

ARTÍCULO CORTO DE INVESTIGACIÓN

DOI 10.47864/SE(52)2022p31-42_150

Sociedad Colombiana
de la Ciencia del Suelo**INDICADOR GENERAL CALIDAD DEL SUELO E INCIDENCIA NEMATODOS
FITOPARÁSITOS EN 20 FINCAS DEL VALLE DEL CAUCA CULTIVADAS CON
MUSA spp.***Claudia F. Millán-Carvajal¹✉, C. M. Caetano².*

¹Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Carrera 32 # 12 – 00 Docente Universidad del Pacífico - cfmillanc@unal.edu.co,

²UNIR – Universidade Federal de Rondonia Campus Presidente Médici. Doctora Docente Departamento de Engenharia de Pesca e Aquicultura

Palabras claves:
Incidencia,
Subindicadores,
Nematodos vida libre.

RESUMEN

La producción de Musa spp., se ha incrementado considerablemente, trayendo beneficios económicos al Valle del Cauca, pero ocasionando fuerte degradación de la fauna edáfica y propiedades fisicoquímicas del suelo. Se evaluó calidad y sanidad del suelo, utilizando el Indicador General de Calidad del Suelo (IGCS) en 20 fincas de 8 municipios del departamento, combinando los subindicadores y su relación directa con la incidencia de nematodos fitoparásitos y de vida libre, para identificar y proponer manejos sustentables de las unidades productivas. Se determinaron variables asociadas a la diversidad del suelo: Fauna edáfica, fertilidad, propiedades fisicoquímicas y morfología de los agregados. El municipio Yotoco tuvo mayores valores IGCS con gran cantidad de MOS, pocas enfermedades y buen manejo integrado de plagas (valor = 1). Así como para el Indicador de Incidencia de Nematodos Fitoparásitos (valor = 0,3), el municipio Palmira presentó la mayor cantidad de géneros de nematodos fitoparásitos encontrados por poca cobertura vegetal, como Rotylenchulus en raíz y suelo reportados para el departamento; sobrepasando el umbral económico (1000-2000 individuos 100g/suelo), causando pérdidas de más del 50% del cultivo y siendo la localidad más propicia para la implementación de tecnologías de restauración del suelo.

**GENERAL INDICATOR OF SOIL QUALITY AND INCIDENCE OF PLANT
PARASITIC NEMATODES IN 20 FARMS OF THE CAUCA VALLEY
CULTIVATED WITH MUSA spp.**

Keywords:
Incidence,
Subindicators,
Free-living
nematodes

ABSTRACT

The production of Musa spp. has increased considerably, bringing economic benefits to Valle del Cauca, but causing strong degradation of the edaphic fauna and physicochemical properties of the soil. Soil quality and health were evaluated using the General Soil Quality Indicator (IGCS) in 20 farms in 8 municipalities of the department, combining the sub-indicators and their direct relationship with the incidence of phytoparasitic and free-living nematodes, to identify and propose sustainable management of the productive units. Variables associated with soil diversity were determined: edaphic fauna, fertility, physicochemical properties and aggregate morphology. The municipality of Yotoco had higher IGCS values with a large amount of SOM, few diseases and good integrated pest management (value = 1). As well as for the Phytoparasitic Nematode Incidence Indicator (value = 0.3), the municipality of Palmira had the highest number of genera of phytoparasitic nematodes found by little plant cover, such as Rotylenchulus in roots and soil reported for the department; exceeding the economic threshold (1000-2000 individuals 100g/soil), causing losses of more than 50% of the crop and being the most propitious locality for the implementation of soil restoration technologies.

Rec : 07/07/2022

Acep : 20/10/2022



INTRODUCCIÓN

La producción de plátano y banano es fuente potencial en la economía, seguridad y soberanía alimentaria del departamento; su rendimiento y productividad se ha condicionado debido a manejos inadecuados en campo que deterioran progresivamente los factores biológicos y fisicoquímicos del suelo en los últimos años por consecuencia de prácticas convencionales que se encuentran asociadas al mal manejo agronómico debido al uso indiscriminado de agroinsumos, pérdida de coberturas vegetales, plantaciones antiguas bajo modalidad monocultivo con poca o nula asociación, degradación y erosión de suelo; conllevando a la reducción de los servicios ecosistémicos en cuanto a fertilidad, calidad y sanidad en las unidades productivas (Velásquez *et al.*, 2017; Millán-Carvajal, 2018; Peña Morales *et al.*, 2021). Esto se debe a las altas exigencias de calidad del producto en los mercados externos, aumentando los costos de producción e incrementando la presencia de problemas fitosanitarios en las zonas productoras de plátano y banano tipo exportación, especialmente el complejo de nematodos fitoparásitos de mayor importancia agrícola, abarcando especies infectivas importantes como el barrenador *Radopholus similis*, seguido de *Rotylenchulus* del agallador *Meloidogyne ssp.*, *Helicotylenchus* y *Pratylenchus*, los cuales se encuentran ampliamente distribuidos en las zonas plataneras y bananeras del país. Estos nematodos causan problemas de anclaje a las plantas, afectando fuertemente el sistema de raíces

produciendo lesiones y pudrición, lo que impide la absorción de nutrientes, incrementa la susceptibilidad al ataque de hongos y bacterias y disminuye el crecimiento vegetativo y de sistemas de raíces (Lu *et al.*, 1990; Dias-Arieira *et al.*, 2021; Gonçalves, 2022).

Por el contrario, los nematodos de vida libre en las redes tróficas del suelo son excelentes controladores poblacionales y recicladores de nutrientes de la rizosfera, siendo excelentes bioindicadores de salud y calidad. Gracias a su alta expresión y sensibilidad a cambios y perturbaciones, pues son organismos multicelulares de mayor abundancia que se agrupan en diversas especies por sus hábitos con carácter benéfico o patógeno y que su población aumenta o disminuye debido al abuso de nematicidas en campo, tales como Carbofuran®, Profox®, Aldicarb® y Glufosinato de amonio, afectando la productividad del cultivo y generando serios problemas en la calidad y sanidad del suelo (Varón *et al.*, 2001; Chaguezú Villareal, 2011). En ambos grupos de nematodos existen alrededor de 20 órdenes diferentes dentro del phylum Nematoda, siendo los más representativos saprófagos, depredadores, micófagos, bacteriófagos, saprófitos y fitopatógenos (*Rotylenchulus*, *Rhabditida*, *Plectidae*, *Cicronematidae*, *Tylenchida*, *Aphelenchida*, *Dorylaimida*, *Radopholus* S.). Estos nematodos cumplen diversas funciones: control poblacional de protozoarios, rotíferos, patógenos y rizobacterias; fijación nodular de N en las raíces de las plantas, regulación del N inorgánico, además de consumir semillas

y materia orgánica en sus diferentes estados antes de mineralizarse (Torrado & Castaño, 2009; Izidoro *et al.*, 2021; Gonçalves, 2022)

Los subindicadores biológicos y fisicoquímicos, son herramienta clave en la incidencia y abundancia de los patógenos en el suelo, a causa de cambios en el ambiente. Evidencian su abundancia y resistencia en condiciones de sequía, pérdida de la humedad y estrés hídrico en áreas cultivadas con iguales manejos agronómicos, lo que conlleva a un estudio profundo en el comportamiento de estos organismos y proporcionando información importante para la toma de decisiones (Lavelle, 2015; Jamioy, *et al.*, 2015; Da Silva *et al.*, 2015; Giraldo Sánchez, 2020).

Los Indicadores Generales de la Calidad del suelo (IGCS) son una excelente herramienta matemática, predictora del estado fitosanitario, calidad y sanidad de los suelos cultivados, que agrupa los valores de subindicadores biológicos y fisicoquímicos para determinar servicios ecosistémicos importantes del suelo: manejo sustentable, cobertura vegetal, pérdida y/o mejoramiento de ecosistemas productivos agroecológicos y de conservación (Lavelle *et al.*, 2020; Bünemann *et al.*, 2018; Peña Morales *et al.*, 2021). Se evaluó el impacto en suelos cultivados con plátano y banano en el departamento del Valle, midiendo variables asociadas a fertilidad, diversidad biológica, resiliencia y sanidad del mismo, permitiendo encontrar la incidencia de nematodos fitoparásitos de daño

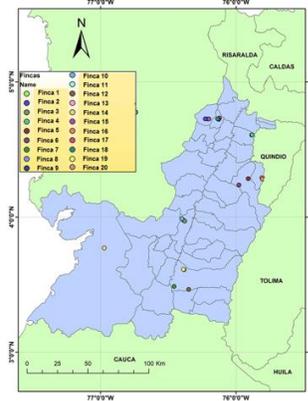
económico fuerte en 20 unidades productivas de 8 municipios.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio:

El Valle del Cauca se sitúa al suroccidente del país y forma parte de las regiones andina y pacífica; localizado entre los 05° 02' 08" y 03° 04' 02" de latitud norte y 72° 42' 27" y 74° 27' 13" de longitud oeste, cuenta con una superficie de 22. 140 Km² ocupando el 1.94% del territorio nacional. Limita al norte con los departamentos de Chocó y Risaralda; al oriente con los departamentos de Quindío y Tolima; al sur con el departamento del Cauca, y al occidente con el Océano Pacífico y el departamento del Chocó. Las 20 fincas muestreadas se escogieron de una base de 100 datos de productores de *Musa spp.* del

Figura 1. Distribución de fincas evaluadas.



departamento.

Tabla 1. Ubicaciones geográficas 20 fincas seleccionadas.

Finca	Municipio	Vereda	Altitud msnm	Coordenadas UTM
Finca 1	Palmira	Caucaseco	1050	3°29.195' N 76°27.436' O
Finca 2	Palmira	Bolo Alisal	800	3°27'53.1" N 76°20'59.6" O
Finca 3	Palmira	Roza	980	3°36'37.2" N 76°23'0.03" O
Finca 4	Palmira	Roza	987	3°36'46.1" N 76°23'18.2" O
Finca 5	Yotoco	Miravalle	1612	3°58'31.5" N 76°23'14.4" O
Finca 6	Yotoco	Miravalle	1642	3°58'9.95" N 76°22.706" O
Finca 7	Yotoco	El Bosque	1734	3°59.297" N 76°24.012" O
Finca 8	El Cairo	Guayaquil	1640	4°43'30.9" N 76°12.459" O
Finca 9	El Cairo	Guayaquil	1601	4°43'35" N 76°12'98.3" O
Finca 10	El Cairo	Los Camellones	1610	4°43'29.6" N 76°11'59.5" O
Finca 11	Buenaventura	Zabaletas	27	3°45.759" N 76°57'82" O
Finca 12	Sevilla	El Manzano	1688	4°17.027" N 75°54.624" O
Finca 13	Sevilla	La Estrella	1296	4°14.224" N 75°58.696" O
Finca 14	Caicedonia	La Morelia 1	1690	4°17.409" N 75°48.593" O
Finca 15	Caicedonia	San Pedro y San Pablo	1715	4°16.866" N 75°48.331" O
Finca 16	Obando	Playa Rica	1294	4°36.373" N 75°53.036" O
Finca 17	Obando	Playa Rica	1223	4°36.476" N 75°52.845" O
Finca 18	Argelia	La Marina	1593	4°43.93" N 76°7.34" O
Finca 19	Argelia	El Recreo	1624	4°43.338" N 76°7.686" O
Finca 20	Argelia	Calentaderos	1532	4°43.617" N 76°8.124" O

Figura 1. Ubicación geográfica 20 fincas productoras de *Mussa spp.* Valle del Cauca, 2016.

Selección Subindicadores para crear IGCS de acuerdo al uso de suelos

Se discriminaron cinco subindicadores ($p < 0.001$), siendo variables específicas para la creación del indicador general de la calidad del suelo IGCS e incidencia de nematodos fitoparásitos, de acuerdo al estado actual del uso del suelo de las 20 fincas muestreadas:

- ✓ Variables biológicas: abundancia y diversidad de macrofauna del suelo mediante la metodología Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF-CIAT)

(Lavelle, 1998., Anderson y Ingram, 1993).

- ✓ Variables morfológicas: La morfología del suelo se determinó mediante el método de Velásquez et al. (2007) en su versión simplificada de Topoliantz et al. (2000).
- ✓ Variables físicas: densidad aparente, densidad real, resistencia tangencial al corte, resistencia a la penetración, textura.
- ✓ Variables químicas: pH, capacidad de intercambio catiónico, fósforo disponible, nitrógeno, Ca, Na, K, materia orgánica.
- ✓ Variable nematodos fitoparásitos: Método centrifugación-flotación sacarosa (Varón & Castillo, 2001).

Selección muestras a evaluar

Se realizó trabajo en campo durante 6 meses (2016), evaluando calidad del suelo, macrofauna, densidad, diversidad e incidencia de nematodos fitoparásitos y de vida libre. La calidad del suelo se evaluó por sitio con cinco transectos separados a 30m y colectando 15 muestras cada una de las fincas productoras. La macrofauna se determinó utilizando el método TSBF – Tropical Soil Biology and Fertility – (Lavelle, 1988; Anderson & Ingram, 1993) con monolitos de 25*25cm hasta 20 cm de profundidad. Los insectos edáficos fueron separados e identificados en 10 órdenes. La fertilidad química se evaluó a través de ocho propiedades (pH, C, K, P, Ca, Mg, Al, Na), se evaluaron además las siguientes variables físicas del suelo: densidad aparente, humedad gravimétrica y resistencia a la penetración. La

morfología del suelo se evaluó según la metodología desarrollada por Velásquez et al. (2007a., 2007b); en cada punto se tomó un monolito de 10x10cm y 10cm de profundidad, cada uno de estos bloques fueron separados suavemente para obtener sus diferentes componentes: (1) Agregados biogénicos, producidos por los “ingenieros del ecosistema” como las lombrices, termitas, hormigas y algunas larvas de coleópteros; los cuales pueden diferenciarse por sus colores oscuros (dyecciones de lombrices), formas circulares, galerías y macroporos, (2) Agregados físicos, producto de compactaciones producidas por poca cobertura vegetal y acción del agua, generalmente en suelos arcillosos con presencia de trazas de herbicidas y altos contenidos de fertilizantes.

Los nematodos fitoparásitos y de vida libre se evaluaron mediante cinco muestras de raíz y suelo, ubicando puntos de muestreo a una distancia de 30 cm base de la planta y profundidad de 0-20cm. Se lavaron y separaron las raíces funcionales (sanas), no funcionales (porcentaje afectación), y raíces muertas; cortándose longitudinalmente según su separación y pesadas para posterior proceso de extracción por centrifugación-flotación, usando un gradiente de densidad con sacarosa al 50%. El mismo procedimiento fue realizado para la extracción en muestras de suelo, con alícuota de 1 ml después de extracción de muestras de raíz y suelo para posterior evaluación al microscopio (15ml suelo y 20ml raíz). Los nematodos encontrados se promediaron de acuerdo a su presencia y proporción en

cada una de las muestras de suelo, encontrándose en gran mayoría nematodos fitoparásitos donde se estimó su número según la especie y su clasificación taxonómica. La identificación de nematodos fitoparásitos se realizó con claves taxonómicas de THORNE (1961), MAGGENTI *et al.*, (1987), LUC *et al.* (1990), HUNT (1993); MAI *et al.* (1996), SIDDIQI (2000), CASTILLO & VOVLAS (2008) y PERRY *et al.* (2009).

Tratamiento Estadístico

Cada grupo de variables (macrofauna, morfología, fertilidad y calidad física) fue sometió a análisis de componentes principales (ACP) y test de Montecarlo. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el software R (R Core Team, 2013) y paquete ade4 para análisis multivariado (Dray y Dufour, 2007). La construcción del indicador general de la calidad del suelo (IGCS) tuvo cuatro agrupaciones diferentes: (i) análisis de ACP en cada uno de los cuatro conjuntos de variables permitiendo discriminar las fincas en función de su calidad y práctica de uso del suelo, (ii) incidencia de nematodos fitoparásitos que separan significativamente los sitios de acuerdo a la calidad del suelo, (iii) creación de subindicadores de la calidad del suelo física, fertilidad, morfología, macrofauna del suelo, e incidencia de nematodos fitoparásitos con valores que van desde 0,10 a 1,00; (iv) combinación de los cuatro subindicadores en un indicador general. En el artículo Velásquez *et al* (2007a) existe una completa explicación sobre el cálculo del IGCS. Se realizo un Clúster o

Dendograma, evaluando la diferencia entre las fincas con uso del suelo e incidencia de nematodos fitoparásitos, obteniendo los valores del factor 1 y 2 para la creación del Indicador General de la Calidad del Suelo y poder comparar con el Subindicador de incidencia de nematodos fitoparásitos (Velásquez et al., 2007a; Grimaldi et al., 2014; Lavelle et al., 2014).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ACP & Clúster Subindicadores e Indicador General de Calidad del Suelo (IGCS)

El análisis de componentes principales (Figura 3), separa las fincas de los municipios de Yotoco, Argelia y Caicedonia (39,3%), en función de altos contenidos de MOS y alta capacidad de intercambio catiónico, debido a las buenas prácticas que en esas unidades productivas se manejan y respondiendo a los valores de subindicadores Macrofauna, Morfología y Propiedades físicas con valores altos, por la conservación de coberturas, introducción constante de abonos minerales o de síntesis industrial acompañados de orgánicos sólidos, aplicación de herbicidas naturales y biopreparados; permitiendo una mayor diversidad y abundancia de los organismos edáficos que ayudaran en el reciclaje de nutrientes, calidad y sanidad de los cultivos de Mussa, con los valores más altos del Indicador General de Calidad del Suelo IGCS (Lavelle et al., 2015; Londoño Motta, 2016; Gonçalves, 2022). Las fincas de los municipios de Palmira, Obando y El

Cairo presentaron altos contenidos de fósforo, magnesio, calcio y un alto rango de pH; posiblemente por riego con aguas ligeramente alcalinas o aplicación excesiva de formas disponibles de fosfatasas y potasas que alcalinizan el medio, lo que puede estar presentando carencia de nutrientes de elementos menores a consecuencia del pH alcalino. Esto no permite una correcta asimilación de elementos menores (Fe^{3+} , Fe^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Mn^{2+}), además de indicar que el pH tendrá relación directa siempre con la CIC, disponibilidad de bases de cambio y micronutrientes en las superficies específicas de las arcillas. (Morales Manzano, 2017; Gagaglione et al., 2020; Delgado-Gonzales et al., 2022).

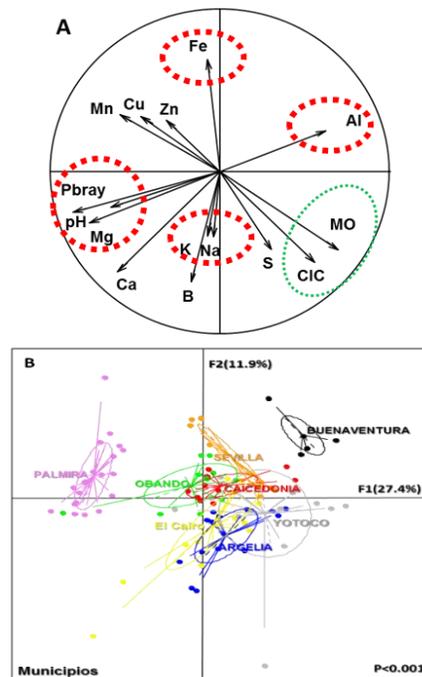


Figura 2. Análisis de Componentes Principales ACP de los subindicadores de las variables químicas de las 20 fincas en los 8 municipios del departamento.

La figura 3 muestra los dos factores del ACP, que explican el 62% de la variabilidad total de los datos y separa de forma significativa los ocho municipios con la mejor calidad del suelo dada por valores altos del indicador General de la Calidad del suelo (IGCS) y subindicadores. Las fincas de Yotoco, Sevilla y Caicedonia, presentaron los valores más altos de calidad del suelo (IGCS) y de riqueza de macrofauna, indicando buenas propiedades biológicas, físicas y químicas. El manejo del cultivo en estas fincas incluye la implementación de coberturas vegetales y la incorporación de materia orgánica de forma constante, permitiendo mayor diversidad y abundancia de los organismos edáficos que ayudaran en el reciclaje de nutrientes, calidad y sanidad de los cultivos (Brown et al., 1999; Velásquez et al., 2007a). Caso contrario le sucede a Palmira, Buenaventura y El Cairo con la mayor incidencia de nematodos fitoparásitos de acuerdo a hábito alimentario y

comportamiento infectivo: saprófitos (*Rotylenchulus*, *Rhabditis*, *Plectidae*, *Criconematidae*, *Aphelenchus*, *Tylenchus*, *Dorylaimida*) y endoparásitos (*Radophulus*, *Pratylenchus*, *Meloidogyne*, *Helicotylenchus*). Donde Palmira tiene la mayor densidad de saprófitos y endoparásitos: *Meloidogyne*, *Radopholus* y *Helicotylenchus* (1000 y 2000 individuos/100 g de suelo – 2000 a 4000 individuos/100 g de suelo); seguido de El Cairo y Buenaventura con mediana densidad: (entre 100 y 500 individuos/100 g de suelo). Estos umbrales de alta incidencia son considerados nocivos para los cultivos, cuando se aplican dosis continuas de Carbofuran®, Profox®, Aldicarb® y Glufosinato de amonio, baja calidad de propiedades del suelo debido a la poca o nula cobertura vegetal y aplicación de agrotóxicos para controlar las “arvenses que compiten por nutrientes” (Varón et al., 2001; Feijoo et al., 2010; Chaguezá Villareal, 2011; Millán-Carvajal, 2018).

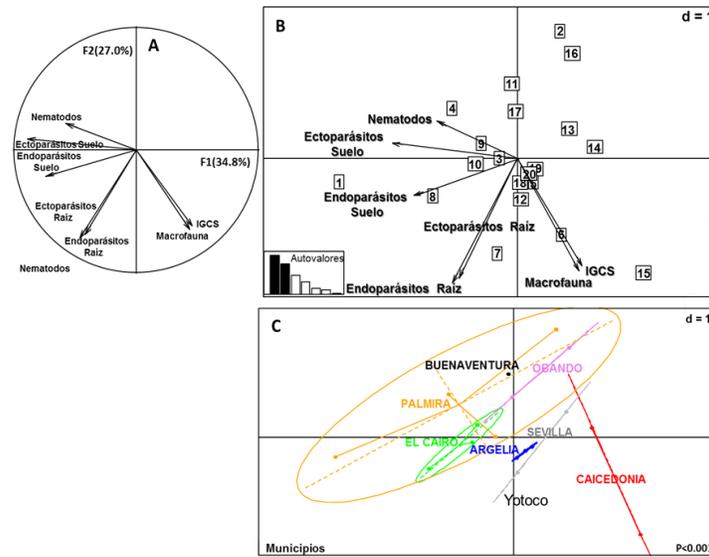


Figura 3. Análisis de Componentes Principales (ACP) con el IGCS, la macrofauna y las poblaciones de nematodos de las 20 fincas en los 8 municipios del departamento.

Las fincas de los municipios de Palmira, Buenaventura y El Cairo presentaron los valores más bajos (0.3, p -value < 0.01) en el clúster, mostrando el valor del Subindicador de nematodos, sucediendo el caso contrario: el valor de 1 para la incidencia de estos microorganismos es bueno porque no hay mayor presencia, mientras que valores por debajo de 0.8 son malos porque entre más bajo más indica que hay mayor incidencia de estos individuos. Buenaventura presenta un valor de 0.5 para una incidencia media de

nematodos fitoparásitos en mayor abundancia presentes en estos cultivos, por malas prácticas agronómicas, especialmente en aplicación de herbicidas, fertilizantes nitrogenados y poca o nula cobertura vegetal (Da Silva *et al.*, 2015; Dias-Arieira, 2020).

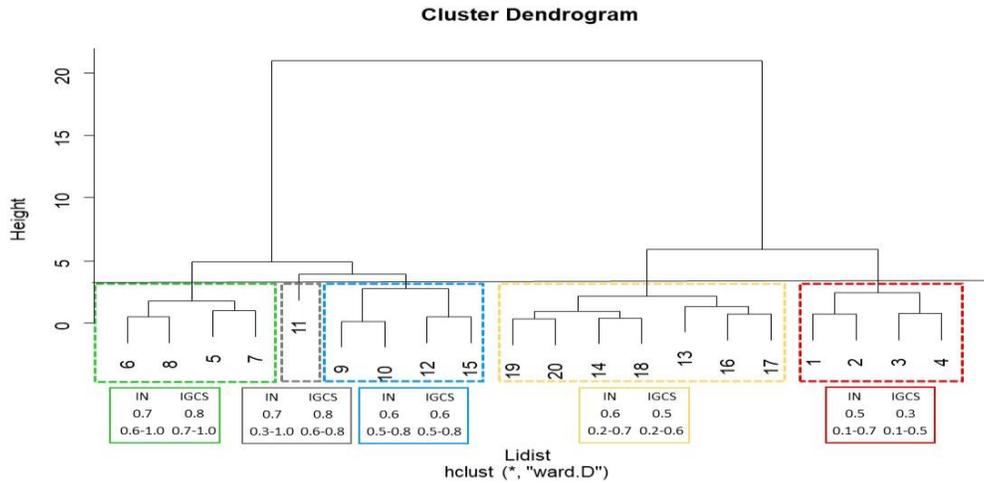


Figura 4. Análisis de Clúster con valores de ACP de los subindicadores de las variables físicas, de fertilidad química, morfología, macrofauna del suelo, Indicador de nematodos (IN) y de IGCS.

Los Subindicadores o variables del suelo al agruparse de forma específica, son una herramienta predictiva en la evaluación de servicios ecosistémicos de unidades productivas, siendo la morfología y textura del suelo subindicadores clave en la retención y transporte de agua y minerales que están estrechamente relacionados con la profundidad del suelo y estimación potencial del cultivo ante la erosión. El subindicador químico evaluó la cantidad de nutrientes disponibles de acuerdo al contenido del pH, disponibilidad de nutrientes menores, la conservación de coberturas vegetales y ciclaje de nutrientes por la acción de la macrofauna,

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Subindicadores biológicos como nematodos fitoparásitos del suelo, son herramientas clave que permiten su uso en incidencia de patógenos, al relacionarse con las propiedades fisicoquímicas y contenidos de materia orgánica mineralizada, convirtiéndolas en

sustentando la producción de los cultivos y finalmente el clúster permitió la agrupación de todos los subindicadores, para proyectar la incidencia de nematodos fitoparásitos de acuerdo al uso actual del suelo en cultivos de *Mussa spp* (Velásquez *et al.*, 2007^a; Pulleman *et al.*, 2012; Lavelle *et al.*, 2014; Gonçalves, 2022). El IGCS permite en forma general, detectar problemas al interior de las unidades productivas, así como medidas correctivas para revertir paulatinamente con enmiendas orgánicas y biológicas, aquellos daños causados por malos manejos agronómicos en cultivos de *Mussa spp*.

poderosas herramientas predictivas de la evaluación y monitoreo de la calidad y sanidad de unidades productivas sembradas con *Mussa spp*.

El subindicador de macrofauna (densidad y abundancia), permite evaluar los servicios ecosistémicos de las unidades productivas, posibilitando el monitoreo de las propiedades físicas como estabilidad

estructural de agregados, estado de compactación, aireación, potenciales de humedad y drenaje de los excesos de agua al interior del perfil del suelo entre otras.

El subindicador químico, permite la evaluación del estado de fertilidad de los suelos por ciclaje constante de nutrientes, gracias a las coberturas vegetales, además de la toma rápida de decisiones en la aplicación de fertilizantes, insumos y plaguicidas que pueden afectar considerablemente la sanidad de los suelos.

El IGCS permite la agrupación de los subindicadores, los cuales son predictores en la observación del equilibrio biótico del suelo, baja producción y aplicación de grandes cantidades de agroinsumos, causando contaminación ambiental y perjuicios a la salud del suelo, trabajadores y habitantes de las zonas productoras. La fertilización es de tipo síntesis industrial (45%), y pocas unidades aplican enmiendas orgánicas (35%) en su plan de fertilización. Esto explica el alto consumo, dependencia de elementos de síntesis industrial y mineral, así como elevados costos en la producción y baja competitividad en los rendimientos que conlleva a pérdidas económicas en la producción.

Se recomienda el uso de biopreparados, inoculación de macroinvertebrados e inserción de enmiendas orgánicas para la recuperación de las propiedades biológicas y fisicoquímicas. Un ejemplo claro y demostrado es la fertilización biorgánica o FBO (Fertilisation Bio Organique) que asocia la introducción de materias

orgánicas de diferentes calidades en zanjas cercanas a las plantas, con inoculación de la lombriz endógena *Pontoscolex corethrurus*, una especie común en la que permite su reproducción en dispositivos e implementada en la segunda fase del diagnóstico del proyecto tecnologías innovadoras para el manejo integrado de plagas y enfermedades limitantes de *Mussa spp* en el departamento y del cual hay una guía técnica para su implementación en campo.

Agradecimientos

El autor miembro del Grupo de investigación en uso y manejo de suelos y aguas con énfasis en degradación de suelos de la Universidad Nacional Sede Palmira, agradece a los agricultores de Plátano del Valle del Cauca por facilitar los predios para la realización del estudio, a Elena Velásquez y Patrick Lavelle por guiarme con sus conocimientos en la realización de este trabajo, a la Gobernación del Valle del Cauca por la financiación del proyecto de Sistema General de Regalías “Desarrollo de tecnologías innovadoras para el manejo integrado de plagas y enfermedades limitantes de plátano y banano en el valle del cauca” a la Universidad Nacional Sede Palmira por la financiación del subíndice del proyecto “Desarrollo y validación de tecnologías innovadoras y ecoeficientes, mediante investigación participativa con agricultores para el manejo del complejo de enfermedades y plagas en el cultivo de plátano y/o banano”, a la candidata a doctorado Yamileth Chaguezá Villareal ex coordinadora del Laboratorio de Biología de Suelos de CIAT por su gran aporte en

la clasificación y cuantificación de macrofauna edáfica y nemátodos fitoparásitos y a la Doctora Francia Varón por sus aportes en el conocimiento de nemátodos de vida libre.

BIBLIOGRAFÍA

Chagueza Villareal Y. (2011). Alternativas biológicas para el control de nematodos fitoparásitos en cultivo de plátano. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Gonçalves, C., Santana-Gomes, S., Kluge, E., Rosa, H., Da Rosa, F., Dias-Arieira, C. (2022). Management systems for nematode control in soybean fields in Shout-central Paraná Brazil. Pesquisa Agropecuária Brasileira ISSN 1678-3921. DOI: 10.1590/s1678-3921.pab2022.v57.02526.

Da Silva, E., Velásquez, E., Santos, A., Bartz, M. L. C., Lavelle, P., Gardner, B. G. (2015) Indicador general de calidad del suelo en diferentes sistemas de uso del suelo en el Sur de Brasil. V Congreso Latinoamericano de Agroecología La Plata Argentina.

Dias-Arieira, C., Ceccato, F., Marinelli, E., Vechi, J., Arieira, G., Santana-Gomes, S. (2021). Correlations between nematodes numbers, chemical and physical soil properties, and soybean yield under different cropping systems. Revista Rhizosphere vol 19 DOI-10.1016/j.rhisp.2021.10386

Delgado-González, C. R., Rodríguez-Laguna, R., Capulín-Grande, J.,

Maldariaga-Navarrete, A., Islas-Pelcastre, M. (2022). Caracterización fisicoquímica de suelos salinos agrícolas, en la localidad de Chicavasco, estado de Hidalgo, México: Physicochemical characterization of saline agricultural soils in the town of Chicavasco, Hidalgo State, Mexico. South Florida Journal of Development, 3(1), 335–344.

<https://doi.org/10.46932/sfjdv3n1-026>.

Feijoo, A., Zuñiga, C., Quintero, H., Carvajal, A. (2010) Patrones de asociación entre variables del suelo y usos del terreno en la cuenca del río La Vieja, Colombia. Acta Zool Mex 2:151-164.

García, Y., Ramírez, S., Sánchez, S. (2012). Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. 35. 125-138.

Giraldo Sánchez, N. (2020). Indicadores de calidad del suelo para el monitoreo de la sostenibilidad de los Sistemas Silvopastoriles Intensivos (SSPI) en la Ecorregión Cafetera, Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Izidoro, Jr., A., E. J. Silva, G. Tarini, J. C. Bordin, B. A. Silva, L. Ambrosano, C. R. Dias-Arieira. (2021). Aqueous extract of castor bean seed cake for the control of *Pratylenchus brachyurus* in soybean. Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Campus Regional de Umuarama, 87507-290, Umuarama, PR, Brasil; *Corresponding author: crdariaeira@uem.br Nematropica 51:1-8.

Jamioy, D., Menjivar, J.C., Rubiano, Y. (2015) Indicadores químicos de calidad de

suelos en sistemas productivos del Piedemonte de los Llanos Orientales de Colombia. *Acta Agronómica Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira*. 64-4 p 302-307 ISSN 0120-2812 | e-ISSN 2323-0118. doi: <http://dx.doi.org/10.15446/acag.v64n4.38731>

Lavelle, P., Rodríguez, N., Arguello, O., Bernal, J., Botero, C., Chaparro, P., Gómez, Y., Gutiérrez, A., Hurtado, M. Del P., Loaiza, S., Xiomara Pullido, S., Rodríguez, E., Sanabria, C., Velásquez, E., Fonte, S.J., 2014. Soil ecosystem services and land use in the rapidly changing Orinoco River Basin of Colombia. *Agric. Ecosyst. Environ.* 185, 106–117. doi:10.1016/j.agee.2013.12.020

Millenium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*, Island Pre.ed. Washington, DC.

Millán-Carvajal, C. (2018). *Caracterización socioeconómica y biofísica de fincas productoras de plátano y banano en el Valle del Cauca*. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Morales Manzano, I. I. (2017). *Estudio de la actividad enzimática del suelo bajo condiciones de cultivo ecológico y convencional en una colección de pimientos y chiles (Capsicum spp.)*. Universitat Politècnica de Valencia - Instituto de Conservación y Mejora de la Agrodiversidad Valenciana, Madrid.

Peña, D. I., Elizondo, E., Ruelas, L. C., Fontalvo-Buelvas, C. (2021). *Evaluación de la calidad del suelo en agroecosistemas*

tropicales de Xalapa y Emiliano Zapata en el estado de Veracruz, México. *Suelos Ecuatoriales* 51 (1 y 2): 25-36 - DOI: 10.47864/SE(51)2021p25-36_139 Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo.

Pulleman, M., Creamer, R., Hamer, U., Helder, J., Pelosi, C., Pérès, G., Rutgers, M., 2012. Soil biodiversity, biological indicators and soil ecosystem services-an overview of European approaches. *Curr. Opin. Environ. Sustain.* 4, 529–538. doi:10.1016/j.cosust.2012.10.009

R Core Team (2013) *R: a language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>

Varón de Agudelo, F., Castillo, G. P. (2001). *Seminario taller sobre identificación de nematodos de importancia agrícola – Guía Práctica ASCOLFI Palmira*.

Velásquez, E.; Lavelle, P.; Grimaldi, M.; Martins, M.; Didier Brunet; Céline Pelosi; Ana Carolina Rendeiro.; Edmundo Barrios 2007b. This ped is my ped: Visual separation and near infrared spectra allow determination of the origins of soil macroaggregates. *Pedobiología*, v. 51, p. 75-87.

Velásquez, E., Lavelle, P., Andrade, M., 2007a. GISQ, a multifunctional indicator of soil quality. *Soil Biol. Biochem.* 39, 3066–3080. doi:10.1016/j.soilbio.2007.06.013