valor indica una buena diversidad biológica.

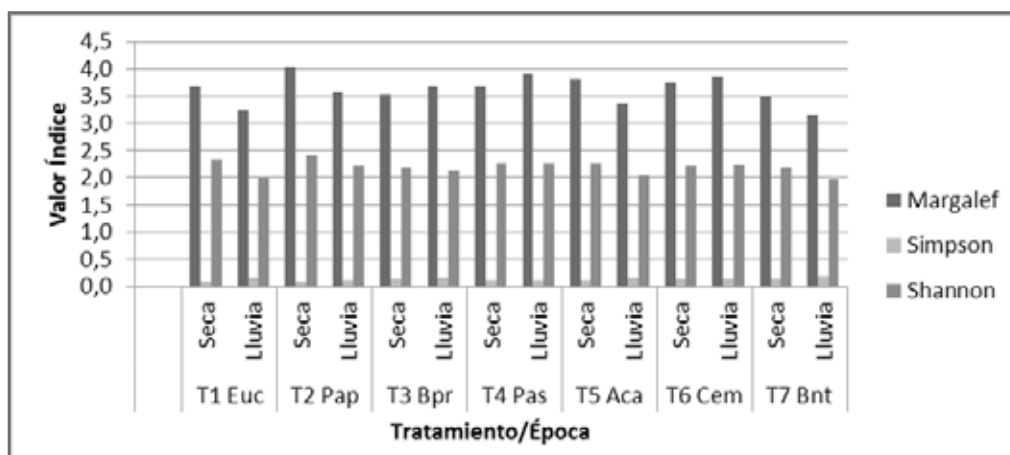


Figura 5. Valores de los índices de Margalef, Simpson y Shannon en los siete usos y manejos del suelo, en la finca experimental FEDEPAPA, Obonuco-Pasto

El análisis respecto al índice de Simpson indicó que en la época seca, el uso lote de papa 0,089 y el uso plantación de eucalipto 0,091 son los menos diversos, el uso banco de proteína, el uso cerca viva multiestrato y el uso bosque nativo son los más diversos; en la época de lluvias se presentó que el uso pasturas 0,123 y uso lote de papa 0,122 son los menos diversos y por el contrario el uso plantación de eucalipto y el uso bosque nativo presentaron mayor diversidad. Liang, (2005); Leguizamo y Parada (2008), afirman que el tipo de uso y manejo que se le dé al suelo afecta directamente la diversidad biológica del mismo y por ello afectan la estructura de la comunidad de nematodos del suelo, encontrándose similitud con esta investigación. El análisis de varianza reflejó que existen diferencias altamente significativas para épocas y diferencias significativas para usos, más no para su interacción usos*épocas (Tab.2). La prueba de post-hoc de Tukey para Simpson evidencia que las épocas y los diferentes usos y manejos del suelo afectan la diversidad de nematodos, como se presentó en el uso bosque nativo 0,15 muestra diferencias significativas con respecto al uso lote de papa. Coleman (1996); Bongers (1990) y Liang (2005), trabajando con nematodos en sistemas de cultivos con

zanahorias y cultivos de pan coger como legumbres en diferentes épocas de muestreo encontraron resultados similares afirmando que la única diferencia se da entre las épocas de muestreo y en los usos o tratamientos (Tab.4).

Tabla 4. Resultados de prueba de Tukey para el índice de Simpson en siete usos y manejos del suelo y dos épocas, en la finca experimental FEDEPAPA, Obonuco-Pasto

Uso y manejo del suelo	Media	Significancia*
Bosque Nativo	0,15	A
Banco de proteína	0,14	A B
Silvopastoril con acacia	0,14	A B
Bosque eucalipto	0,13	A B
Cerca multiestrato	0,13	A B
Pradera Kikuyo	0,12	A B
Cultivo de papa	0,11	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) $\alpha = 0,05$ DMS=0,04047

Época	Media	Significancia*
Seca	0,14	A
Lluviosa	0,12	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) $\alpha = 0,05$ DMS=0,01409

El índice de Shannon expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra, en este caso familias. Con lo evaluado durante el periodo se determinó que la diversidad de nematodos declinó en la época seca, luego se vio incrementada en la época de lluvias. En la época seca los valores del índice de Shannon fueron más altos en el uso lote de papa con 2,41 y el uso bosque plantado de Eucalipto con 2,34 respectivamente presentaron mayor diversidad y en la época de lluvias se destacaron el uso pasturas con 2,25 y el uso cercas vivas multiestrato con 2,24 respectivamente presentaron mayor presencia de familias, presentándose mayor diversidad (Fig.5), según la jerarquía de riqueza de Shannon estos valores están en un rango de diversidad aceptable (Magurran, 1988).

Tabla 5. Prueba de Tukey para Shannon en siete usos y manejo del suelo y dos épocas, en la finca experimental FEDEPAPA, Obonuco-Pasto

Uso y manejo del suelo	Media	Significancia*
Cultivo de papa	2,31	A
Pradera Kikuyo	2,26	A B
Cerca multiestrato	2,23	A B
Bosque eucalipto	2,17	A B
Silvopastoril con acacia	2,16	A B
Banco de proteína	2,15	A B
Bosque Nativo	2,08	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) $\alpha = 0,05$ DMS=0,20787

Época	Media	Significancia*
Seca	2,26	A
Lluviosa	2,13	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) $\alpha = 0,05$ DMS=0,07239

El análisis de varianza (Tab.2), reflejó diferencias significativas para usos y altamente

significativas para épocas. Liang *et al*, (2005) encontraron resultados similares; las épocas afectan la abundancia de individuos y que esta tendencia se debe a que en la época de lluvias aumenta la población de nematodos independientemente del uso y manejo del suelo. La prueba de post-hoc de Tukey ($\text{Alfa}=0,05$ DMS=0,20787) para Shannon evidencia que las épocas afectan directamente la cantidad de individuos y de familias en los diferentes usos y manejos del suelo, para este caso el tratamiento (T2), presentó diferencias con respecto al bosque nativo, de igual forma se presentaron diferencias con respecto a las épocas (Tab.5).

CONCLUSIONES

Las épocas de muestreo fueron un diferencial de importancia para la determinación de la abundancia, riqueza e índices ecológicos.

Los bacteriívoros fueron el grupo más abundante en las dos épocas, Cephelobidae y Rhabditidae fueron las familias más abundantes en este estudio.

Los sistemas agroforestales, acacia-aliso, banco de proteína y cerca multiestrato presentaron mayor diversidad biológica. El tratamiento correspondiente al lote de papa presentó una menor diversidad biológica comparable con la del bosque nativo, de eucalipto y al de pasturas en los cuales el grupo trófico Fitófagos en las dos épocas de muestreo fue mayor.

Los índices de Simpson, Shannon y Margalef permitieron analizar la biodiversidad la cual resulta muy conveniente en el contexto actual ante la acelerada transformación de los ecosistemas naturales, ya que un simple listado de especies para una región dada no es suficiente, para resultados de esta

investigación a nivel de familia la diversidad es aceptable en términos de biodiversidad.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUIRRE, D., ORDOÑEZ, Y. 2009. Evaluación de algunas propiedades físicas en suelos con diferentes usos en sistemas productivos del altiplano de pasto - departamento de Nariño. [Tesis de grado] Pasto: Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa de Ingeniería Agroforestal. 23 p.
- ARTEAGA, J. 2009. Evaluación de algunas variables químicas de suelos, en diferentes sistemas productivos y tiempos de uso, en el corregimiento de Obonuco, municipio de pasto. [Tesis de grado] Pasto: Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa de Ingeniería Agroforestal. 85 p.
- BERKELMANS, R., FERRIS, H., TENUTA, M., BRUGGEN, V. 2003. Effects of long - term crop management on nematode trophic levels other than plant feeders disappear after 1 year of disruptive soil management. *Applied Soil Ecology*. 23: 223 - 235
- BONGERS T., BONGERS M. 1998. Functional diversity of nematodes. *Applied Soil Ecology*, 10: 239-251.
- BONGERS T., FERRIS, H. 1999. Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring. *Trend Evol. Ecology*. 14:224-228.
- CABRERA, P., GOMEZ, H. 2009. La macrofauna en diferentes usos y manejos del suelo en el Centro experimental de fedepapa en el corregimiento de Obonuco, municipio de pasto, departamento Nariño. Pasto: Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa de Ingeniería Agroforestal. 31 p.
- COLEMAN, D., BLAIR, J., ELLIOT, E., WALL, D. 1999. Soil invertebrates In *Standard Soil Methods for Long-term ecological research*. Roberts *et al.* (Eds.). , 349-377 p.
- COLEMAN, D., CROSSLEY, D. 1996. *Fundamental of soils ecology*. Academic Press, San Diego. 205 p.
- FERRIS, H., BONGERS, T.; DE GOEDE, R. 2001. framework for soil food web diagnostics: extension of the nematode faunal analysis concept. *Applied Soil Ecology*, 18: 13-29.
- FERRIS, H., MATUTE, M. 2003. Structural and functional succession in the nematode fauna of a soil food web. *Applied Soil Ecology*. 23: 93-110.
- FRECKMAN, D. 1982. *Nematodes in soil ecosystems*. The University of Texas Press. USA. 198 p.
- FRECKMAN, D., ETTEMA, C. 1993. Assessing nematode communities in agroecosystems of varying human intervention. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 45: 239 - 261.
- GUPTA, V., YEATES, G. 1997. Soil microfauna as bioindicators of soil health. In: *Biological Indicators of Soil health*. Pankhurst: Doube and grupta (Eds.). pp 201-233.
- INGHAM, R. 1994. Nematodes. In: *Methods of Soil analysis*, USA. p. 459-490.
- FAO. 2010. La biota del suelo y la biodiversidad. En ftp://ftp.fao.org/paia/biodiversity/soilbiota_biod_es.pdf. 7 p.; consulta: 3 de Abril de 2010.
- LEGUIZAMO, C Y PARADA J. 2008. Nematodos del suelo en el sistema maíz-soya y en hábitats naturales adyacentes de la altillanura colombiana (Meta). *Revista Corpoica - ciencia y tecnología agropecuaria*. 9: 61-65.

- LIANG, W. J.; LAVIAN, I; MOURATOV, S, STEINBERGER, Y. 2005. Diversity and dynamics of soil free-living nematode populations in a mediterranean agroecosystem. *Pedosphere*. 15, 204-215.
- MAGURRAN, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey, 179 p.
- MATLACK, G. 2001. Factors determining the distribution of soil nematodes in commercial forest landscape. *Forest Ecology and Management*. 146: 237-143 p.
- METHODS OF SOILS ANALYSIS- ASA. 1994. Microbiological and Biochemical Properties. Ed. Mickelson, s.H. USA. Number 5, Soil Science Society of America., 600 p.
- MORENO, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 p.
- NAVIA, J. 2008, Evaluación del manejo de los residuos de papa (richie) y algunas especies forrajeras arbustivas como suplemento animal para los bovinos de leche en el trópico de altura de Nariño. San Juan de Pasto, 2008, p.4. Proyectos de Inversión. Asociación Hortofrutícola de Colombia (ASOHOFrucOL).
- NAVIA, J. 2006. Impacto de aportes superficiales de biomasa vegetal de diferente calidad sobre poblaciones nativas de hongos formadores de micorriza arbuscular, rizobios y nematodos, en un suelo agrícola de Santander de Quilichao (DEPARTAMENTO DEL CAUCA). [Tesis doctorado]. Palmira: Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Facultad de ciencias agropecuarias. 140 p.
- SAS INSTITUTE INC. 1999-2000. Sas User's Guide: Statistics release 8.1. SAS Institute. N.C. USA.
- STEINBERGER, Y; SARIG, S. 1993. Responses by soil nematode populations in the soil microbial biomass to a rain episode in the hot, dry Negev Desert. *Biol. Fertil. Soils*.16. 188-192.
- SCHNURER, J., CLARHOLM, M.; BOSTROM, S., ROSSWALL, T. 1986. Effects of moisture on soil microorganisms and nematodes: A field experiment. *Micr Ecol*. 12: 217-230.
- TOBÓN, J. 2005. Cómo tomar una buena muestra de suelo. ICA, Santafé de Bogotá. 142 p.
- YEATES, G., BONGERS, T; GOEDE, R., FRECKMAN, D., GEORGIEVA, S. 1993. Feeding habits in soil nematode families and Genera – An Outline for Soil Ecologists. *Journal of nematology*. 25 (3): 315 – 331.
- YEATES, G. 1979. Soil nematodes in terrestrial ecosystems. *Journal of Nematology*, 11(3): 213-227.
- YEATES, G. y BIRD, A. 1994. Some observations on the influence of agricultural practices on the nematode faunae of some South Australian soils. *Fundamental Applied Nematology* 17 (2): 133 – 145.