

Relación de parámetros edáficos sobre la diversidad y distribución espacial de nematodos de vida libre

Relation of soil parameters on the diversity and spatial distribution of free-living nematodes

Elder Eduardo Castilla-Díaz¹, Euriel Millán-Romero², Jaime Mercado-Ordoñez³, Carlos Millán-Páramo⁴

Fecha de recepción: 18 de julio de 2016

Fecha de aprobación: 3 de octubre de 2016

Castilla-Díaz, E; Millán-Romero, E; Mercado-Ordóñez, J; Millán-Páramo, C. Relación de parámetros edáficos sobre la diversidad y distribución espacial de nematodos de vida libre. *Tecnología en Marcha*. Vol. 30-3. Julio-Setiembre 2017. Pág 24-34.

10.18845/tm.v30i3.3270

1 Biólogo. Universidad de Sucre, Colombia. Correo electrónico: elder.castilla@unisucre.edu.co.

2 Ing. Agrícola, M.Sc Suelos y Nutrición de Plantas. Facultad de Ingeniería, Universidad de Sucre, Colombia. Correo electrónico: euriel.millan@unisucre.edu.co.

3 Biólogo, M.Sc: Gestión y Auditoría Ambiental. Universidad de Sucre, Colombia. Correo electrónico: jfmo100@mail.com.

4 Ing. Civil, M.Sc Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de Sucre, Colombia. Correo electrónico: carlos.millan@unisucre.edu.co.



Palabras clave

Textura; humedad; suelo; nematofauna.

Resumen

Se realizó un estudio sobre la diversidad, riqueza, dominancia y equidad de la nematofauna y la relación de estos organismos con algunos parámetros físicos y químicos del suelo en 15 sitios de tres localidades de la Subregión Sabana departamento de Sucre, Colombia. Utilizando la metodología de Jenkins (1964), se extrajeron un total de 4.683 individuos, identificados utilizando claves taxonómicas, en 22 géneros y uno no determinado (*c.f. Dorylaiminae*). Los parámetros edáficos se realizaron utilizando las metodologías del IGAC (2006) y la diversidad se estimó haciendo uso de índices de diversidad; relacionando estos dos factores se observó mayor abundancia de nematodos en suelos de textura franco arenosa, principalmente de los géneros *Criconemella*, *c.f. Dorylaiminae* y *Helycotilenchus*.

La humedad, porosidad, materia orgánica y pH, no presentan relación en cuanto a diversidad de los nematodos identificados. Contrario con la textura del suelo que si influyen en la abundancia y la fracción limo en diversidad. Sin embargo la presencia de los géneros *Criconemella* y *c.f. Dorylaiminae* no están determinados por estos parámetros edáficos.

Keywords

Texture; humidity; soil; soil nematodes.

Abstract

It was been a study on the diversity, richness, dominance and equity of nematofauna and the relation of these organisms with some physical and chemical parameters of soil at 15 sites in three locations in the Sucre department, Colombia. Using the methodology of Jenkins (1964), a total of 4,683 individuals were extracted, identified using taxonomic keys, in 22 genera and one not determined (*c.f. Dorylaimida*). The soil parameters were performed using methodologies IGAC (2006) and diversity was estimated using diversity indices, relating these two factors greater abundance of nematodes was observed in sandy loam soils, mainly of the genera *Criconemella*, *c.f. Dorylaiminae* and *Helycotilenchus*.

The humidity, porosity, organic matter and pH have no relation in terms of the diversity of nematodes identified. Contrary to the soil texture and silt fraction that if they are related to the abundance and diversity. However, the presence of the genera *Criconemella* and *c.f. Dorylaiminae* are not determined by these soil parameters.

Introducción

Se estima que existen aproximadamente un millón de especies de nematodos, de estas la mayoría (500 mil especies) son nematodos edáficos de los que se conoce menos del 3% (14.786 especies), 4.105 fitoparasitos y 10.684 de vida libre [1], las formas de vida libre se alimentan de microorganismos (bacterias y hongos), protozoarios, algas, otros nematodos y microinvertebrados. Estos organismos del suelo viven en grupos o gremios, compuestos por lo general de cinco grupos funcionales principales: Parásitos de plantas, bacterívoro, micófgos,

depredadores y omnívoros. Por tal motivo, los nematodos están bien representados a lo largo de la red trófica del suelo [2].

Para Matlack [3] las poblaciones de nematodos se pueden correlacionar con estados sucesionales de la vegetación, probablemente como respuestas a cambios físicos y químicos ocurridos en el suelo.

En los ecosistemas terrestres se mide su diversidad biológica, para aportar conocimiento a la ecológica de estos organismos y contar con indicadores que nos permitan tomar decisiones o emitir recomendaciones en favor de la conservación de taxones o áreas amenazadas, o monitorear el efecto de las perturbaciones antrópicas en el ambiente.

La composición de las comunidades de nematodos se considera un buen indicador de las alteraciones como la deforestación, la liberación de agroquímicos y desechos industriales y urbanos al ambiente, el arado y el cultivo del suelo afectan la riqueza de especies, la estructura trófica y el estado de sucesión de la comunidad de nematodos.

Estos cambios están correlacionados con indicadores del funcionamiento del ecosistema, como el aumento de nitrato y fósforo en el suelo, la disminución del carbono y la biomasa microbiana y el cambio en la estructura de las redes tróficas [4]. Sánchez [5] considera a los nematodos del suelo cómo un grupo de invertebrados de elevada importancia ecológica que presentan atributos que les convierte en valiosas herramientas como indicadores biológicos.

El índice de madurez de los suelos de Bongers [6] es una medida del estado sucesional ecológico de una comunidad de suelo, valor que se registra en un rango de 1 a 5, valores por debajo de 3 califican mayor disturbio ambiental y de 3 a 5 corresponde suelos con estabilidad ambiental [7]. Se basa en el principio de que los diferentes taxones tienen diferentes sensibilidades al estrés o perturbación de la secuencia sucesional debido a las diferencias de sus características de su ciclo de vida.

El objetivo del trabajo fue identificar los géneros de nematodos de vida libre presentes en suelos de la subregión Sabana (Sucre – Colombia) y la relación con los parámetros físicos y químicos (materia orgánica, textura, porosidad, pH y humedad) del suelo para calificar dependencia con su hábitat.

Materiales y métodos

El estudio se desarrolló durante el mes de junio de 2014 a diciembre de 2015 en los municipios de Sampúes (9°11'1.00"N; 75°22'54.12"O), Corozal (9°19'4.01"N; 75°17'44.88"O) y San Juan de Betúlia (9°16'32.02"N; 75°14'44.16"O) de la Subregión Sabana, conformada por numerosas sierras y colinas formando ondulaciones que van desde 70 hasta 185 msnm, ubicada en el departamento de Sucre - Colombia (figura 1).

Los sitios se seleccionaron de acuerdo al criterio de sus prácticas agrícolas y pecuarias de manera que los lugares de muestreo fueron las zonas planas de los potreros.

Se extrajeron submuestras de suelo aleatoriamente en forma de zig-zag dentro de un área de 1.0 hectárea (ha). A una profundidad de 0.20 m utilizando un barreno para muestras indisturbadas (sin afectación del perfil del suelo) para obtener 1.0 kg de muestra compuesta de suelo. El kilogramo de suelo se dividió en 0,5 kg para la extracción de nematodos y 0,5 kg para realizar los respectivos análisis de suelo.

La extracción de nematodos se hizo mediante el método combinado de tamizaje y flotación en azúcar de Jenkins [8]. Una vez recuperado los individuos, se sacrificaron en baño María a 90 °C durante 90 segundos.

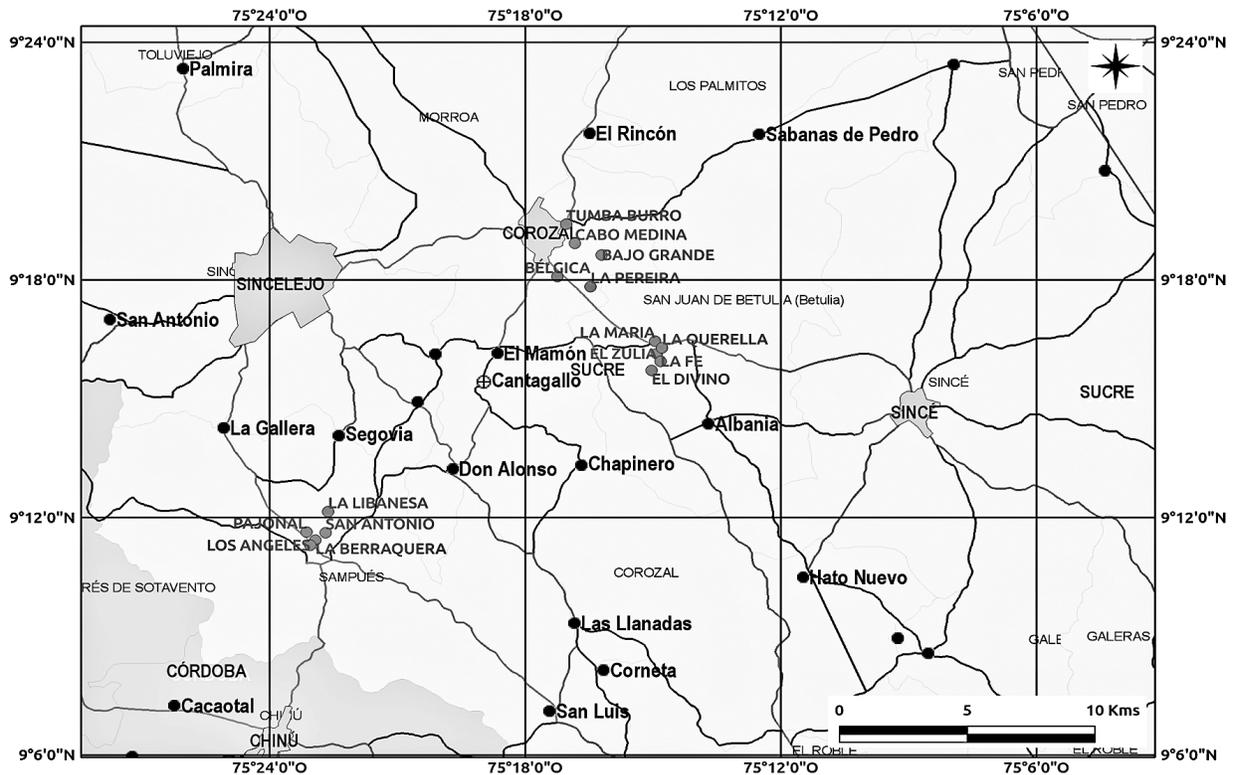


Figura 1. Geo-referencia de los 15 sitios de muestreo de las localidades de Sampués, Corozal y San Juan de Betúlia en la subregión Sabana, Departamento de Sucre, Colombia.

Reposados se fijaron adicionando un volumen igual a la suspensión de nematodos de solución fijadora de 6.0% formalina – 2.0% Glicerina (Solución Golden) dejándose reposar y decantar para reducir su volumen hasta 5.0 mL, fijados indefinidamente hasta proceder con el conteo y montaje en láminas con glicerina por el método de Ryss [9].

La identificación taxonómica se realizó haciendo observaciones morfológicas y morfométricas a X1000 empleando microscopio óptico Labomed (Lx 400) y haciendo uso de claves taxonómicas propuestas por Mai [10], Tarjan [11] y Yeates [12]. Además los nematodos se agruparon en los gremios tróficos bacterívoros, micofágos, fitófagos, omnívoros y predadores propuestos por Yeates [12].

Para la determinación de los parámetros edáficos en el laboratorio se emplearon los siguientes métodos analíticos del laboratorio de suelo [13] (cuadro 1).

A partir de la abundancia de los individuos o factor biótico, se calcularon los índices de diversidad siguientes: diversidad de Shannon-Wiener, riqueza de Margaleff, dominancia de Simpson, equidad de Heip y el índice de madurez de los suelos de Bongers [6]. Con el fin de inferir sobre la diversidad y estructura de las comunidades de nematodos en base a las condiciones físicas y químicas del suelo o factor abiótico de las zonas de muestreo.

Para indagar sobre la “salud de los suelos” a partir del índice de madurez del suelo y su relación con la propiedades del suelo, los tratamientos correspondieron a un factorial 1 x 3 x 5, siendo (1) la Subregión de la Sabana en estudio, (3) las localidades (Sampués, Corozal y San Juan de Betúlia) – Departamento de Sucre, Colombia; (5) representa el número de muestras con tres (3) repeticiones por localidad; se realizó ANOVA para determinar si existe diferencia

estadística en la calidad de los suelos de al menos una de las tres localidades, con 95% de confiabilidad.

Para verificar la hipótesis “si las propiedades del suelo infieren en la presencia de la fauna edáfica benéfica (nematodos)” los resultados se sometieron a análisis de regresión simple entre la variable dependiente (diversidad de nematodos H') y las independientes cuantitativas (parámetros edáficos: textura, humedad, porosidad, materia orgánica y pH), para determinar relación entre estas variables bióticas y abióticas en los sitios de muestreo. Datos procesados en el software Infostat versión 2011 [14].

Cuadro 1. Metodologías utilizadas para la determinación de los parámetros físicos y químicos.

Determinación	Método o fórmula
Textura	Bouyoucos
Densidad aparente	Terrón parafinado
Densidad real	Picnómetro
pH	Potenciométrico 1:1
% Materia orgánica	Carbón orgánico (Walkley. A., Black I.A)
Humedad	$\%H = \frac{(W_h + W_r) - (W_s + W_r)}{(W_s + W_r) - W_r}$
Porosidad	$P = 1 - D_a / D_r$

Wh: peso muestra humedad, Wr: peso del recipiente, Ws: peso muestra seca, Da: densidad aparente, Dr: densidad real.

Resultados y discusión

Se identificaron 4683 individuos, clasificados en 22 géneros identificados y uno no identificado (*c.f Dorylaiminae*), agrupados en 15 familias, 9 superfamilias, 6 subórdenes y cuatro órdenes. Los fitófagos predominaron con 11 géneros con 2747 individuos (58.95%), seguido del gremio omnívoro con 1735 individuos (37%) y 201 individuos entre los gremios bacterívoros, micófagos y predadores (4.05%).

Los géneros más abundantes fueron *c.f Dorylaiminae*, *Criconemella* y *Helycotilencus* (cuadro 2), principalmente por el gremio alimenticio al que pertenecen.

El predominio del gremio fitófago está relacionado al cultivo de pasto *colosuana Bothriochloa pertusa (Poacea)* instalados en los sitios de muestreo junto a otras *Fabaceae (Samanea saman, Senna obtusifolia, Senna occidentalis y Mimosa pudica)*.

Los sitios Pajonal en Sampúes, Bajo Grande en Corozal, presentaron suelos de textura franco arcilloso (FrAr) y El Zulia en San Juan de Betúlia, arcillo limoso (ArL), en estos se obtuvieron mayor diversidad (H') y riqueza poblacional de nematodos (cuadro 3), principalmente de los gremios trófico fitófago (*Criconemella, Helicotylenchus*) y omnívoro (*c.f Dorylaiminae*).

Se les atribuye su diversidad a la cobertura vegetal instalada en los suelos. Contrario a suelos franco arenoso y arenoso que presentan mayor abundancia de nematodos (cuadro 4) sitio La María.

Cuadro 2. Número de géneros obtenidos por sitio de muestreo.

Géneros/Sitios	LOCALIDADES																
	Gremio	Sampués					Corozal					San Juan de Betúlia					Subtotal
		La Berraquera	H. Los Angeles	Pajonal	San Antonio	La Libanesa	Bajo Grando	Caño Medina	La Pereira	Belgica	Tumbaburro	La María	El Zulia	La Fé	El Divino	La Querella	
Acrobeles	B	5	0	10	0	23	5	10	0	10	0	30	3	5	10	3	114
Amphidelus	B	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3
Aphelenchoides	M	0	0	0	0	0	3	5	0	0	0	0	3	0	0	3	14
Aphelenchus	M	5	0	0	0	0	8	0	0	3	0	0	0	0	0	0	16
Cephalobus	B	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	3	0	0	0	11
Criconema	F	0	5	0	0	13	10	8	3	5	10	23	18	0	0	5	113
Criconemella	F	0	115	30	3	115	68	75	38	18	225	313	120	35	35	133	1543
Discolaimus	O	0	0	0	0	0	5	0	0	208	0	3	0	0	0	0	8
*Dorylaiminae	O	60	70	15	5	43	180	205	25	0	95	138	170	120	228	293	1727
Helicotylenchus	F	15	0	8	0	18	5	18	3	80	108	145	10	0	95	90	518
Ironus	P	0	13	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	13
Monhystera	P	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0	3	0	9
Panagrolaimus	B	0	0	0	3	3	3	0	0	0	3	0	3	0	3	0	21
Paratrophurus	F	0	0	5	0	0	8	0	0	3	0	0	0	0	0	0	13
Paratylenchus	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	10	0	15
Pratylenchus	F	0	5	0	0	5	13	3	0	0	5	3	65	0	5	43	185
Psilenchus	M	0	0	0	0	0	0	0	0	38	0	0	0	0	5	3	8
Rhabditis	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	13
Rotylenchuslus	F	40	0	0	0	0	0	5	0	0	8	8	13	0	3	0	77
Trophurus	F	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60
Tylenchoryncus	F	45	0	8	0	0	0	0	3	0	0	0	5	0	0	0	61
Tylenchus	F	5	0	3	18	5	60	3	0	10	0	5	0	0	5	8	122
Xiphinema	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	5	3	16
Nema. Por muestras		175	208	79	29	225	431	332	78	381	484	671	436	163	407	584	
Nema. Por localidad		716					1706					2261					
Total de individuos																	4683
Total de géneros: 22																	

Nema: nemátodos G: gremio, F: fitófago, B: bacterívoros, M: micófgos, O: omnívoros, P: predadores.
*Subfamilia, no identificado a Género.

Cuadro 3. Índices de diversidad calculados para cada sitio de muestro.

Índices de diversidad	Sitio	LOCALIDADES														
		Sampués					Corozal					San Juan de Betúlia				
		La Berraquera	H. Los Angeles	Pajonal	San Antonio	La Libanesa	Bajo Grando	Caño Medina	La Pereira	Belgica	Tumbaburro	La María	El Zulia	La Fé	El Divino	La Querella
H'		1.57	0.96	1.71	1.07	1.49	1.81	1.20	1.34	1.43	1.22	1.43	1.72	0.74	1.38	1.37
λ		0.25	0.45	0.22	0.44	0.32	0.24	0.44	0.35	0.36	0.37	0.31	0.26	0.59	0.38	0.33
Margalef		1.16	0.57	1.37	0.89	1.29	2.14	1.38	1.38	1.68	0.97	1.38	2.14	0.59	1.83	1.41
Heip		0.63	0.53	0.75	0.64	0.49	0.39	0.29	0.47	0.32	0.40	0.35	0.36	0.36	0.27	0.33

H': Diversidad de Shannon-Wiener, λ : Dominancia de Simpson

Cuadro 4. Parámetros edáficos analizados por sitio de muestro y número de individuos por clase textural de cada sitio.

Parámetros	Sitios	LOCALIDADES														
		Sampués					Corozal					San Juan de Betúlia				
		La Berraquera	H. Los Angeles	Pajonal	San Antonio	La Libanesa	Bajo Grande	Caño Medina	La Pereira	Bélgica	Tumbaburro	La María	El Zulia	La Fé	El Divino	La Querella
Textura		FrAr	ArL	FrAr	ArL	FrAr	FrAr	Ar	FrArL	FrAr	Fr	FrA	ArL	Ar	ArL	FrAr
# Nema.		175	208	79	29	225	431	332	78	381	484	671	436	163	407	584
%M.O		1.96	1.99	0.31	1.21	0.67	1.31	1.23	1.18	3.07	2.27	1.94	2.34	1.29	2.89	1.54
% P.		42.2	40.2	40.5	42	57.2	35.4	45.4	39.9	40.8	47.7	38.2	36.2	42.2	43.6	39.8
% H.		26.2	28.3	21.4	29.7	29.7	15.3	32.3	26.9	17.7	20.3	8.63	23.6	32.3	29.8	16
pH		7.42	6.61	6.56	6.33	6.44	6.45	6.35	6.44	6.43	6.61	6.70	6.72	6.41	6.41	6.8

Nema: Número de nematodos, FrAr: franco arcilloso, ArL: Arcillo limoso, Ar: arcilloso, FrArL: franco arcillo limoso, Fr: franco, FrA: franco arenoso, %M.O: materia orgánica, %P: porosidad, %H: Humedad.

La equidad de los géneros identificados la presentaron los sitios de la localidad de Sampués (cuadro 3), con suelo de textura FrAr y ArL, en esta localidad hubo la presencia de los cinco gremios tróficos: fitófago, omnívoro, bacterívoro, micófagos y depredadores, la equidad de los géneros se relaciona a la materia orgánica (cuadro 5).

Pocos sitios reflejan el mantenimiento de sucesionalidad trófica de estos organismos edáficos para contribuir en la distribución de los nutrientes y minerales del suelo. Para Ferris [15] estos organismos son responsables de un 30% de la mineralización del nitrógeno en el suelo, siendo el principal servicio que presentan en el ecosistema.

El sitio La Fé en San Juan de Betúlia presentó textura de suelo arcilloso; encontrándose los géneros *Acrobeles*, *Criconemella*, *Xiphinema* y *c.f. Dorylaiminae* siendo este último el más dominante, sin embargo la dominancia mantiene estrecha relación con el porcentaje de limo (cuadro 5), por ende se infiere que su dominancia en este sitio se debe a su carácter omnívoro.

Cuadro 5. Matriz de correlación (r) de los índices de diversidad con respecto a los parámetros edáficos.

Índices de Diversidad	Parámetros edáficos						
	H	M.O	Porosidad	pH	Arena	Arcilla	Limo
λ	0.421	0.053	0.209	-0.461	0.210	-0.476	0.656
Margalef	-0.27	0.246	-0.320	-0.031	-0.320	0.084	-0.198
H'	-0.394	-0.021	-0.214	0.304	-0.214	0.367	-0.517
Heip	0.092	-0.544	0.058	0.271	0.058	0.068	-0.173

H: humedad, M.O: de materia orgánica, λ : dominancia de Simpson, H': Diversidad de Shannon-Wiener.

El sitio La María en San Juan de Betúlia con textura franco arenoso (FrA) registro la mayor abundancia de nematodos (cuadro 2), especialmente los géneros *Criconemella* y *Helicotylenchus* (fitófagos). Resultados acorde a los obtenidos por Olabiyi [16] en el suroeste de Nigeria donde la mayor abundancia de los nematodo fitoparásitos o fitófagos se da más en suelos de textura arenosa. Gallardo [17] considera a la textura franca arenosa como la más apta para el ciclo de vida de los nematodos fitoparásitos.

Trabajos realizados por Jaraba [18] demuestra la importancia de los suelos arenosos en el desarrollo de ciertos géneros específicos (*Meloidogyne incognita* y *Thielaviopsis basicola*) nematodos de importancia económica por que reducen el crecimiento y afecta el rendimiento en plantas de algodón. Luna-Guerrero [19] reporta para suelos de textura franco arenosa, la especie *Mesocriconema xenoplax* es considerada como uno de los principales factores bióticos de predisposición a la 'Muerte Prematura del Duraznero'. Jaraba Navas [20]; de Dios Jaraba [21] encontraron que la mayoría de las poblaciones de *Meloidogyne* se asocian a suelos con contenidos medios y altos de arenas. Chávez-Velazco [22] encontró correlación en un 50% del número de nematodos con respecto a las características físicas del suelo, principalmente con la arena.

Diferentes estudios comprueba la mayor abundancia de nematodos registrados para suelos con tipo de textura franco arenosa, arenosa; lo contrario ocurre en suelos con textura arcillosa, donde su ciclo de vida se ve limitado, en estos el diámetro en la microporosidad es reducido, además su elevada capacidad para retener agua; ocasiona poca aireación, disminución de oxígeno y la reducción en la microporosidad limita el desplazamiento de los nematodos en el suelo.

Suelos con altos contenidos de arcilla o de textura muy fina inhiben el movimiento de los nematodos. Muñoz [23] considera que estas condiciones hacen que los niveles de oxígeno sean más bajos y, en consecuencia, el metabolismo, movimiento e infectividad de los juveniles se afecte, además del efecto negativo sobre el crecimiento y reproducción de las hembras. Por esto la baja abundancia de nematodos en el sitio La Fé en San Juan de Betúlia (cuadro 2), y baja diversidad (H') de nematodos (cuadro 3); donde la textura de este sitio es arcillosa (cuadro 4).

La abundancia de nematodos está regida por una textura arenosa y por la cubierta vegetal del suelo, que por el contenido de humedad, el sitio La María en San Juan de Betúlia, registro el menor contenido de humedad, sin embargo presentó la mayor abundancia (cuadro 2), y mayor diversidad comparado con los sitios Caño Medina en Corozal y La Fe en San Juan de Betúlia (cuadro 3), los cuales presentaron mayor contenido de humedad (cuadro 4).

El pH registro un rango de 6.33 a 7.42 clasificando suelos ligeramente ácidos y ligeramente alcalinos (cuadro 4). Teniendo en cuenta el rango y lo mencionado por Guzman-Plazola [24] "la variación del pH, de 5.0 hasta 7.6, no tiene efecto sobre las poblaciones de nematodos fitoparásitos" por ende no hay inferencia alguna sobre esta propiedad del suelo frente a la diversidad de nematodos identificados.

La porosidad no está relacionada con la diversidad, riqueza, dominancia y equidad de las comunidades de nematodos (cuadro 5); pero si hay relación entre la composición granulometría del suelo (textura limo) con la diversidad y dominancia de nematodos (cuadro 5). Se considera que los microorganismos edáficos no se verán afectados incluyendo la nematofauna de vida libre cuando la porosidad del suelo supere el 10% [25]. Sin embargo las tres localidades presentaron bajos niveles de porosidad para la realización de actividades agrícolas (cuadro 4).

El contenido de materia orgánica de los suelos osciló de 0.31 a 3.07% Tabla 4, el 73.3% que corresponde a 11 sitios que presentaron bajos niveles, influyendo en la baja diversidad. Sin embargo Guzman-Plazola [24], reportan que en suelos con buen contenido de materia orgánica, el ciclo de vida de los nematodos fitoparásitos es afectado debido al desarrollo de organismos antagónicos, como bacterias y hongos nematófagos y quitiniformes, así como a la competencia por espacio y alimento de los nematodos de vida libre. Por ende altos niveles de materia orgánica puede convertirse en un factor limitante en la vida de estos organismos en el suelo.

Los índices de madurez para la localidad de San Juan de Betúlia oscilan de 3,15 a 3,74 fueron más alto, demostrando ser suelo menos perturbados comparados con las localidades de Corozal con rango de 3,12 a 3,56 y Sampués con rango de 2,34 a 3,39 para esta última los (I.M) califican suelos progresivamente perturbados reconociéndose como los suelo más afectados de las tres localidades estudiadas. Navas [26] expuso cómo los índices de diversidad clásicos aplicados a las comunidades de nematodos edáficos y los índices de madurez responden a la contaminación del suelo por metales pesados.

El índice de madurez del suelo a diferencia de los estimadores de diversidad, implica aspectos cuantitativos, biológicos y ecológicos de los géneros de nematodos individuales que constituyen a una comunidad, aumentando su confiabilidad, al momento de indagar sobre el estado actual del suelo.

Indicadores más recientes desarrollados para el estudio de las comunidades de nematodos son una extensión de los índices de la red trófica. Las Huellas Metabólicas [27] tienen en cuenta, además de las características del ciclo de vida de cada nematodo, la biomasa de éstos en el suelo estudiado. Esta infieren en la magnitud de la función que cada grupo de nematodos

realiza en el suelo (por ejemplo regulando las poblaciones de hongos y bacterias edáficas o suprimiendo especies plaga).

Al haber sido propuestas recientemente, requieren todavía de comprobación experimental para asentarse como indicadores, pero lo publicado hasta la fecha muestra que la actividad de los nematodos inferida a través de las huellas metabólicas se incrementa significativamente con la incorporación de residuos vegetales en el suelo [28], y que varían significativamente con la calidad del material vegetal incorporado [15].

Sobre la “salud de los suelos” no hubo diferencias estadísticas significativas ($P < 0,05$), de la calidad del suelo de al menos una de las tres localidades.

Conclusiones

Los géneros más abundantes en su orden, fueron *c.f Dorylaiminae*, *Criconemella* y *Helicotylenchus* principalmente por el gremio alimenticio al que pertenecen.

En los suelos que presentaron textura media (FrAr; ArL), se obtuvieron mayor diversidad y riqueza poblacional de nematodos, principalmente de los gremios trófico fitófago (*Criconemella*, *Helicotylenchus*) y omnívoro (*c.f Dorylaiminae*). Contrario a suelos de textura liviana (FrA; A) que presentan mayor abundancia de nematodos. En los suelos de textura pesada (Ar) se encontró el género *c.f. Dorylaiminae* siendo el más dominante en todas las localidades.

Pocos sitios reflejaron el mantenimiento de sucesionalidad trófica de estos organismos edáficos para contribuir en la distribución de los nutrientes y minerales del suelo.

Los suelos estudiados registraron perturbación, se sugiere un buen manejo agropecuario para la recuperación y sustentabilidad en las distintas localidades.

Referencias

- [1] D. Desgarenes, P. Sánchez-Nava, R. Peña-Santiago y G. Carrión, «Nematofauna asociada a la rizosfera de papas (*Solanum tuberosum*) cultivadas en la zona productora del Cofre de Perote, Veracruz, México,» *Revista Mexicana De Biodiversidad*, vol. 80, n° 3, pp. 611-614, 2009.
- [2] F. Morerira, «Manual de biología de suelos tropicales,» Instituto Nacional de Ecología, 2012.
- [3] G. R. Matlack, «Factors determining the distribution of soil nematodes in a commercial forest landscape,» *Forest Ecology And Management*, vol. 146, n° 1, p. 129-143, 2001.
- [4] S. W. Culman, A. Young-Mathews, A. D. Hollander, H. Ferris, S. Sánchez-Moreno, A. T. O'Geen y L. E. Jackson, «Biodiversity is associated with indicators of soil ecosystem functions over a landscape gradient of agricultural intensification,» *Landscape ecology*, vol. 25, n° 9, pp. 1333-1348, 2010.
- [5] S. Sánchez-Moreno y M. Talavera, «Los nematodos como indicadores ambientales en agroecosistemas,» *Revista Ecosistemas*, vol. 22, n° 1, p. 50-55.
- [6] T. Bongers, «The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition,» *Oecologia*, vol. 83, n° 1, pp. 14-19, 1990.
- [7] A. Hernández, «Nematodos como indicadores ambientales,» 2011.
- [8] W. Jenkins, «A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil,» *Plant Disease Reporter*, vol. 48, n° 9, p. 692, 1964.
- [9] A. Ryss, «Express technique to prepare permanent slides of nematodes,» *Zoosystematica Rossica*, vol. 11, p. 257-260, 2003.
- [10] W. F. Mai, H. H. Lyon y T. H. Kruk, Pictorial key to genera of plant parasitic nematodes, Dept. of Plant Pathology, New York State College of Agriculture, State University of New York, Cornell University, 1968.

- [11] A. Tarjan, E. R. y C. Shih, «Interactive Diagnostic Key to Nematodes,» *J. Water Pollution Cont. Fed.*, vol. 49, pp. 2318-2337, 1977.
- [12] G. W. Yeates, T. Bongers, R. G. M. De Goede, D. W. Freckman y S. S. Georgieva, «Feeding Habits in Soil Nematode Families and Genera - An Outline for Soil Ecologists,» *Journal of Nematology*, vol. 25, n° 3, pp. 315-331, 1993.
- [13] I. G. A. C. (IGAC), Métodos analíticos del laboratorio de suelo, Bogotá, 2006.
- [14] J. A. Di Rienzo, F. Casanoves, M. G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada y C. Robledo, «InfoStat versión 2011,» 2011.
- [15] H. Ferris, S. Sanchez-Moreno y E. B. Brennan, «Structure, functions and interguild relationships of the soil nematode assemblage in organic vegetable production,» *Applied Soil Ecology*, vol. 61, pp. 16-25, 2012.
- [16] T. I. Olabiyi, A. O. Olayiwola y G. O. Oyediran, «Influence of soil textures on distribution of phytonematodes in the south western Nigeria,» *World Journal of Agricultural Sciences*, vol. 5, n° 5, p. 557-560, 2009.
- [17] J. Á. M. Gallardo, T. D. Valdés, L. P. Ruvalcaba, R. A. Molar, J. B. V. Torres y J. A. C. Fasio, «Nematodos fitoparásitos y su relación con factores edáficos de papaya en Colima, México,» *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 61, n° 1, p. 251-257, 2014.
- [18] J. Jaraba, C. S. Rothrock, T. L. Kirkpatrick y K. R. Brye, «Soil Texture Influence on Meloidogyne incognita and Thielaviopsis basicola and Their Interaction on Cotton,» *Plant Disease*, vol. 98, n° 3, pp. 336-343, 2014.
- [19] A. Y. Luna-Guerrero, R. Montes-Belmont, M. F. Talavera-Rubia, H. E. Flores-Moctezuma y L. Bravo-Luna, «Preliminary study of biotic and abiotic factors associated with peach tree death in morelos, México,» *Nematropica*, vol. 41, n° 2, pp. 254-262, 2011.
- [20] J. Jaraba Navas, R. Guzman Plazola y C. C. E, Especies y razas de nematodos agalladores (*Meloidogyne* spp.) asociados al cultivo de tomate en Morelos, México, Colegio de Postgraduados-Instituto de Fitosanidad, 2001.
- [21] J. de Dios Jaraba, Z. Lozano y M. Espinosa, «Nematodos agalladores asociados al cultivo de papaya (*Carica papaya* L.) en el departamento de Córdoba, Colombia,» *Agronomía colombiana*, vol. 25, n° 1, p. 124-130, 2007.
- [22] C. Chávez-Velazco y M. & Araya-Vargas, «Correlación entre las características del suelo y los nematodos de las raíces del banano (*Musa AAA*) en Ecuador,» *Agronomía Mesoamericana*, vol. 20, n° 2, pp. 361-369, 2009.
- [23] N. L. A. Muñoz, «Efecto del tipo de suelo, la concentración de materia orgánica y la incorporación de un hidrogel en la infestación de *Meloidogyne hapla* Chitwood, 1949,» Tesis doctoral. Universidad Austral de Chile, 2011.
- [24] R. A. Guzman-Plazola, B. Hernández-Flores, F. Franco-Navarro y M. Cadena-Hinojosa, «Nematodos agalladores en La Vega de Metztlán, Hidalgo, México: Identificación, distribución espacial y relación con factores edáficos,» *Nematropica*, vol. 38, n° 1, pp. 47-61, 2008.
- [25] H. Montenegro Gonzalez, D. M. Castro y L. Guerrero, «Propiedades físicas de los suelos,» IGAC, Bogotá, 1990.
- [26] A. Navas, P. Flores-Romero, S. Sánchez-Moreno, J. A. Camargo y E. C. McGawley, «Effects of heavy metal soil pollution on nematode communities after the Aznalcóllar mining spill,» *Nematropica*, vol. 40, n° 1, p. 13-30, 2010.
- [27] H. Ferris, «Contribution of nematodes to the structure and function of the soil food web,» *Journal Of Nematology*, vol. 42, n° 1, pp. 63-67, 2010.
- [28] X. Zhang, Q. Li, A. Zhu, W. Liang, J. Zhang y Y. Steinberger, «Effects of tillage and residue management on soil nematode communities in North China,» *Ecological Indicators*, vol. 13, n° 1, p. 75-81, 2012.