



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), julio-agosto 2024,
Volumen 8, Número 4.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4

**ANÁLISIS AGROECOLÓGICO A PARTIR DE LA
COMUNIDAD DE NEMATODOS EN EL CULTIVO
DE CACAO- THEOBROMA CACAO L., EN DOS
LOCALIDADES DEL TRÓPICO ECUATORIANO**

**AGROECOLOGICAL ANALYSIS FROM THE
NEMATODE COMMUNITY IN COCOA CULTIVATION
THEOBROMA CACAO L., IN TWO LOCALITIES OF
THE ECUADORIAN TROPICS**

José Misael Vélez Urbano

Instituto Superior Tecnológico Ismael Pérez Pazmiño, Ecuador

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12517

Análisis Agroecológico a partir de la Comunidad de Nematodos en el Cultivo de Cacao- *Theobroma Cacao L.*, en dos Localidades del Trópico Ecuatoriano

José Misael Vélez Urbano¹

josemisael12@yahoo.es

<https://orcid.org/0009-0006-0144-4692>

Instituto Superior Tecnológico Ismael Pérez Pazmiño

Machala – Ecuador

RESUMEN

El presente trabajo surge como una iniciativa de evaluación a la comunidad de nematodos como indicadores agroecológicos de dos sistemas agrícolas tropicales, en la Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas y en la Provincia de Los Ríos. Se muestrearon dos fincas en cada localidad con diferente manejo agronómico (agroecológico y convencional), se tomaron muestras de suelo por el método del transecto en zigzag en las que se midieron parámetros químicos del suelo y la composición de las comunidades de nematodos en cada uno de los sistemas. Se estimó la biodiversidad existente mediante indicadores ecológicos de Simpson (1-D), considerando sus tres componentes que se enfocan en la Dominancia (D), Riqueza (e^H/S) y Equidad (J), la sucesión ecológica de cada localidad fue evaluada por el índice de madurez (IM), los cálculos se los realizó en el paquete estadístico *ninja*. Los resultados determinaron la presencia de cinco géneros de nematodos fitoparásitos y un género depredador identificado como *Mononchus sp.*, se encontró que la riqueza de los grupos taxonómicos y el número de especies, tiene una relación íntima con el porcentaje de materia orgánica. La elevada presencia de restos vegetales en los sistemas asociados de las dos localidades, proveen un alto contenido de materia orgánica, que genera condiciones propicias para mantener una alta diversidad y abundancia de nematodos de vida libre, obteniendo así índices de madurez superiores, demostrando una mejor calidad de suelo.

Palabras clave: nematodos., fitoparásitos., indicadores ecológicos

¹ Autor principal

Correspondencia: josemisael12@yahoo.es

Agroecological Analysis from the Nematode Community in Cocoa Cultivation - *Theobroma Cacao* L., in two Localities of the Ecuadorian Tropics

ABSTRACT

The present work arises as an initiative to evaluate the nematode community as agroecological indicators of two tropical agricultural systems, in the Province of Santo Domingo de los Tsáchilas and in the Province of Los Ríos. Two farms were sampled in each location with different agronomic management (agroecological and conventional), soil samples were taken by the zigzag transect method in which chemical parameters of the soil and the composition of the nematode communities in each of them were measured. The existing biodiversity was estimated using Simpson's ecological indicators (1-D), considering its three components that focus on Dominance (D), Richness (e^H/S) and Equity (J), the ecological succession of each locality. It was evaluated by the maturity index (MI), the calculations were carried out in the Ninja statistical package. The results determined the presence of five genera of phytoparasitic nematodes and a predatory genus identified as *Mononchus* sp., it was found that the richness of the taxonomic groups and the number of species has an intimate relationship with the percentage of organic matter. The high presence of plant remains in the associated systems of the two localities provides a high content of organic matter, which generates favorable conditions to maintain a high diversity and abundance of free-living nematodes, thus obtaining higher maturity indices, demonstrating a better soil quality.

Keywords: nematodes, phytoparasites, ecological indicators

Artículo recibido 17 junio 2024
Aceptado para publicación: 19 julio 2024



INTRODUCCIÓN

Ecuador es catalogado como líder de la producción de cacao fino de aroma, tiene una participación del 62% del mercado mundial, dando sostenibilidad económica a más de cien mil familias que practican este cultivo. Sin embargo, mantiene bajos niveles de productividad (CEPAL, 2015). Según cifras del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), en el año 2012 reportan que la superficie cultivada de cacao fue de aproximadamente 507.722 hectáreas, de las cuales el 84% es cultivado como monocultivo y el restante de manera asociada, la producción promedio es de 1.330.323 Tm (toneladas métricas).

La mayor producción cacaotera de nuestro país se ubica en las zonas de: Guayas, Los Ríos, Manabí, Esmeraldas, en donde se produce el cacao “nacional o fino de aroma”, y en los últimos diez años ha tomado un crecimiento exponencial el cultivo de la variedad (CCN51), por presentar cierta resistencia al ataque de plagas y enfermedades (Parker et al., 2009).

A pesar de que el país está bien posesionado a nivel mundial, aparecen ciertas dificultades que afrontan los cacaoteros locales, Sellan et al. (2019) detallan que el desconocimiento del valor real de su producto, la constante mutación de plagas y enfermedades, y la falta de asociatividad, son factores que desmotivan a los agricultores. Estas circunstancias los obliga a emplear prácticas inadecuadas en sus cultivos y hasta la sustitución de los mismos, afectando la economía campesina y desequilibrando las cifras de este cultivo tradicional y representativo del Ecuador.

Estas prácticas inadecuadas que adoptan los agricultores en sistemas de producción intensivos afectan en gran manera al agroecosistema, lo que ocasiona pérdida de fertilidad de suelo, humedad disponible, reciclaje de nutrientes, diversidad genética y desequilibrio de los ecosistemas naturales (Moreno et al., 2013). Estas modificaciones de las características del suelo, también afectan la composición de la mesofauna existente, provocando desbalances en las poblaciones, provocando un aumento de microorganismos fitopatógenos, afectando la productividad y la economía del campesinado.

Por otro lado, los sistemas de producción bajo modelos agroecológicos son más limpios y menos dependientes de prácticas agronómicas anti técnicas y de productos químicos. Estos sistemas buscan un balance en las poblaciones de los microorganismos de suelo, simulando un sistema natural.

La agroecología es una propuesta que fusiona los conocimientos ancestrales y tradicionales con el objeto de promover formas sostenibles de gestión de recursos naturales, fomentando el desarrollo rural sustentable, fortaleciendo redes tanto económicas como sociales, desarrollando técnicas de manejo agrario basadas en la restauración o recuperación de la fertilidad de los suelos con el objeto de mejorar la biodiversidad y la eficiencia en el uso de los recursos rurales (López et al., 2010).

La degradación, la perturbación y la rehabilitación de los suelos agrícolas, pueden ser estudiadas a través de la composición de las comunidades de microorganismos edáficos. Dichas poblaciones permiten predecir, evaluar y caracterizar los cambios ocasionados por las diferentes prácticas o métodos de producción en condiciones edafoclimáticas específicas, respondiendo al funcionamiento del agroecosistema productivo (Socarras, 2013).

Sánchez-Moreno et al. (2010), encontraron que el estudio de la nematofauna es una herramienta sostenible, ya que estos microorganismos como indicadores biológicos y ecológicos realizan importantes servicios ecosistémicos, como agentes de control y como bioindicadores y biomonitores de las condiciones del suelo. En la presente investigación se evaluaron las comunidades de nematodos presentes en dos fincas de dos localidades, con sistemas de producción de cacao, convencional (monocultivo) y cultivo asociado (cacao-plátano). Se determinó la biodiversidad, por medio de la abundancia y riqueza de especies presentes en los sistemas. Adicionalmente se evaluaron factores químicos del suelo que puedan influir sobre la comunidad de nematofauna. Todo con el objeto de establecer las bases para el desarrollo y comparación de indicadores de calidad de suelo entre los sistemas de producción. Por la demanda incrementada de alimentos a nivel mundial, existe la necesidad de intensificar la producción de los cultivos, así como también mejorar la economía de la población rural, esto conlleva a prácticas agro-culturales que causan varios problemas, como contaminación de suelo, agua, resistencia a los agrotóxicos, intoxicación humana, reducción de la biodiversidad.

Actualmente, existen pocas herramientas capaces de medir el impacto de las prácticas agrícolas sobre la diversidad del ecosistema edáfico. El estudio de los nematodos posee una importancia ecológica que los agricultores desconocen al momento. El análisis de las comunidades de nematodos es una estrategia sostenible para evaluar las condiciones ambientales de los agroecosistemas, ya que su dinámica poblacional, funcional y taxonómica que poseen en los suelos, los convierten en organismos clave para



identificar perturbaciones existentes, convirtiéndose en indicadores que permiten evaluar el efecto de las prácticas agronómicas, sin alterar la sostenibilidad y la calidad ambiental de los agroecosistemas.

METODOLOGÍA

Contenido

La investigación se realizó en la parroquia Luz de América, perteneciente al cantón Santo Domingo y en la parroquia Patricia Pilar, cantón Buena Fe, provincia de Los Ríos. Los muestreos fueron en fincas cacaoteras bajo dos sistemas de manejo agronómico (monocultivo y asociado) en cada localidad, el análisis químico y nematológico de suelo fueron ejecutados en el laboratorio AGROLAB y ANEMAGRO respectivamente. Se empleó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), dispuesto en arreglo factorial 2 x 2 con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones.

En cada finca se colectaron diez submuestras de suelo, a una profundidad de 0 a 20 centímetros, las mismas que se uniformizaron eliminando hojarasca y residuos de raíces, para obtener una muestra compuesta de aproximadamente un kilogramo. Una vez rotuladas las mismas se transportaron a los laboratorios nombrados en el párrafo anterior.

Los índices evaluados fueron: grupo trófico, índice de madurez, índice de diversidad biológica, índice de estructura y la relación patógeno beneficio. Se calcularon las medias de densidad total de nematodos de suelo por tipo de cultivo. Las familias identificadas se clasificaron por grupos tróficos. Los datos de índices ecológicos, densidad poblacional de nematodos fueron analizados por medio de un análisis de varianza y prueba LSD. Los análisis y gráficos se realizaron con el uso del programa estadístico Ninja. Se elaboró un análisis de componentes principales (biplot) para observar la relación entre la dinámica poblacional de nematodos, los sistemas de explotación y la localidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis químico de suelo

Según la prueba de comparación empleada a las localidades para observar la interacción de los macronutrientes entre los cuatro sistemas agrícolas estudiados, el NH₄ es mayor en el sistema monocultivo (*Theobroma cacao* L.) de la zona de Los Ríos con 17.42 ppm y en menor cantidad se posee el sistema asociado (*Theobroma cacao* L.) x (*Musa balbisiana*) de la zona de Santo Domingo con 13.52 ppm de Nitrógeno (NH₄).



Tabla 1. Valores del análisis de macronutrientes en el estudio agroecológicos de zonas y dos sistemas agrícolas

Localidades	Sistemas Agrícolas	NH4 (ppm)	Fósforo (ppm)	Potasio (meq/100ml)	Azufre (ppm)
	Asociado	13,52 d	5,91 d	0,37 a	7,78 d
Santo Domingo	Monocultivo	16,12 c	3,53 c	0,29 b	12,37 b
	Asociado	16,77 b	15,80 b	0,28 b	11,79 c
Los Ríos	Monocultivo	17,42 a	16,78 a	0,38 a	15,82 a
Coeficiente de variación (%)		0,10	0,16	3,27	0,10

El fósforo, potasio y azufre, en el sistema que se establece como monocultivo en la provincia de Los Ríos, se encuentra en mayor concentración que en los demás sistemas estudiados, siendo 16.78 ppm de P, 0.38 meq/100ml de K y 15.82 ppm de S, mientras que en el sistema agrícola que asocia el cultivo de cacao y plátano en Santo Domingo, se presentan los macronutrientes como el fósforo y el azufre en menor cantidad.

Micronutrientes

Referente a los micronutrientes estudiados, se encuentra que los niveles de calcio (Ca), son muy similares en tres sistemas agrícolas: LRas 10.50 (meq/100ml), LRmo 10.25 (meq/100ml) y SDas 12.00 (meq/100ml), mientras que en SDmo su disponibilidad es baja en comparación a los tres anteriores, con 7.00 (meq/100ml).

Tabla 2. Valores del análisis de micronutrientes en el estudio agroecológicos de zonas y dos sistemas agrícolas

Localidades	Sistemas Agrícolas	Calcio meq/100ml	Magnesio meq/100ml	Boro ppm	Hierro ppm	Zinc ppm	Manganes o ppm
Santo Domingo	Asociado	12,00 a	1,50 c	0,55 b	103,55 d	16,43 a	9,88 b
	Monocultivo	7,00 b	1,70 a	0,39 c	198,48 a	8,58 c	7,48 d
Los Ríos	Asociado	10,50 a	1,67 a	0,96 a	154,60 c	8,50 c	8,15 c
	Monocultivo	10,25 a	1,63 b	0,55 b	176,98 b	15,48 b	10,28 a
Coeficiente de variación %		12,91	1,00	1,99	0,89	2,73	1,56

El boro (B), se encuentra con una mejor disponibilidad en el sistema de cultivo asociado en la localidad de Los Ríos, con 0.96 (meq/100ml), seguido del sistema asociado en Santo Domingo y el monocultivo de Los Ríos, ambos con un 0.55 (meq/100ml), y el que menor cantidad de B disponible presenta es el sistema que se establece como monocultivo en la zona de Santo Domingo.

El hierro se presenta en mayor cantidad en los sistemas establecidos como monocultivos de las dos localidades, con 198.48 ppm en Santo Domingo y 176.98 ppm en zona de Los Ríos. En menor disponibilidad se encuentra este micronutriente en los sistemas asociados con 154.60 ppm y 103.55 ppm para la zona de Los Ríos y Santo Domingo respectivamente.

El zinc (Zn), con mayor disponibilidad lo encontramos con un valor de 16.43 ppm, en el sistema que asocia al cacao y plátano en la zona de Santo Domingo, mientras que el valor más bajo se encuentra el sistema asociado de la zona de Los Ríos con un valor de 8.50 ppm.

El manganeso (Mn), predomina la disponibilidad en el sistema que se establece como monocultivo en la zona de Los Ríos con 10.28 ppm, mientras que para el sistema asociado de esta misma localidad se encuentra en menor proporción con 8.15 ppm.

Relaciones Catiónicas

En el análisis de los valores relacionados a la interacción de las bases en los dos sistemas de cultivos, podemos evidenciar que el sistema que asocia (*Theobroma cacao L.*) x (*Musa balbisiana*) en la localidad de Santo Domingo alcanza un valor de 8.00 para Ca/Mg que supera al sistema establecido como monocultivo de la provincia de Los Ríos con 6.14 Ca/Mg, y un valor similar lo tiene el sistema asociado de la misma localidad 6.05 Ca/Mg, mientras que el valor más bajo se encuentra en el sistema monocultivo de la zona de Santo Domingo con un 4.39 de relación Ca/Mg.

Tabla 3. Valores de la interacción de las bases en los sistemas de cultivos de las dos localidades.

Localidades	Sistemas Agrícolas	Ca/Mg	Mg/k	(Ca+Mg) /K
Santo Domingo	Asociado	8,00 a	4,09 c	36,70 b
	Monocultivo	4,39 c	5,89 a	30,00 c
Los Ríos	Asociado	6,05 b	5,96 a	42,39 a
	Monocultivo	6,14 b	4,28 b	30,46 c
Coeficiente de variación (%)		7,78	1,33	2,12

En cuanto a la relación magnesio/potasio (Mg/K), valores muy similares se presentan en el sistema asociado en Los Ríos y en el sistema monocultivo de Santo Domingo con valores de 5.96 y 5.89 Mg/K respectivamente, seguido se encuentra el sistema que se establece como monocultivo en Los Ríos con un valor de 4.28 y finalizando se encuentra con un menor valor el sistema que asocia (*Theobroma cacao L.*) x (*Musa balbisiana*) en Santo Domingo con un valor de 4.09 Mg/K.

Otros indicadores del suelo

Referente al potencial de hidrogeno del suelo, en las dos localidades no se evidencia diferencia significativa los valores más altos se encuentran en el sistema que se establece como monocultivo de la localidad de Los Ríos y en Santo Domingo se ubica en el sistema asociado con un pH moderadamente acido de 5.97 para ambas.

Tabla 4. Valores de la interacción de potencial de hidrogeno, conductividad eléctrica y materia orgánica

Localidades	Sistemas Agrícolas	pH	Conductividad eléctrica	Materia orgánica (%)
Santo Domingo	Asociado	5,97 a	0,27 a	8,29 a
	Monocultivo	5,95 a	0,16 d	7,78 b
Los Ríos	Asociado	5,90 a	0,24 b	7,26 c
	Monocultivo	5,97 a	0,19 c	5,82 d
Coeficiente de variación (%)		0,87	4,34	0,22

Los valores de conductividad eléctrica presentan diferencias entre las localidades, el sistema que asocia cacao (*Theobroma cacao L.*) con plátano (*Musa balbisiana*), en las localidades de Santo Domingo y Los Ríos, se evidencian valores más altos con 0.27 ds/m y 0.24 ds/m, respectivamente. Seguidos se encuentran los sistemas que son manejados de manera convencional (monocultivo) con valores de 0.24 y 0.16 ds/m, para Los Ríos y Santo Domingo.

La dinámica de la materia orgánica en las diferentes localidades es muy marcada, si hablamos de los sistemas de Santo Domingo, se puede observar que para el sistema asociado existe un 8.29% y para el sistema que se maneja convencionalmente se encuentra un 7.78%, lo mismo se evidencia en la localidad de Los Ríos, el sistema que se maneja agroecológicamente posee un 7.26% de M.O, mientras que el sistema que el sistema convencional llega a un 5.28% es decir 1.98% menos que el anterior, evidenciando en esta parte que la diversidad de cultivos junto a prácticas agroecológicas, mejoran notablemente la fertilidad edáfica.

Densidad poblacional

Estos resultados determinaron la presencia de seis especies de nematodos, cinco de ellos fitoparásitos, siendo estos: *Helicotylenchus*, *Tylenchus*, *Criconemoides*, *Meloidogyne* y *Hemicycliophora*. Se encontró un género benéfico que se identifica como *Mononchus*. Podemos observar que los más frecuentes y abundantes tanto en la localidad de Santo Domingo como en Los Ríos, se encuentran

Helicotylenchus y Meloidogyne los mismos que se observan en el 100% de las muestras realizadas en el suelo, el género Tylenchus aparece exclusivamente en la localidad de Santo Domingo, en una densidad promedio de 300 nematodos/100cm³.

Hemicycliophora un nematodo fitoparásito muy dañino en muchos cultivos aparece en los sistemas que se manejan convencionalmente en Santo Domingo como en Los Ríos y que se establecen como monocultivo en ambas localidades, otro fitoparásito que se asocia al cultivo de cacao es Criconemoides, este se encontró en el sistema asociado de la zona de Santo Domingo, en una densidad promedio total de 100 nematodos/100cm³ y en una mayor cantidad se encuentra este mismo nematodo en los dos sistemas de la localidad de Los Ríos con un promedio de 425 nematodos/100cm³.

Observamos la presencia de un nematodo benéfico como lo es Mononchus, presente en las plantaciones que tienen un manejo no convencional y que a la vez se encuentran de manera asociada, dentro de la nematología agrícola se consideran de interés o benéficos porque estos realizan un control biológico ya que son depredadores, es decir se alimentan de otros géneros de nematodos, especialmente fitoparásitos, la densidad presente para la zona de Santo Domingo y Los Ríos es de 100 nematodos/100cm³ y 50 nematodos/100cm³ respectivamente.

Tabla 5. Densidad poblacional y diversidad de nematodos en suelos por sistema de cultivo y localidades, con error estándar (EE).

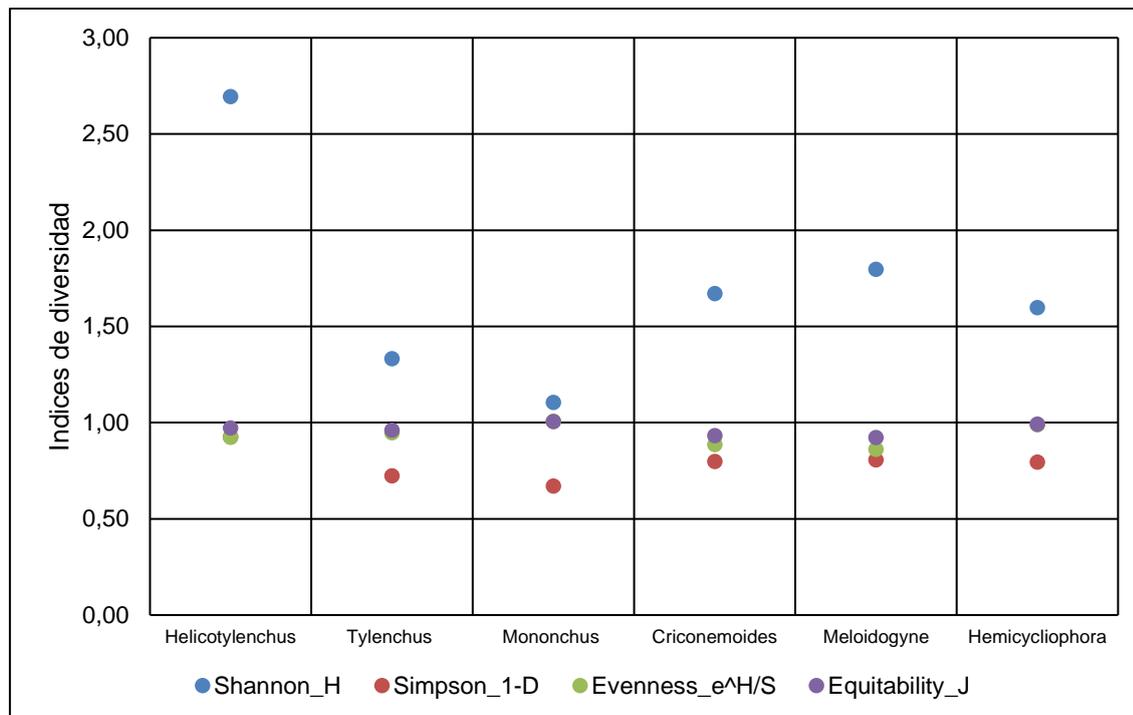
Géneros de nematodos	Santo Domingo				Los Ríos			
	Asociado	EE	Monocultivo	EE	Asociado	EE	Monocultivo	EE
Helicotylenchus	400,0	20,4	550,0	23,9	350,0	37,5	550,0	12,5
Tylenchus	300,0	47,8	300,0	47,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mononchus	100,0	14,4	0,0	0,00	50,0	0,0	0,0	12,5
Criconemoides	100,0	14,4	0,0	0,0	150,0	47,2	550,0	37,5
Meloidogyne	50,0	12,5	50,0	12,5	400,0	14,4	100,0	40,8
Hemicycliophora	0,0	0,0	400,0	0,0	0,0	37,5	150,0	0,0

Índices de diversidad biológica

Se puede observar en la figura 1, que el índice de Shannon_H, para el nematodo Helicotylenchus alcanza un 2.70, mientras que Meloidogyne alcanza 1.8 considerando una alta diversidad de estos dos géneros en el estudio.

El índice que expresa la diversidad del hábitat o dominancia es Simpson_1-D, y la figura nos indica que los nematodos pertenecientes a la familia Helicotylenchus presentan una dominancia entre los sistemas estudiados con un índice de 0.97, seguido por los Criconemoides con 0.80.

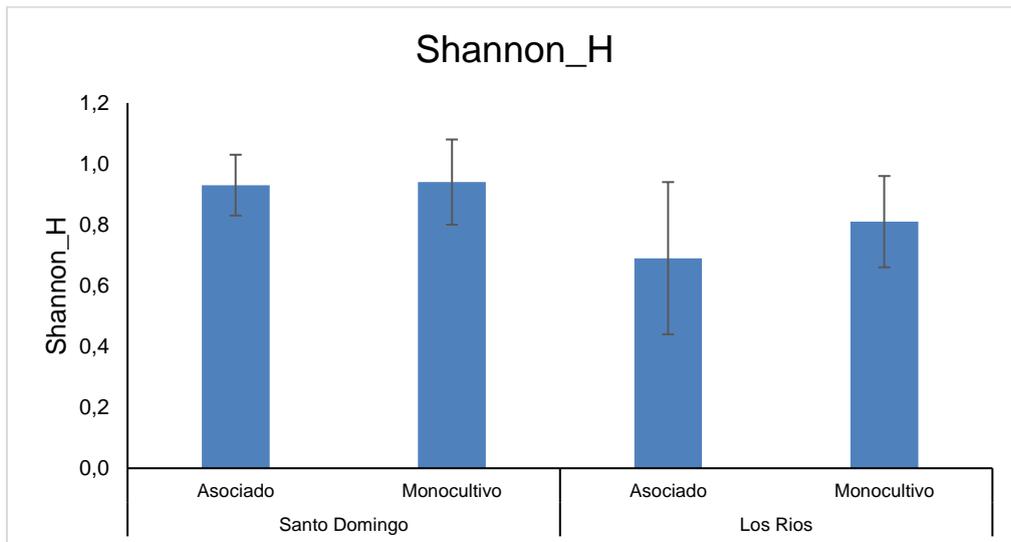
Figura 1. Valores de los índices de biodiversidad de Simpson (1-D) y sus tres componentes Dominancia (D), Riqueza (e^H/S) y Equidad (J) en función del sistema agrícola y la localidad, considerando la cantidad de nematodos observados.



La riqueza (e^H/S) o diversidad específica, presento valores altos para Mononchus con 1.01, seguido por Hemicycliophora 0.99 y el menor valor para la expresión de este índice se le otorga a Meloidogyne con 0.86.

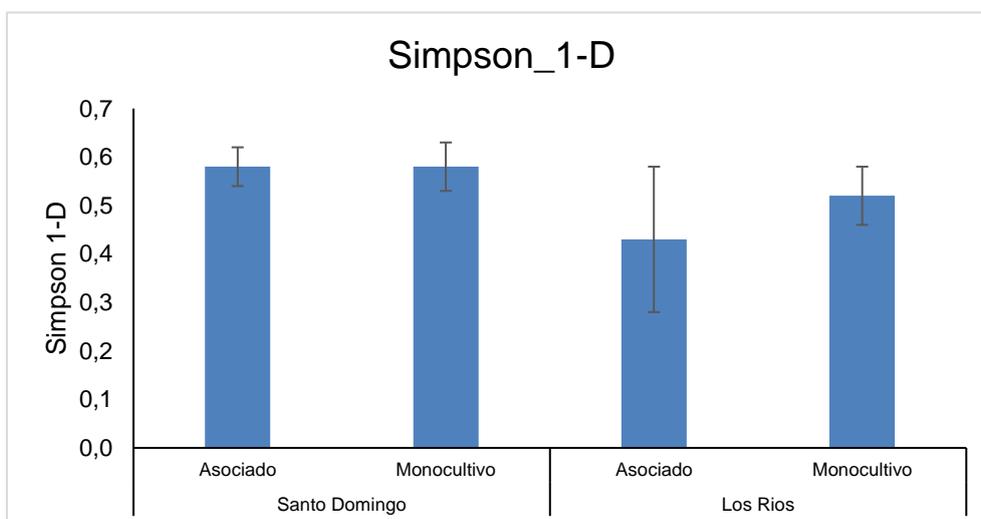
El reparto de los individuos entre las mismas especies se cuantifica con el índice de equitabilidad o equidad (J), y para la presente investigación encontramos que Mononchus aunque no logró tener el mejor índice de diversidad, si muestra el valor más alto de equidad, alcanzando 1.01 seguido se encuentra Hemicycliophora, Helicotylenchus y Tylenchus con valores 0.99, 0.97 y 0.96 Equitability_J, respectivamente.

Figura 2. Valores de los índices de biodiversidad de Shannon_H, en función del sistema agrícola y la localidad, considerando la cantidad de nematodos observados.



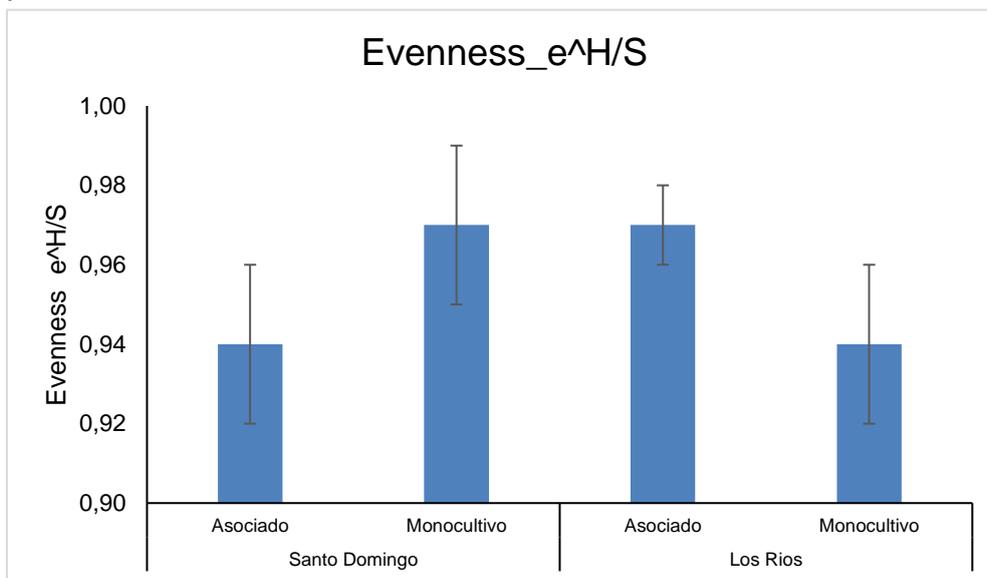
Si nos referimos al índice de Shannon_H, para la localidad de Santo Domingo de lo Tsáchilas podemos observar que no hay una diferencia marcada entre la diversidad en los dos sistemas de cultivo, los valores encontrados son 0.93 para el sistema que asocia plátano con cacao, y 0.94 para el que se maneja de manera convencional y como monocultivo de cacao en esta zona. Se evidencia algo similar en la localidad de Los Ríos para el mismo índice, los valores del índice de Shannon_H, para el sistema asociado es de 0.69 mientras que el sistema que se maneja como monocultivo en esta localidad expresa un valor de 0.81. La gráfica muestra, que los sistemas de cultivos que se establecen en Santo Domingo tienen elevados índices de diversidad en comparación con los de la provincia de Los Ríos.

Figura 3. Valores de los índices de biodiversidad de Simpson (1-D), en función del sistema agrícola y la localidad, considerando la cantidad de nematodos observados.



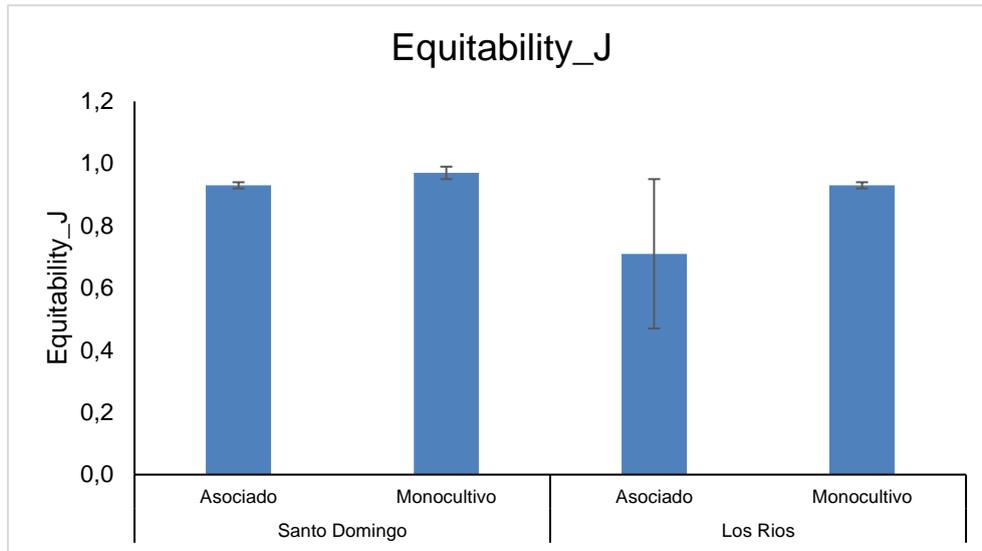
Para el índice de dominancia Simpson_1-D, en las dos localidades y en los sistemas de cultivos estudiados no se evidencia diferencia, en la localidad de Santo Domingo para ambos sistemas se estimó un valor de 0.58, mientras que en la localidad de Los Ríos, para el sistema que asocia plátano y cacao, se evidencia un valor de 0.43, mientras que para el sistema que se establece como monocultivo se encuentra un valor de 0.52, reflejando una elevada dominancia en los sistemas que se manejan convencionalmente en las dos localidades.

Figura 4. Valores de los índices de biodiversidad de Evenness e^H/S , en función del sistema agrícola y la localidad, considerando la cantidad de nematodos observados.



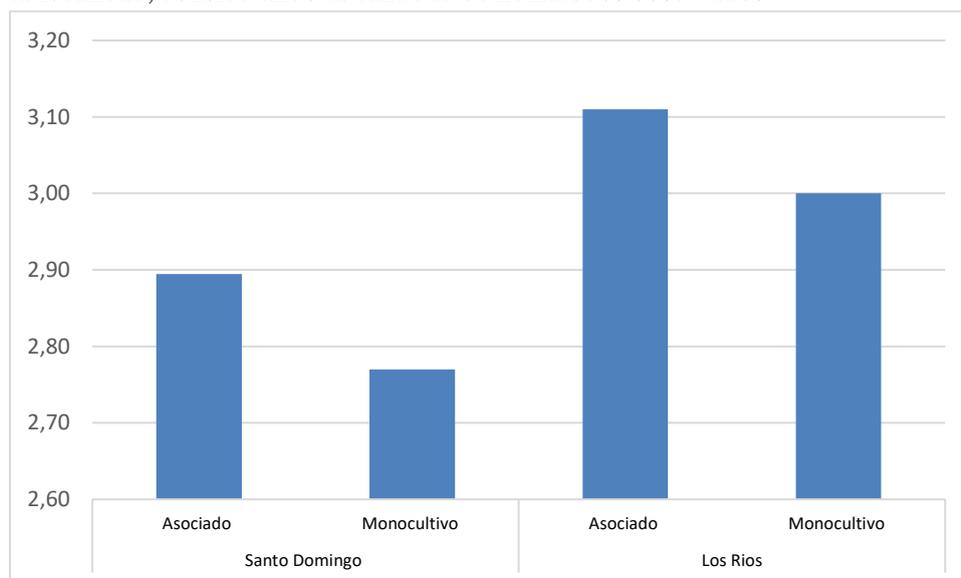
El índice de riqueza Evenness e^H/S , no se evidencia diferencia marcada entre las localidades, en lo que respecta a Santo Domingo el sistema asociado alcanza un valor de 0.94 para el índice calculado, mientras que para el sistema que se establece como monocultivo alcanza un valor de 0.97. En la localidad de Los Ríos para el sistema asociado se evidencia un valor de 0.97 y para el monocultivo de 0.94, considerando la cantidad de nematodos observados se evidencia una mayor riqueza en el sistema asociado de Los Ríos y el que estable como monocultivo de Santo Domingo.

Figura 5. Valores de los índices de biodiversidad de Equitability_J, en función del sistema agrícola y la localidad, considerando la cantidad de nematodos observados.



Para el índice de Equitability_J, los valores obtenidos en la localidad de Santo Domingo no muestran diferencias en las localidades, aquí se evidencian valores de 0.93 y 0.97 para el sistema asociado y monocultivo, respectivamente. Para la localidad de Los Ríos los valores representados en la gráfica, no se observa diferencia entre los sistemas de esta localidad, se obtienen índices de equidad de 0.71 para el sistema asociado y 0.93 para el manejo convencionalmente como monocultivo.

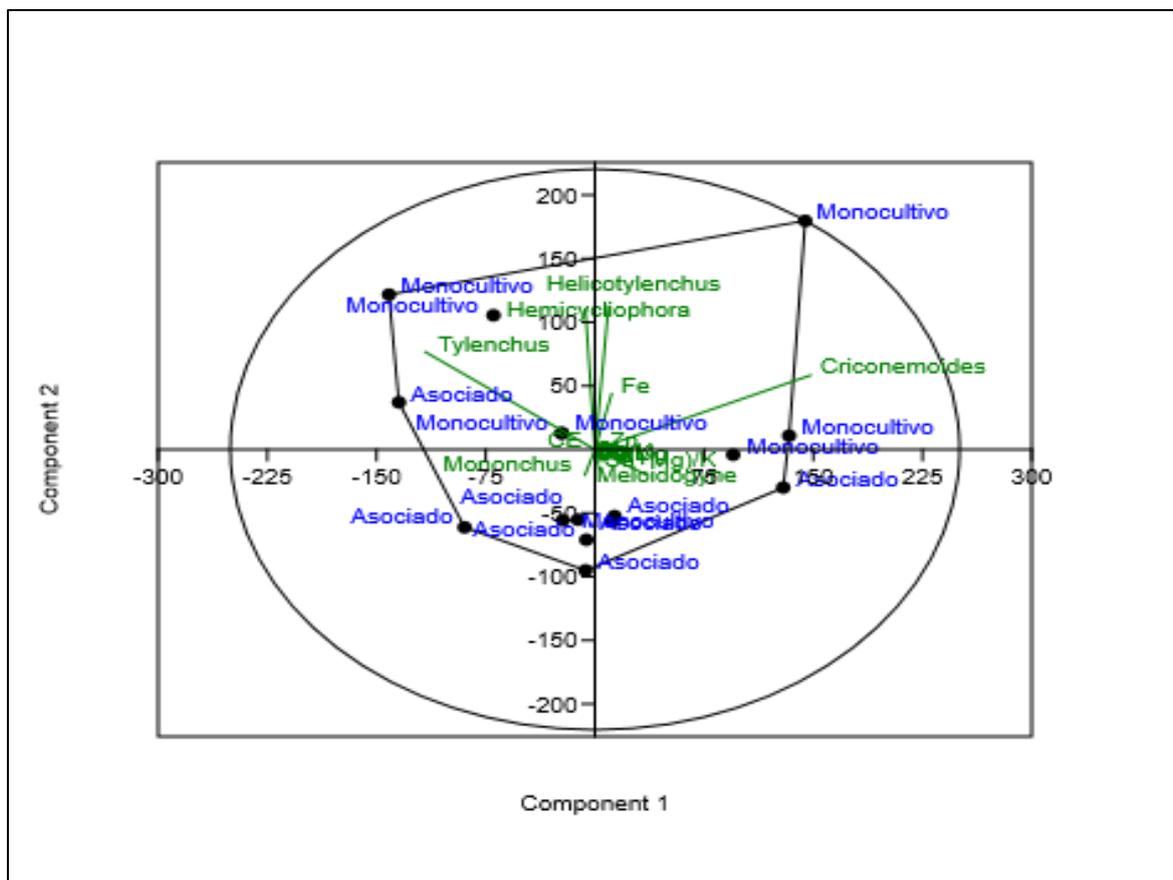
Figura 6. Valores de los índices de biodiversidad de Madurez (MI), en función del sistema agrícola y la localidad, considerando la cantidad de nematodos observados.



El índice de Madurez nos permite determinar el grado de conservación o perturbación de cada sistema

agrícola, se calculó como: $MI = \sum v_i p_i$, donde v_i es el valor c-p en el taxón i y p_i es la proporción del taxón en la muestra. Se evidencian diferencias entre las localidades y entre los sistemas, para la localidad de Santo Domingo el sistema asociado alcanza un índice de 2.89 y el sistema convencional que se maneja como monocultivo obtiene 2.77, algo similar se observa en la localidad de Los Ríos, el índice más alto se direcciona hacia el sistema que asocia cacao con plátano con un valor de 3.11, mientras que el sistema convencional alcanza una puntuación de 3.0.

Figura 7. Análisis de componentes principales (Biplot) entre localidades, sistemas agrícolas, número de nematodos encontrados parámetros del suelo.



Con el objeto de describir el conjunto de datos estudiados, reduciendo la dimensión de los mismos sin perder información, se elabora un análisis de componentes el mismo que nos muestra dentro del círculo de correlaciones la distribución de cada uno de los nematodos encontrados con el sistema en donde por abundancia se direcciona, es así como en la Figura 7, se evidencia que los nematodos Helicotylenchus, Hemicycliophora, Tylenchus, Criconemoides y Meloidogyne están íntimamente relacionados con los sistemas cacaoteros que se manejan como monocultivo, y el nematodo Mononchus se ubica en el

cuadrante gobernado por los sistemas en donde se asocia cacao (*Theobroma cacao* L.) y plátano (*Musa balbisiana*).

CONCLUSIONES

Se realizó la evaluación de la comunidad de nematofauna presente en los sistemas estudiados, identificándose seis géneros de nematodos que fueron: *Helicotylenchus*, *Tylenchus*, *Mononchus*, *Criconemoides*, *Meloidogyne* y *Hemicycliophora*, de manera global se encontraron 4.550 organismos. Se caracterizaron las comunidades de nematodos presentes en los sistemas agrícolas, mediante índices de biodiversidad de Simpson (1-D), con sus tres componentes, que se enfocan en la Dominancia (D), Riqueza (e^H/S) y Equidad (J), considerando a *Helicotylenchus* y *Meloidogyne* los más abundantes y diversos en los suelos estudiados.

Se realizó una comparación de los índices obtenidos con el tipo de manejo de los sistemas agrícolas en las dos localidades mediante el estudio de componentes principales (Biplot), observando que los géneros *Helicotylenchus*, *Hemicycliophora*, *Tylenchus*, *Criconemoides* y *Meloidogyne* están íntimamente relacionados a los sistemas que se manejan como monocultivo y el género *Mononchus* hacia los sistemas asociados que poseen un manejo agroecológico y en los que se evidenció un mayor porcentaje de materia orgánica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acuña, O; Peña, W; Serrano, E; Pocasangre, L; Rosales, F; Delgado, E; Trejos, J; Segura, A. (2006).

La importancia de los microorganismos en la calidad y salud de los suelos. 1 ed. CR., 232 p.

Altieri, M; Nicholls, C. (2000). Teoría y práctica para una agricultura sustentable. Distrito Federal, MX.

257 p.

Altieri, M; Nicholls, C. (2009). Biodiversidad y manejo de plagas en agroecosistemas. Trad. M Altieri.

Barcelona, ES. Icaria. 248 p.

Altieri, MA; Nicholls, C. (2012). Agroecología: única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socio ecológica. Rio+20 ,2012: 21.

Amores, F. Quiroz, J. (2002). Rehabilitación de plantaciones tradicionales de cacao en Ecuador. (s.f.)

formato de archivo: PDF/adobre Acrobat – Versión en HTML. Disponible:

<http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A2105E/A2105E.pdf>



- ANECACAO. (2003). Boletín técnico de Cacao: Sombra y podas en cacao nacional fino y de aroma. Guayaquil-Ecuador.
- Aristizábal G. (2010). Biodiversidad de nematodos. Disponible en línea: <https://es.slideshare.net/llica/biodiversidad-4874982>
- Astier, M., Maas, M., & Etchevers, J. (2002). Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable. *Agrociencia*, 36, 605-620
- Bandick, A.K., & Dick, R.P. (1999). Field management effects on soil enzyme activities. *Soil Biology and Biochemistry*, 31, 1471-1479
- BURBANO, H. (2004). La piel de la Tierra. Cinco reflexiones para valorar el recurso suelo. Universidad de Nariño, Pasto. 176 p
- BURBANO, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Rev. Cienc. Agr.* 33(2):117-124. doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.58> .
- BUSTAMANTE GARCÍA, (2019). Estudio de la ocurrencia de nematodos en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L) en la zona sur de la provincia del Guayas. *Alternativas*, [S.l.], v. 20, n. 1, p. 47-51, abr. ISSN 1390-1915. Disponible en: <<https://editorial.ucsg.edu.ec/ojs-alternativas/index.php/alternativas-ucsg/article/view/280>>. Fecha de acceso: 16 jun. 2021 doi: <https://doi.org/10.23878/alternativas.v20i1.280>
- Cantú, M., Becker, A., Bedano, J., & Schiavo, H. (2007). Evaluación de la calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices. *Ciencia del Suelo*, 25, 173-178.
- CEPAL. (2015). Diagnóstico de la cadena productiva de Caco en el Ecuador. Unidad de Desarrollo Agrícola- División de Desarrollo Productivo y Empresarial – Vicepresidencia de la Republica.
- Cruz, B; Barra, E; del castillo, R; Gutiérrez, C. (2004). La Calidad del suelo y sus indicadores. *Ecosistemas*.
- De la Paz-Jiménez, M., De la Horra, A.M., Pruzzo, L., & Palma, R.M. (2002). Soil quality: a new index based on microbiological and biochemical parameters. *Biology Fertility Soils*, 35, 302–306.
- Doran, J.W., & Parkin, T.B. (1994). Defining and assessing soil quality. En J.W. Doran, D.C. Coleman, D.E. Bezdicek, & B.A. Stewart (eds.). *Defining soil quality for sustainable environment* (pp.3-21). Madison: Soil Science Society of America.



- Doran, J.W., & Zeiss, M.R. (2000). Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology*, 15, 3-11
- Enriquez, G. (2014) El cultivo de cacao orgánico. Quevedo Ecuador. INIAP-EET Pichilingue. P 38-39
- Esquivel Hernández, A. (2011). Nematodos como indicadores ambientales. Universidad Nacional: Heredia-Costa Rica. Recuperado de:
http://www.una.ac.cr/observatorio_ambiental/index.php?option=com_booklibrary&task=view&id=8&catid=44&Itemid=37
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). (2012). La Biodiversidad para el mantenimiento de los Agroecosistemas.
- FAO. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. (2015). Los suelos sanos son la base para la producción de alimentos saludables. La FAO en Acción. [Fao.org/soils-2015](http://www.fao.org/soils-2015). Disponible en:
<https://www.fao.org/3/a-i4405s.pdf>; consulta: junio, 2021 .
- FCM. FEDERACIÓN COLOMBIANA DE MUNICIPIO. (2013). Estrategias de adaptación y mitigación frente a los efectos del cambio climático en Regiones de Costa y Montaña de Colombia. Fundación Konrad Adenauer KAS- FCM, Colombia. 93 p.
- Ferris, H. & Bongers, T. (2009). Indices developed specifically for analysis of nematode assemblages. En: Wilson, M.J. & Kakouli-Duarte, T. (Eds.). *Nematodes as environmental indicators* (pp. 124-145). CAB International, Wallingford, UK.
- Ferris, H., Bongers, T. & Goede, R.G.M. de. (2001). A framework for soil food web diagnostics: extension of the nematode faunal analysis concept. *Applied soil ecology* 18, 13-29.
- García, F.T. (2010). Microbiología del suelo. Consultado 15 may 2015. Disponible en:
http://www.florgarcia.com/wpcontent/uploads/2011/11/MICROBIOLOGIA_DEL_SUELO.pdf
- Gardi, C.; Angelini, M.; Barceló, S.; Comerma, J.; Cruz Gaistardo, C.; Encina, A.; Jones, A.; Krasilnikov, P.; Mendonça, M.; Montanarella, L.; Muñiz, O.; Schad, P.; Vara, M.; Vargas, R. (2014). Atlas de suelos de América Latina y el Caribe. Comisión Europea - Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, L-2995, Luxembourg, 176 p.
- Goede, R.G.M. de, Bongers, T. & Ettema, C. (1993). Graphical presentation and interpretation of

- nematode community structure: C-P triangles. Mededlingen Faculteit Landbouwwetenschappen Universiteit Gent, 58, 743-750.
- Huang, S. P.; Cares, J. E. (2006). Nematode communities in soils under different land-use systems in Brazilian amazon and savanna vegetation. CABI Publishing, London, pp. 163– 183.
- ICCO. (2003). Centro Agronómico Tropical de Investigaciones y Enseñanzas CATIE. Programa de enseñanza para el desarrollo y la conservación. Escuela de postgrado. Caracterización de árboles superiores de cacao (*Theobroma cacao*). Costa Rica.
- INEC. (2001). III Censo Nacional Agropecuario. Numero de UPAS y superficie en hectáreas por principales cultivos asociados, según cantón. P 52.
- INEC. (2002). III Censo Nacional Agropecuario. Resultados Nacionales. INEC. Proyecto SICA. Quito, Ecuador.
- INEC. (2012). Instituto Nacional de Estadísticas y Censos – Superficies de Producción Agropecuaria. Disponible en <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/encuesta-desuperficie-y-produccion-agropecuaria>
- Karlen, D., Ditzler, C.A., & Andrews, S.S. (2003). Soil quality: why and how? *Geoderma*, 114, 145-156.
- Karlen, D.L., Andrews, S.S., & Doran, J.W. (2001). Soil quality: current concepts and applications. *Advances in Agronomy*, 74, 1-40.
- Kimenju, J; Karanja, N; Mutua, G; Rimberia, B; Wachira, P. (2009). Nematode community structure as influenced by land use and intensity of cultivation. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 11:353-360.
- Landeta, A., Coronel. J. (2009). Principales procesos tecnológicos i organizacional y jurídica para establecer la denominación del origen del cacao fino y de aroma. Tesis de Grado. Facultad de Economía y Negocios. Escuela Politécnica del Litoral. Guayaquil Ecuador.
- Liang, W; Lou, Y; Li, Q; Zhong, S; Zhang, X; Wang, J. (2009). Nematode faunal response to long-term application of nitrogen fertilizer and organic manure in Northeast China. *Soil Biology and Biochemistry* 41(5):883-890.
- López-García, D; Llorente-Sánchez, M. 2010. La agroecología: hacia un nuevo modelo agrario. Ed.



- Ecologistas en acción. 1 ed. Castilla, s.e., 43-46 p.
- Luters, J.C., & Salazar, J.P. (1999). Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. Buenos Aires: United States Department of Agriculture, CRN-CNIA-INTA. 88 p.
- Moreira, F.; E. J. Huisling y D. E. Bignell. (2012). Manual de biología de suelos tropicales. Muestreo y caracterización de la biodiversidad bajo suelo. Instituto Nacional de Ecología. México.
- Moura, E. (2005). "Análisis, desde la Perspectiva Agroecológica, de los Cambios Generados por un Proyecto de Desarrollo Rural en Agricultura Familiar: El Caso del Proyecto Gavião, Bahia - Brasil". Disponible en: https://orgprints.org/id/eprint/24941/1/Reis_An%C3%A1lisis.pdf
- Nielsen, M., & Winding, A. (2002). Microorganisms as indicators of soil health. Denmark: Ministry of the Environment, National Environmental Research Institute. 84 p.
- Parker, A. y E. Herrera (2009). Estrategias de Integración al Mercado Nacional e Internacional del Sector Cacaotero Ecuatoriano. BID, Ecuador.
- Ricklefs, R.E; Miller, G.L. (1999). Ecology. 4 ed. Ed. W.H. Freeman. New York. US
- RODRÍGUEZ, N.; PABÓN, J. D.; BERNAL, N.; MARTÍNEZ, J. (2010). Cambio climático y su relación con el uso del suelo en los Andes colombianos. Alianza Ediprint Ltda, Bogotá. Colombia. 80 p.
- Romaniuka, R., Giuffrea, L., Costantinia, A., & Nannipieri, P. (2011). Assessment of soil microbial diversity measurements as indicators of soil functioning in organic and conventional horticulture systems. *Ecological Indicators*, 11, 1345-1353.
- Sánchez-Moreno, S., Talavera, M. (2013). Nematodes as environmental indicators in agroecosystems. *Ecosistemas* 22(1):50-55. Doi.: 10.7818/ECOS.2013.22-1.09
- Sánchez-Moreno, S., Jiménez, L., Alonso-Prados, J.L., García-Baudín, J.M., 2010. Nematodos como indicadores de los efectos de los fumigantes en las redes tróficas del suelo en cultivos de fresa en el sur de España. *Indicadores ecológicos* 10:148-156.
- SESA. (1986). Inventario de plagas, enfermedades y malezas en el Ecuador. Nemátodos en el cultivo de cacao. (PNSV) Programa Nacional de Sanidad Vegetal. Ecuador. p 44.
- Sellan, E., Valarezo, M., Medina, J. (2019). "Análisis de las causas del decremento de la producción y comercialización del cacao nacional fino de aroma en el recinto estero de caña, parroquia Balzar



de Vinces, Cantón Vinces provincia de los Ríos", Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana.

SQI [Soil Quality Institute]. (1996). Soil Quality Indicators: Organic Matter. Auburn: UDSA Natural Resources Conservation Service, Soil Quality Institute, Agricultural Research Service.

Socarrás, A. 2013. Mesofauna edáfica: indicador biológico de la calidad del suelo. Pastos y forrajes 36(1): 5-13.

Vallejo, V.E., Roldán, F., Arbeli, Z., Terán, W., Lorenz, N., & Dick, R.P. (2012). Effect of land management and *Prosopis juliflora* (Sw.) DC trees on soil microbial community and enzymatic activities in silvopastoral systems of Colombia. Agriculture, Ecosystems & Environment, 150, 139-148.

VALLEJO-QUINTERO. (2013). IMPORTANCIA Y UTILIDAD DE LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE SUELOS MEDIANTE EL COMPONENTE MICROBIANO: EXPERIENCIAS EN SISTEMAS SILVOPASTORILES. Grupo de investigación Agua y Desarrollo Sostenible, Programa de Ingeniería Ambiental. Facultad de Ingeniería, Universidad Central, cap. 5, núm. 21-38, Bogotá, Colombia.

Wang, Q., Liu, J., Wang, Y., Guan, J., Liu, Q., & Lv, D. (2012). Land use effects on soil quality along a native wetland to cropland chronosequence. European Journal of Soil Biology.

