

Research Article

Evaluación ambiental de sistemas agrícolas y forestales mediante análisis poblacional de nematodos como bioindicadores

Environmental assessment of agricultural and forestry systems by population analysis of nematodes as bioindicators



Campuzano-Santana, Karla Leticia ¹



<https://orcid.org/0009-0002-2061-1637>



karlacampuzanosant@gmail.com



Investigador Independiente, Ecuador, Quevedo.



Alarcón-Giraldo, Víctor David ²



<https://orcid.org/0009-0001-3975-6644>



victor.alarcon2016@uteg.edu.ec



Investigador Independiente, Ecuador, Quevedo.



España-Lema, Alex Iperty ³



<https://orcid.org/0009-0004-6722-4946>



alexspanalema@gmail.com



Investigador Independiente, Ecuador, Santa Elena.

Autor de correspondencia ¹



DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v5/n2/193>

Resumen: La creciente preocupación por la degradación de los suelos agrícolas y forestales ha impulsado el uso de bioindicadores para evaluar su calidad y salud. Este estudio evaluó la estructura poblacional de nematodos de vida libre asociados a sistemas de producción de cacao y teca en dos localidades (Quevedo y el Empalme). Se realizaron muestreos de suelo rizosférico, extrayendo nematodos mediante técnicas de centrifugación y flotación en azúcar, para luego clasificar los individuos en grupos tróficos y calcular índices de madurez, diversidad y estructura. Los resultados mostraron una alta abundancia de géneros fitoparásitos, destacando *Meloidogyne*, y la presencia de géneros benéficos como *Mononchus* y *Dorylaimus*. Se observaron diferencias en los índices de diversidad y madurez entre las localidades, reflejando variaciones en la calidad edáfica asociadas a los sistemas de uso del suelo, la mayor representación de géneros oportunistas en determinados sistemas sugiere un grado de perturbación ambiental relacionado con las prácticas de manejo, se puede concluir que el análisis de las poblaciones de nematodos proporciona información precisa y relevante para el diagnóstico de la salud del suelo en agroecosistemas y ecosistemas forestales tropicales.

Palabras clave: indicadores biológicos, redes tróficas, diversidad genética.



Check for updates

Received: 18/Mar/2025

Accepted: 14/Abr/2025

Published: 30/Abr/2025

Cita: Campuzano-Santana, K. L., Alarcón-Giraldo, V. D. ., & España-Lema, A. I. . (2025). Evaluación ambiental de sistemas agrícolas y forestales mediante análisis poblacional de nematodos como bioindicadores. *Journal of Economic and Social Science Research*, 5(2), 132-143.

<https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v5/n2/193>

Journal of Economic and Social Science Research (JESSR)

<https://economicsocialresearch.com>

info@editoriagrupo-aea.com

Nota del editor: Editorial Grupo AEA se mantiene neutral con respecto a las reclamaciones legales resultantes de contenido publicado. La responsabilidad de información publicada recae enteramente en los autores.

© 2025. Este artículo es un documento de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la **Licencia Creative Commons, Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.**



Abstract:

Growing concern about the degradation of agricultural and forest soils has prompted the use of bioindicators to assess their quality and health. This study evaluated the population structure of free-living nematodes associated with cocoa and teak production systems in two locations (Quevedo and El Empalme). Rhizospheric soil sampling was carried out, extracting nematodes by centrifugation and sugar flotation techniques, and then classifying individuals into trophic groups and calculating maturity, diversity and structure indices. The results showed a high abundance of phytoparasitic genera, especially Meloidogyne, and the presence of beneficial genera such as Mononchus and Dorylaimus. Differences in diversity and maturity indices were observed among localities, reflecting variations in soil quality associated with land use systems, the higher representation of opportunistic genera in certain systems suggests a degree of environmental disturbance related to management practices, it can be concluded that the analysis of nematode populations provides accurate and relevant information for the diagnosis of soil health in agroecosystems and tropical forest ecosystems.

Keywords: biological indicators, trophic networks, genetic diversity.

1. Introducción

La evaluación del estado de los ecosistemas y de las presiones que los afectan mediante indicadores ambientales se ha consolidado como un eje prioritario en los estudios de conservación y gestión ambiental, entre los organismos propuestos como bioindicadores, los nematodos han captado especial atención debido a su ubicuidad y a su papel fundamental en la funcionalidad de los ecosistemas. Su dinámica poblacional responde de manera predecible a las perturbaciones ambientales, correlacionándose estos cambios con parámetros esenciales del funcionamiento ecosistémico. Paralelamente, se han desarrollado índices que permiten describir la diversidad, la estructura poblacional y la sucesión ecológica (Varela, 2014).

La pérdida acelerada de biodiversidad, resultado de actividades antrópicas tanto directas como indirectas, ha generado un creciente interés mundial en el desarrollo de métodos eficaces para evaluar el estado de los sistemas ecológicos. Esta preocupación ha reforzado la importancia de los bioindicadores como herramientas prácticas para fines de conservación, manejo y monitoreo ambiental (Moreno, 2010).

La evaluación de la abundancia y la estructura funcional de las poblaciones de nematodos del suelo ha demostrado ser una estrategia efectiva para medir in situ los factores que alteran la dinámica edáfica. Su aplicación permite detectar cambios en la calidad del suelo, la biodiversidad, la perturbación y la sostenibilidad productiva de los ecosistemas agrícolas y forestales (Romero et al., 2016).

El desarrollo de modelos que consideran las estrategias de supervivencia de los nematodos, diferenciándolos en colonizadores oportunistas y persistentes de ecosistemas estables, ha perfeccionado su uso como indicadores de las condiciones ambientales del suelo (Varela, 2014). El avance de las técnicas de secuenciación genética ha ampliado el potencial de los nematodos como herramientas de monitoreo ambiental, permitiendo evaluaciones más precisas y eficientes a nivel nacional e internacional (Sánchez-Moreno & Talavera, 2013).

La medición de la diversidad biológica en ecosistemas terrestres, a través del análisis de poblaciones de nematodos, ofrece información crítica para la conservación de taxones amenazados y para la evaluación del impacto de las perturbaciones antrópicas (Moreno, 2010). La composición taxonómica y funcional de las poblaciones de nematodos se ha establecido como un indicador sensible frente a alteraciones como la deforestación, el uso de agroquímicos, la disposición de desechos y el manejo intensivo de los suelos, afectando la riqueza específica, la estructura trófica y el proceso sucesional de los ecosistemas (Castilla et al., 2017).

Considerando que aproximadamente el veinticinco por ciento de la biodiversidad global reside en los suelos, y dado su rol fundamental en la provisión de servicios ecosistémicos, se destaca la necesidad urgente de intensificar los estudios sobre la biota edáfica para su conservación y para contribuir a la mitigación del cambio climático (Ferris et al., 2014).

En este marco, la diversidad de nematodos ha emergido como un indicador sensible y eficiente para la evaluación de la calidad de suelos y sedimentos acuáticos, reafirmando su utilidad en la monitorización de procesos ecológicos y en la gestión sostenible de los recursos naturales (Hernández, 2013).

2. Materiales y métodos

El presente estudio se desarrolló en las localidades de Quevedo, provincia de Los Ríos, y El Empalme, provincia del Guayas, Ecuador. La ubicación geográfica de Quevedo corresponde a 01°06'48" latitud norte y 79°29'06" longitud oeste, a una altitud de 64 metros sobre el nivel del mar; mientras que El Empalme se sitúa en 01°06'24" latitud sur y 79°29'70" longitud oeste, a 77 metros de altitud. La investigación se enfocó en sistemas agrícolas de cacao y sistemas forestales de teca.

El diseño experimental utilizado correspondió a un bloque completo al azar (BCA) con un arreglo factorial 2 × 2, conformado por cuatro tratamientos y cuatro repeticiones (T1 = El Empalme - Teca, T2 = El Empalme - Cacao), T3 = Quevedo - Teca, T4 = Quevedo - Cacao). En cada localidad se establecieron dos parcelas de 5 × 5 metros (25 m²), una en plantaciones de cacao y otra en plantaciones de teca. De cada parcela se obtuvieron tres submuestras de suelo rizosférico.

La investigación se clasificó como un estudio de tipo descriptivo-explicativo, de nivel correlacional y de modalidad de campo. La población de estudio correspondió a los nematodos edáficos presentes en los suelos de las plantaciones seleccionadas. Los criterios de inclusión fueron suelos cultivados exclusivamente con cacao o teca bajo manejo convencional. No se reportaron criterios de exclusión ni eliminación en el protocolo. La extracción de los nematodos se realizó mediante la técnica de centrifugación y flotación en solución de azúcar, procedimiento ampliamente validado para estudios de nematofauna. Posteriormente, los nematodos fueron clasificados en grupos tróficos basados en su aparato bucal y hábito alimenticio, considerando las categorías de bacteriófagos, fungívoros, omnívoros, depredadores y fitoparásitos.

Se determinaron los siguientes indicadores ecológicos: índice de madurez (MI), índices de diversidad biológica (Shannon-Wiener, riqueza, equidad, dominancia) y el índice de estructura de la red trófica. El índice de madurez se calculó de acuerdo con el modelo propuesto por Bongers (1985), utilizando la fórmula que relaciona la frecuencia relativa de los géneros y sus valores en la escala colonizador-persistente (c-p). Los índices de diversidad se calcularon conforme a Shannon y Weaver, mientras que el índice de estructura siguió la metodología de Ferris et al. (2014).

El análisis estadístico de los datos se efectuó mediante un análisis de varianza factorial, utilizando el paquete estadístico Ninja. Se evaluaron los efectos simples e interacciones entre los factores sistema de producción (cacao y teca) y localidad (Quevedo y El Empalme) sobre los indicadores nematológicos.

Desde el punto de vista ético, el estudio no involucró experimentación directa con seres humanos ni con especies en peligro de extinción, la toma de muestras se realizó con autorización verbal de los propietarios de los terrenos agrícolas, respetando la normativa local de acceso a recursos biológicos, no fue necesario recurrir a un comité de ética formal, dado el carácter estrictamente edáfico de la investigación.

3. Resultados

3.1. Estrategias tróficas de nematodos según el gradiente colonizador-persistente.

De las cuatro fincas muestreadas se obtuvo un resultado de 8 géneros que se distribuyeron de la siguiente manera. El sistema de producción influye sobre la abundancia en los géneros de nematodos ($p > 0.01$), y para el factor Localidad no encontró diferencias significativas para los géneros de nematodos. No existen diferencias significativas entre los dos sistemas de cultivo y las localidades para ninguno de los géneros de nematodos (Tabla 1). Estos géneros tienen gran capacidad de adaptación a diversos ambientes y sus largos ciclos de vida en algunas especies, posibilitan su presencia durante todo el. Además, algunas especies influyen en la transformación de residuos biodegradables, especialmente la materia orgánica

depositada sobre la superficie del suelo, la cual es incorporada al sistema edáfico, lo que facilita la infiltración y aireación del suelo.

Tabla 1

Efecto combinado de sistema de producción y localidad mediante análisis de varianza factorial

Géneros	Factor	Cuadrado medio	Fc	p-valor
Helicotylenchus	Localidad	78.13	0.06	0.81
	Sistema de Producción	106953.13	77.91	0.00
	Localidad * Sistema de Producción	78.13	0.06	0.81
Tylenchus	Localidad	703.13	0.06	0.81
	Sistema de Producción	290703.13	25.66	0.00
	Localidad * Sistema de Producción	34453.13	3.04	0.09
Mononchus	Localidad	0.00	0.00	1.00
	Sistema de Producción	80000.00	47.79	0.00
	Localidad * Sistema de Producción	312.00	0.19	0.67
Criconemoides	Localidad	11250.00	4.67	0.04
	Sistema de Producción	20000.00	830.00	0.01
	Localidad * Sistema de Producción	11250.00	4.67	0.04
Meloidogyne	Localidad	75078.13	1.57	0.22
	Sistema de Producción	962578.13	20.14	0.01
	Localidad * Sistema de Producción	17578.13	0.37	0.55
Hemicycliophora	Localidad	1953.13	1.38	0.25
	Sistema de Producción	9453.13	6.67	0.15
	Localidad * Sistema de Producción	1953.13	1.38	0.25
Dorylaimus	Localidad	703.13	0.47	0.50
	Sistema de Producción	56953.13	37.80	0.00
	Localidad * Sistema de Producción	703.13	0.47	0.50
Mesorhabditis	Localidad	1953.13	1.10	0.30
	Sistema de Producción	56953.13	32.09	0.00
	Localidad * Sistema de Producción	1953.13	1.10	0.30

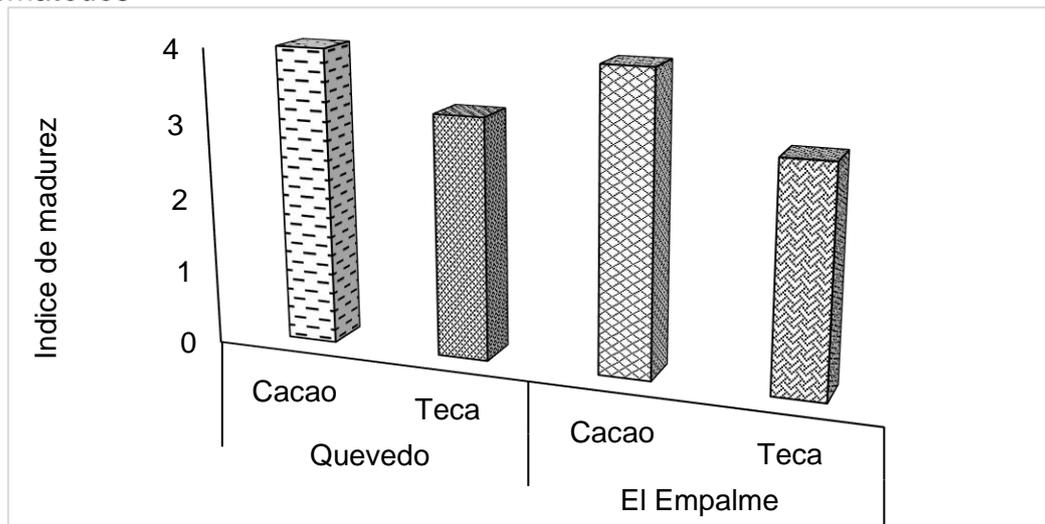
Nota: Autores (2025).

Índices de madurez

Este índice permite determinar el grado de conservación o perturbación de cada sistema agrícola, en la Figura 1, se aprecia que las fincas que presentaron mayor índice de madurez son las que tienen cultivo de cacao tanto de Quevedo y El Empalme manifestando valores altos de nematodos con 4.00, denotando suelos ricos en humus, mientras que en las diferentes fincas con plantaciones de teca se pudo observar valores entre 3.01 a 3.04, respectivamente.

Figura 1

Efecto del sistema de producción y localidad sobre los valores del índice de madurez de nematodos



Nota: $MI = S \sum v_i p_i$, donde v_i es el valor c-p en el taxón i y p_i es la proporción del taxón en la muestra (Autores, 2025).

Índices de diversidad biológica en Abundancia, riqueza, similitud y dominancia

Se contabilizó un total de 6.500 individuos en las plantaciones de cacao y 7.750 en la plantación de teca en la localidad de El Empalme, en la localidad de Quevedo se contabilizó menor cantidad de individuos 2.250 (cacao) y 2.300 (teca). Los valores del índice de Simpson (1-D) entre Quevedo y El Empalme oscilaron entre 0.71 y 0.75 en el cultivo de cacao y de 0.68 y 0.70 en la plantación de teca. Este índice mide la posibilidad de dominancia de una especie y de una población; cuando su valor se acerca a 1, mayor es el equilibrio en la diversidad de un hábitat, los valores de Shannon_H en cacao y teca tuvieron valores oscilantes entre 1.32 y 1.49. Mientras Evenness_e^H/S y Equitability_J oscilaron valores entre 0.70 a 0.92 (Tabla 2)

Tabla 2

Índices de diversidad biológica de nematodos en función del sistema de producción y localidad

Índices de diversidad	Quevedo		El Empalme	
	Cacao	Teca	Cacao	Teca
Número de individuos	2250.00	2300.00	6500.00	7750.00
Simpson_1-D	0.71	0.70	0.75	0.68
Shannon_H	1.44	1.32	1.49	1.34
Evenness_e^H/S	0.70	0.75	0.88	0.77
Equitability_J	0.80	0.82	0.92	0.83

Nota: (Autores, 2025).

3.2. Número de nematodos registrados en las localidades evaluadas

Evenness_e^H/ muestra una mayor diversidad de presencia de nematodos con 3.87 mientras que El Empalme cuenta con un valor de 3.68. La localidad El Empalme tiene un valor ligeramente mayor en los diferentes índices como Simpson_1D, Shannon_H y Equitability_J donde sus valores oscilaron entre 0.57 a 1.14. El Empalme muestra una mayor diversidad de especies y una distribución más equitativa de individuos. La

localidad Quevedo tiene una distribución más uniforme de individuos entre las especies, lo que puede indicar una competencia más equitativa de especies (Tabla 3).

Tabla 3

Índices de diversidad biológica de Simpson (1-D), Shannon_H, Riqueza (e^H/S) y Equidad (J) en función de la cantidad de nematodos encontrados en las localidades

Localidad	Simpson_1-D	Shannon_H	Evenness_e ^H /S	Equitability_J
Quevedo	0.57 a	1.04 a	3.87 a	0.82 a
El Empalme	0.63 a	1.14 a	3.68 a	0.89 a

Nota: Letras diferentes en la misma columna indica diferencias significativas (Autores, 2025).

Índice de estructura

En cuanto a los índices de diversidad biológica, en la Tabla 4 se puede observar la especie con mayor presencia en los cultivos fue *Meloidogyne*, con 6.750 individuos, mientras que la de menor presencia fue *Hemicycliophora*, con tan solo 550 individuos. Los valores del índice de Simpson (1-D) variaron entre 0.79 para *Hemicycliophora* y 0.93 para las especies *Helicotylenchus*, *Tylenchus* y *Mononchus*. Este índice mide la posibilidad de dominancia de una especie y de una población; cuando su valor se acerca a 1, mayor es el equilibrio en la diversidad de un hábitat. El índice de Shannon_H fluctuó entre 2.86 para *Tylenchus* y 1.60 para *Hemicycliophora*. En cuanto a Evenness_e^H y Equitability la especie *Meloidogyne* tuvo de 0.69 y 0.88 mientras *Hemicycliophora* tuvo valores de 0.99.

Tabla 4

Índices de diversidad (Simpson, Shannon-Wiener, riqueza y equidad) según la abundancia de nematodos observados

Especies	Individuos	Simpson_1-D	Shannon_H	Evenness_e ^H	Equitability_J
<i>Helicotylenchus</i>	1850	0.93	2.70	0.93	0.97
<i>Tylenchus</i>	4250	0.93	2.86	0.87	0.95
<i>Mononchus</i>	1900	0.93	2.83	0.89	0.96
<i>Criconemoides</i>	800	0.80	1.67	0.89	0.93
<i>Meloidogyne</i>	6750	0.92	2.76	0.69	0.88
<i>Hemicriconemoides</i>	550	0.79	1.60	0.90	0.99
<i>Dorylaimus</i>	1350	0.91	2.62	0.85	0.94
<i>Mesorhabditis</i>	1350	0.91	2.58	0.83	0.93

Nota: Autores (2025).

3.3. Nematodos observados en los sistemas de producción

La plantación de Teca tiene una mayor diversidad y una distribución más equitativa de individuos entre las especies, donde Evenness_e^H/ tuvo mayor presencia de nematodos en el cultivo de teca con 5.0, mientras que el cultivo de cacao tuvo 2.5. En el índice de Simpson Simpson_1-D, Shannon_H y Equitability_J, tuvieron valores que oscilaron de 0.52 a 1.35 (Tabla 5)

Tabla 5

Efectos simples de los índices de diversidad biológica

Sistemas productivos	Simpson_1-D	Shannon_H	Evenness_e ^H /S	Equitability_J
Cacao	0.52 a	0.83 b	2.5 b	0.88 a
Teca	0.68 b	1.35 a	5.0 a	0.84 a

Nota: Autores (2025).

Abundancia de géneros de nematodos en suelos de cacao y teca según localidad

De acuerdo con el análisis estadístico se evidencia que el género con mayor presencia en cacao es *Helicotylenchus*, con una abundancia de 900 individuos en Quevedo y 950 individuos en El Empalme. Y con menor presencia en el cultivo de cacao es *Dorylaimus* y *Mesorhabditis* ya que no se encontraron individuos de este género en ninguna de las localidades. En el cultivo de teca podemos evidenciar que el género con mayor presencia es *Meloidogyne* con una abundancia de 3.650 individuos en Quevedo y 2.500 individuos en El Empalme. Y el género con menor presencia en el cultivo de teca son *Helicotylenchus*, *Criconemoides* y *Hemicycliophora*, ya que no se encontraron individuos de estos géneros en ninguna de las localidades (Tabla 6).

Tabla 6

Abundancia de nematodos por género en las localidades y sistemas de producción estudiados

Generos	Quevedo		El Empalme	
	Cacao	Teca	Cacao	Teca
<i>Helicotylenchus</i>	900.00	0.00	950.00	0.00
<i>Tylenchus</i>	0.00	2050.00	600.00	1600.00
<i>Mononchus</i>	50.00	900.00	100.00	850.00
<i>Criconemoides</i>	700.00	0.00	100.00	0.00
<i>Meloidogyne</i>	500.00	3650.00	100.00	2500.00
<i>Hemicycliophora</i>	150.00	0.00	400.00	0.00
<i>Dorylaimus</i>	0.00	600.00	0.00	750.00
<i>Mesorhabditis</i>	0.00	550.00	0.00	800.00

Nota: Autores (2025).

4. Discusión

El análisis de los grupos tróficos de nematodos basado en la escala colonizador–persistente (c-p) constituye una herramienta fundamental para comprender la dinámica de las comunidades biológicas y su respuesta a los cambios ambientales. Los grupos c-p reflejan distintas estrategias de supervivencia, asignándose a los nematodos colonizadores el valor 1 y a los persistentes el valor 5 en dicha escala (Ferris et al., 2014).

Azpilicuenta & Aruani (2016) señalan que una mayor abundancia de nematodos omnívoros incrementa la actividad microbiana, favoreciendo la mineralización y, en consecuencia, la disponibilidad de nitrógeno para los cultivos, lo cual concuerda con la alta presencia del género *Mononchus* observada en los cultivos evaluados ($P = 1.0$). Esta elevada representación se explica, como argumentan Yeates & Boag (2016), por el mayor aporte de materia orgánica en cultivos manejados orgánicamente. Asimismo, Yeates & Bongers (1999) destaca la importancia de *Mononchus* como indicador biológico de la calidad del suelo en agroecosistemas, dada su función en el reciclaje de nutrientes.

Respecto al índice de madurez (MI), se observan diferencias entre los sistemas de producción, donde el cultivo de cacao presenta un valor de 4.0, superior al registrado en los suelos de teca. Castilla et al. (2017) afirman que suelos con índices cercanos a 4.0 se asocian a poblaciones de nematodos con estrategias tipo K o persistentes (p), característicos de ambientes estabilizados y deseables para la producción agrícola. Este índice, propuesto inicialmente por Bongers (1985) y posteriormente desarrollado por Bongers & Bongers (1998), integra las estrategias de vida de los nematodos para reflejar el estado ecológico del suelo.

Bongers (1995) propone el índice de madurez como un valor semicuantitativo que combina el valor c-p de cada taxón y su frecuencia en la muestra, indicando un mejor estado ecológico cuando predominan grupos sensibles a la perturbación. Generalmente, valores inferiores a 2.0 son característicos de sistemas enriquecidos y perturbados, mientras que valores cercanos a 4.0 corresponden a ambientes prístinos. Las prácticas agrícolas, como la incorporación de materia orgánica, estimulan la proliferación de especies oportunistas, afectando este índice (Ferris et al., 2014). En este estudio, las fincas de cacao presentan un índice de madurez de 4.0, lo que sugiere un ambiente relativamente estable y favorable para el cultivo.

En cuanto a los índices de diversidad biológica, se registran altos valores de Simpson (1-D), Shannon-Wiener (H'), riqueza específica ($e^{H/S}$) y equidad de Pielou (J), observándose una diversidad considerable tanto en cultivos de cacao como de teca, con un total de 7.750 individuos muestreados. Estos resultados concuerdan con Diago (2013), quien señala que los índices de diversidad son herramientas esenciales para evaluar la estructura y equidad de las comunidades de nematodos, fundamentales para orientar estrategias de conservación y manejo. De acuerdo con la jerarquía de riqueza de Shannon, los valores obtenidos se sitúan dentro de un rango de diversidad aceptable (Magurran, 1988).

El análisis del índice de estructura muestra una elevada presencia del género *Meloidogyne*, con 6.750 individuos registrados. Este índice describe el grado de complejidad trófica en el suelo, aumentando en ecosistemas estructurados y disminuyendo en suelos degradados, agroecosistemas saludables, caracterizados por altos valores del índice de estructura y de enriquecimiento, presentan una buena fertilidad y capacidad de supresión de especies plaga. Sin embargo, el manejo agrícola suele reducir estos valores, afectando especialmente a predadores y omnívoros, como se observa en el presente estudio (Ferris et al., 2014).

Aunque se espera encontrar una relación entre el índice de estructura y la densidad de nematodos fitoparásitos, no se observa tal asociación. Ferris et al. (2014) indican que esta correlación no siempre se mantiene en todos los sistemas agrícolas, posiblemente debido a la influencia de otros organismos en el control de fitoparásitos (Riches et al., 2012).

Leguizamó y Parada (2008) sostienen que el tipo de uso y manejo del suelo afecta directamente la diversidad biológica y, en consecuencia, la estructura de las

comunidades de nematodos, hallazgo que coincide con los resultados de esta investigación.

El análisis estadístico muestra una interacción no significativa entre cultivos y población de nematodos, destacándose la presencia del género *Helicotylenchus* con 900 a 950 individuos en las dos localidades. *Helicotylenchus* es considerado de gran importancia agrícola, dado su hábito endo y ectoparasítico migratorio y su capacidad para alimentarse de raíces (Crozzoli, 2002). La abundancia de este género, como ectoparásito migratorio, está determinada por el vigor de las plantas hospederas (Bongers, 1985), situación observada en esta investigación donde *Helicotylenchus* se presenta como la especie dominante del ecosistema evaluado.

En cacao, el género más abundante es *Helicotylenchus*, con 900 individuos en Quevedo y 950 en El Empalme, mientras que *Dorylaimus* y *Mesorhabditis* no fueron encontrados en ninguna localidad. En plantaciones de teca, *Meloidogyne* destaca con una abundancia de 3.650 individuos en Quevedo y 2.500 en El Empalme. Las especies de *Meloidogyne* son particularmente importantes en zonas tropicales y subtropicales, donde las condiciones climáticas y prácticas agrícolas favorecen su desarrollo (Luc et al., 2005). Los nematodos de la clase Adenophorea son considerados indicadores de estabilidad y ausencia de contaminantes, dada su cutícula más permeable que la de los nematodos del orden Tylenchida, lo que limita su desarrollo en ambientes contaminados (Bongers & Bongers, 1998). Estos hallazgos son congruentes con los resultados obtenidos, donde *Helicotylenchus* y *Meloidogyne* presentan altas poblaciones. La elevada presencia de estas especies sugiere que los ecosistemas evaluados son ambientes enriquecidos y de baja influencia antrópica, en concordancia con la investigación de Leguizamo y Parada (2008), quienes reportan que en ecosistemas conservados se mantiene una mayor diversidad edáfica que en áreas sometidas a cultivos intensivos.

5. Conclusiones

El estudio evidencia diferencias en la abundancia de géneros de nematodos entre cultivos, destacándose (*Meloidogyne*) como el género más abundante en Quevedo. La presencia de altos niveles de materia orgánica, producto de restos vegetales, crea condiciones propicias para mantener una elevada diversidad de nematodos, contribuyendo a evitar procesos de degradación o contaminación del suelo, se observa que las fincas de cacao presentan mayores índices de madurez y diversidad de nematodos en comparación con las plantaciones de teca.

Los índices de diversidad biológica, como Simpson (1-D) y Shannon-H, son superiores en los sistemas agrícolas de cacao, indicando mayor equidad y estabilidad en la composición de las comunidades nematológicas, se debe implementar monitoreos regulares de estas comunidades para detectar cambios en la biodiversidad edáfica.

CONFLICTO DE INTERESES

“Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses”.

Referencias Bibliográficas

- Azpilicueta, C. V., & Aruani, M. C. (2016). Nematodos: ¿ qué beneficios aportan al suelo?. Experticia. Facultad de Ciencias Agrarias–Universidad Nacional de Cuyo, (5). https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/18537/14-azpilicueta-claudia-viviana-y-aruani-mara-cristina..pdf
- Bongers, T. (1985). Dutch forest nematodes. *Nematologica*, 31(3), 356–357. <https://doi.org/10.1163/187529285X00436>
- Bongers, T., & Bongers, M. (1998). Functional diversity of nematodes. *Applied Soil Ecology*, 10(3), 239–251. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(98\)00123-1](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(98)00123-1)
- Castilla-Díaz, E. E., Millán-Romero, E., Mercado-Ordoñez, J., & Millán-Páramo, C. (2017). Relación de parámetros edáficos sobre la diversidad y distribución espacial de nematodos de vida libre. *Revista Tecnología en Marcha*, 30(3), 24–34. <https://doi.org/10.18845/tm.v30i3.3270>
- Crozzoli, R. (2002). Especies de nematodos fitoparasíticos en Venezuela. *Interciencia*, 27(7), 354–364. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33907004.pdf>
- Diago, O. (2013). Metodologías dialógicas para el fortalecimiento etnoeducativo y la conservación ambiental entre pueblos ancestrales caucanos en procesos de resistencia. *El diálogo de saberes*, 85, 1–20. https://www.researchgate.net/publication/340310256_Metodologias_dialogicas_para_el_fortalecimiento_etnoeducativo_y_la_conservacion_ambiental_entre_pueblos_ancestrales_caucanos_en_procesos_de_resistencia_85
- Ferris, H., Griffiths, B. S., Porazinska, D. L., Powers, T. O., Wang, K.-H., & Tenuta, M. (2014). Reflections on plant and soil nematode ecology: Past, present and future. *Journal of Nematology*, 44(2), 115–126. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23482864/>
- Hernández, A. E. (2013). *Nematodos como indicadores ambientales* [Material didáctico]. Universidad Nacional de Costa Rica (UNA). <https://repositorio.una.ac.cr/items/7aa2ebd0-2b20-44eb-9345-148357a86d9c>
- Leguizamó, M. C., & Parada, J. C. (2008). Nematodos del suelo en el sistema maíz–soya y en hábitats naturales adyacentes de la Altillanura colombiana (Meta). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 9(1), 61–65. <https://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/105>
- Luc, M., Sikora, R. A., & Bridge, J. (2005). *Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture* (2.^a ed., pp. 1–871). CABI Publishing. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/2021-09/34395.pdf

- Magurran, A. E. (1988). Diversity indices and species abundance models. In *Ecological diversity and its measurement* (pp. 7–45). Princeton University Press. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-94-015-7358-0>
- Molina, E. L. M. (2011). *Biodiversidad de nematodos en suelos de ambientes cultivados, ecotono y bosque prístino y su potencial para controlar chisas (Coleoptera: Melolonthidae)* [Tesis doctoral, Escuela Politécnica del Ejército].
- Moreno, C. E. (2010). *Métodos para medir la biodiversidad* (Vol. 1). Manuales y tesis SEA.
- Riches, J. R., Read, R. W., Black, R. M., Cooper, N. J., & Timperley, C. M. (2012). Analysis of clothing and urine from Moscow theatre siege casualties reveals carfentanil and remifentanil use. *Journal of Analytical Toxicology*, 36(9), 647–656. <https://doi.org/10.1093/jat/bks078>
- Romero, E. M., Castilla Díaz, E. E., & Millán Páramo, C. (2016). Comunidades de nematodos de vida libre del suelo y su correspondencia con la calidad. *Ingeniería y Región*, 16, 25–34. <https://doi.org/10.25054/22161325.1282>
- Sánchez-Moreno, S., & Talavera, M. (2013). Los nematodos como indicadores ambientales en agroecosistemas. *Ecosistemas*, 22(1), 50–55. <https://rua.ua.es/dspace/handle/10045/28126>
- Varela-Benavides, I. (2014). Las comunidades de nematodos como indicadores ambientales. *Revista Tecnología en Marcha*, 27(30), 1–12. <https://doi.org/10.18845/tm.v0i0.1653>
- Yeates, G. W., & Boag, B. (2016). Female size shows similar trends in all clades of the Phylum Nematoda. *Nematology*, 8, 111–127. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00033-X](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00033-X)
- Yeates, G. W., & Bongers, T. (1999). Nematode diversity in agroecosystems. In G. W. Barrett & T. L. Barrett (Eds.), *Invertebrate biodiversity as bioindicators of sustainable landscapes* (pp. 113–135). <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-50019-9.50010-8>