



Evaluación de la correlación entre el porcentaje de materia orgánica, masa radicular y productividad en el cultivo de banano

Evaluation of the correlation between the percentage of organic matter, root mass and productivity in banana cultivation

Avaliação da correlação entre a percentagem de matéria orgânica, a massa radicular e a produtividade na cultura da banana

Angie Betsabeth Balseca Espinoza ^I
abalseca3@utmachala.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-4290-3553>

José Nicasio Quevedo Guerrero ^{II}
jquevedo@utmachala.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-8974-5628>

Rigoberto Miguel García Batista ^{III}
rmgarcia@utmachala.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-2403-0135>

Correspondencia: abalseca3@utmachala.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 12 de enero de 2025 * **Aceptado:** 14 de febrero de 2025 * **Publicado:** 31 de marzo de 2025

- I. Universidad Técnica de Machala, El Oro, Ecuador.
- II. Universidad Técnica de Machala, El Oro, Ecuador.
- III. Universidad Técnica de Machala, El Oro, Ecuador.

Resumen

El banano es el cultivo agrícola de mayor importancia y superficie en el Ecuador, en la Provincia de El Oro la economía gira en torno a su producción, por esto es fundamental comprender las interacciones entre planta-suelo-ambiente y buenas prácticas culturales de manejo sostenible. El objetivo de este trabajo fue evaluar la correlación existente entre el porcentaje de materia orgánica, masa radicular y productividad en el cultivo de banano. En una plantación de banano establecida, se implementó un diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA), con tres tratamientos, 3 repeticiones por tratamiento, con 5 unidades experimentales por repetición. Los tratamientos estuvieron compuestos por dos fuentes de M.O. (T1: Formula física + 10 kg Levón*ha⁻¹; T2: Formula física + 15 kg biocarbón*ha⁻¹) y un testigo hacienda (T3: Formula física). Las variables evaluadas fueron: porcentaje de M.O., población de nematodos, peso de raíces sanas, peso de raíces enfermas, peso de raíces muertas, peso total de raíces, peso de racimos y ratio. El tratamiento T1 registró valores de correlación positivos con todas las variables, seguido del tratamiento 2. En conclusión, mientras más alto sea el contenido de M.O. en el suelo. Mayor será el peso de raíces totales, el porcentaje de raíces sanas y mayor peso de los racimos de banano. La aplicación de M.O. basada en fuentes de carbono orgánico de origen animal mejoran la fertilidad, incrementa la actividad del microbiota del suelo y la productividad del cultivo. La mayor cantidad de raíces vivas y masa radicular de las plantas de banano se presenta en las plantas +3 m (etapa reproductiva).

Palabras clave: Carbono; microbiota; masa; productividad; banano.

Abstract

Banana is the most important and largest agricultural crop in Ecuador. In the El Oro Province, the economy revolves around its production, so it is essential to understand the interactions between plant, soil, and environment, as well as good cultural practices for sustainable management. The objective of this study was to evaluate the correlation between the percentage of organic matter, root mass, and productivity in banana crops. In an established banana plantation, a completely randomized block design (CRBD) was implemented, with three treatments, three replications per treatment, and five experimental units per replication. Treatments consisted of two sources of OM (T1: Physical formula + 10 kg Levón*ha⁻¹; T2: Physical formula + 15 kg biochar*ha⁻¹) and a farm control (T3: Physical formula). The variables evaluated were: OM percentage, nematode population, healthy root weight, diseased root weight, dead root weight, total root weight, bunch weight, and ratio. Treatment T1 recorded positive correlations with all variables, followed by treatment 2. In conclusion, the higher the soil OM content, the greater the total root weight, the percentage of healthy roots, and the weight of banana bunches. The application of OM based on animal-derived organic carbon sources improves fertility, increases soil microbiota activity, and increases crop

productivity. The greatest number of live roots and root mass of banana plants is found in plants over 3 m (reproductive stage).

Keywords: Carbon; microbiota; mass; productivity; banana.

Resumo

As bananas são a cultura agrícola mais importante e a maior área cultivada no Equador. Na província de El Oro, a economia gira em torno da produção. Assim, é essencial compreender as interações entre as plantas, o solo e o ambiente, bem como as boas práticas culturais para uma gestão sustentável. O objetivo deste trabalho foi avaliar a correlação entre a percentagem de matéria orgânica, a massa de raízes e a produtividade na cultura da banana. Numa plantação de banana estabelecida, foi implementado um delineamento de blocos ao acaso (DBCI), com três tratamentos, 3 repetições por tratamento, com 5 unidades experimentais por repetição. Os tratamentos consistiram em duas fontes de M.O. (T1: Fórmula física + 10 kg Levón*ha⁻¹; T2: Fórmula física + 15 kg biochar*ha⁻¹) e uma testemunha da exploração (T3: Fórmula física). As variáveis avaliadas foram: percentagem de M.O., população de nemátodes, peso de raízes saudáveis, peso de raízes doentes, peso de raízes mortas, peso total de raízes, peso de cachos e rácio. O tratamento T1 registou valores de correlação positivos com todas as variáveis, seguido do tratamento 2. Concluindo, quanto maior o M.O. conteúdo, melhor. no chão. Quanto maior for o peso total das raízes, maior será a percentagem de raízes saudáveis e maior será o peso dos cachos de banana. O M.O. aplicações baseadas em fontes de carbono orgânico de origem animal melhoram a fertilidade, aumentam a atividade da microbiota do solo e a produtividade das culturas. A maior quantidade de raízes vivas e massa radicular das bananeiras está presente nas plantas +3 m (estádio reprodutivo).

Palavras-chave: Carbono; microbiota; massa; produtividade; banana.

Introducción

El banano es una fruta que está entre las de mayor consumo a nivel mundial, cada vez son más mercados internacionales los que la demandan debido a su alto valor nutricional, exquisito sabor y calidad (Carvajal *et al.*, 2019). Ecuador es el principal exportador de banano calidad premium, según Mata *et al.*, (2021) señalan que la presencia del banano ecuatoriano en el comercio mundial sigue aumentando con el tiempo. La importancia que tiene la producción de banano en la economía y el comercio nacional e internacional fortalecen la necesidad de generar investigación que genere resultados confiables y permitan innovar prácticas de manejo integrado del cultivo volviéndolo sostenible y resiliente con el medio. El rublo banano en la economía del país, es una de las principales bases de dinamización monetaria local (León *et al.*, 2022). Ecuador, registro en el año 2020 una superficie sembrada de banano de 186.222 hectáreas, de estas 42.513 se encuentran en la provincia de El Oro al sur del país (Márquez *et al.*, 2021). La importancia del cultivo de

banano en la economía nacional, como fuente de trabajos en toda su cadena productiva, logística y de comercialización en el Ecuador, es clave fortalecer su vigencia y mejorar su producción más allá de enfocarse solo en la cantidad, debe apuntar más a la calidad, para lograr entrar y posesionarse en mercados exigentes en productos con baja carga química, obtenidos con la menor huella de contaminación del medio ambiente, cuya demanda crece de forma exponencial internacional, lo cual se traducirá en más beneficios económicos y aumento de plazas laborales para el país. Lograr esto, demanda mayor investigación de mecanismos y labores que mejoren el rendimiento por unidad de producción paralelamente aumentando también su calidad, con la menor contaminación posible, demostrando de forma documentada y ética, procesos de producción eficientes y sostenibles, que garanticen el bienestar de todos los involucrados en sus procesos de producción y consumo. Una alta rentabilidad de la producción agrícola debe ir de la mano con el manejo sostenible del suelo, teniendo en cuenta sus niveles óptimos de M.O., un equilibrio en el macro y microbiota, uso racional de fertilizantes y demás agroquímicos (Haylin & Heiniger, 2020). Actualmente la mayoría de los suelos agrícolas del Ecuador presentan afectaciones por la sobre explotación de monocultivos, entre ellos figura principalmente el banano, ocasionando la degradación constante de la estructura del suelo propiciando su consiguiente compactación, pérdida del microbiota, baja disponibilidad de nutrientes, y problemas de infiltración del agua para llegar a capacidad de campo, lo que merma su potencial productivo, rompiendo el equilibrio y el balance nutricional suelo-planta. La pérdida del macro y microbiota del suelo genera un efecto negativo directo en los porcentajes de contenido de M.O., del suelo, ya que se afecta la actividad biológica que permita el reciclaje de los restos orgánicos generados en el cultivo (Sánchez, Azuero, & Condor, 2021). Así también el uso irracional de fertilizantes químicos, nematicidas, herbicidas y demás plaguicidas degradan los suelos agrícolas, causando eutrofización, contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, contaminación del aire, desequilibrio de los ecosistemas y reducción de la biodiversidad en todos sus niveles (Gonzales, 2019). El sistema radicular del banano es el pilar fundamental para el desarrollo del cultivo, porque además de ser un soporte para la planta, es la principal vía para la adsorción de agua y nutrientes esenciales que la planta necesita para su ciclo de vida. Otra función que realiza el sistema radicular es almacenar productos para una alimentación adecuada, formando un entorno apropiado para los diversos macro y microorganismos benéficos que se encuentra en la rizosfera. Es por esto que se considera uno de los órganos más importantes de las plantas. (Saavedra, 2017). La planta de banano en óptimas condiciones debe producir entre doscientas y quinientas raíces. Las principales funciones de la raíz es el anclaje, la absorción de agua y nutrientes, la síntesis y almacenamiento de hormonas. El desarrollo y funcionamiento de las raíces puede ser afectado por el tipo de suelo (Galan & Rangel, 2017).

La aplicación de enmiendas y de enraizadores suelen ser las opciones más comúnmente usadas para incrementar la masa radicular y mejorar la producción de banano. En zonas donde se han registrado las más altas producciones de banano, actualmente se evidencian problemas de alta salinidad, compactación, bajo rendimiento, altos costos de producción, lo que se puede mitigar mediante la aplicación de materia orgánica y microorganismos benéficos para propiciar que existan raíces más sanas y abundantes (Córdova *et al.*, 2020). La fertilización, debe ser concebida como una de las labores culturales más determinantes para cuidar la salud del suelo y el sistema radicular de los cultivos, ya que determinará la velocidad de crecimiento del cultivo, a nivel foliar como radicular, con el objetivo cosechar fruta de calidad para el consumo local e internacional (Tenesaca *et al.*, 2020).

El carbón vegetal ha sido considerado como un mejorador de la calidad debido a que aumenta la fertilidad, producción y rendimiento de cultivos, aumenta la retención de agua y la capacidad de intercambio catiónico y reduce la lixiviación de nutrientes, acidez del suelo. (Inostroza, Diez, & Gallardo, 2019). El carbón vegetal de uso agrícola es actualmente una enmienda orgánica de uso frecuente para aumentar la salud del suelo en diversos cultivos (Lehmann *et al.* 2011). De acuerdo con Rao y otros. (2016), el biocarbón cuenta con atributos que ayudan a mejorar las propiedades fisicoquímicas de los suelos, incrementa la biodiversidad microbológica, promover la supresividad y el crecimiento vegetal, así como resistencia sistémica. Las moléculas orgánicas específicas contenidas en el biocarbón fresco de acuerdo Con Lehmann *et al.* (2011), pueden ser uno de los factores clave para el incremento de la abundancia y la actividad de la microbiota del suelo. Xiao-Ke y otros. (2013), confirmaron la capacidad del biocarbón para incrementar las poblaciones de nematodos de vida libre y disminuir la presencia de nematodos fitoparásitos, entre los cuales está *Pratylenchus spp.* cuya especie *P. coffeae* es endoparásito migratorio en banano.

En vista a lo antes mencionado, la presente investigación se plantea como objetivo evaluar la correlación existente entre el porcentaje de materia orgánica, masa radicular y productividad en el cultivo de banano.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la Agrícola Sarahi, ubicada en el Sitio El Vergel km 1/2 via Guabo - Pasaje, El Guabo, Ecuador, en las coordenadas 3°15'08.0"S 79°48'54.0"W. El clima es tropical cálido, con una media de temperatura anual de 27 grados centígrados y una precipitación anual de 750 mm. Los suelos de la zona donde se ubica finca son del orden Alfisol con una clase textural franco-Arenosa. Cuenta con sistema de riego automatizado y toda la plantación está bajo un modelo de producción convencional. La plantación de banano cuenta con 10 años de haber sido establecida, el cultivar corresponde a Cavendish gigante, con una densidad de siembra aproximada de 1400 plantas por hectárea.

Para poder establecer el tipo de plantas (fase fenológica del cultivo) con mayor cantidad de masa radicular, se realizó un muestreo de 15 plantas por fase fenológica al azar en diferentes lotes siguiendo un DBCA

debido a lo heterogéneo de los bloques (lotes muestreados), paralelamente también se evaluó el nivel de compactación del suelo, se tomaron muestras de suelo para analizar pH, C.E. y M.O., y desde que etapa se debía comenzar la aplicación de los tratamientos hasta llegar a la cosecha y determinar los resultados.

Una vez conocido el tipo de plantas a utilizar en el experimento, se seleccionó el material vegetal utilizándose 15 plantas de cada etapa fenológica seleccionadas para evaluarlas hasta la cosecha (15 plantas +3m, 15 plantas prontas 6-8 S; 15 plantas -3m; y 15 hijos +2m) todas del cultivar Cavendish gigante, distribuidas en 3 tratamientos, con 3 repeticiones y 5 unidades experimentales cada repetición. El área total del ensayo fueron 8 ha. El diseño experimental que se llevó a cabo fue de bloques completamente al azar (DBCA) con tres tratamientos (T1, T2 y T3), 3 repeticiones por tratamiento y 5 unidades experimentales por repetición (Tabla 1). El trabajo de campo se efectuó desde junio de 2024 hasta enero de 2025.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos

Tratamientos	T1	T2	T3
Fertilizantes			
Mezcla física N (18,26%), P (2,50%), K (24%), Mg (3%), S (0.84%), Bo (0.38%), Si (3.96%), Zn (0.15%), Ca (0.26%)	3.5 sacos*ha ⁻¹	3.5 sacos*ha ⁻¹	3.5 sacos*ha ⁻¹ 1
Enmienda de M.O.	Levón	Biocarbón	Sin M.O.
Dosis usada	10 kg*ha ⁻¹	140 kg*ha ⁻¹	0

Metodología

Aplicación de los tratamientos

Para la aplicación edáfica de los tratamientos, las mezclas físicas se prepararon en el momento de la aplicación, las aplicaciones se realizaron en la corona alrededor de las plantas (Figura 2) previamente etiquetadas en los respectivos bloques del diseño experimental, cada planta recibió la dosis correspondiente mensualmente por 3 (plantas +3 m y prontas 6-8 semanas) y 4 (plantas -3 m e hijos +2 m) veces de acuerdo con el tipo de planta respectivamente.



Figura 2. a) aplicación de los tratamientos. B) Medición de la compactación del suelo

Variables evaluadas

Peso y porcentaje de raíces sanas, enfermas y muertas: es la cantidad de raíces funcionales (vivas), expresada en gramos, de una muestra. El muestreo se lo realizó en plantas al azar (cinco plantas por repetición en cada tratamiento); a una distancia de 25 cm de la planta madre se cavó un agujero de 20 cm x 15 cm x 30 cm de profundidad (Figura 3), se recolectaron las raíces encontradas y se separó en tres grupos, sanas, enfermas y muertas, para luego determinar el peso y el porcentaje de cada una de las clases (Agrocalidad, 2020).



Figura 3. Muestreo de suelo

Peso total de raíces: se trata de determinar el peso en gramos de raíces obtenidas por unidad experimental evaluada (sanas, enfermas y muertas). Peso de raíces enfermas: se puede definir como la cantidad de raíces

que presentan problemas o daños ocasionados por nematodos, deshidratación, asfixia o quema. Peso de raíces muertas: es la cantidad de raíces muertas en relación con el total del muestreo realizado. Para el conteo de las diferentes especies de nematodos se realizó en 100 g de raíces totales, las muestras se enviaron a un laboratorio privado especializado en análisis nematológicos, para tener resultados confiables.

La compactación del suelo se la realizó a una profundidad de 30 cm del suelo con un penetrómetro marca agraTronix el mismo que dispone de un indicador análogo codificado con colores para evaluación de la compactación donde: Verde (0 a 200psi): buenas condiciones para el cultivo; Amarillo (200 a 300psi): condiciones justas para el cultivo; y Rojo (300psi para arriba): Condiciones pobres para el cultivo. El pH en agua y KCl se realizó siguiendo el procedimiento PEE/SFA/06 publicado por Agrocalidad (2024) para Procedimiento Específico de ensayo determinación de pH en suelos. La determinación de la conductividad eléctrica de las muestras de suelo se la realizó siguiendo la metodología PEE/SFA/08 de Agrocalidad (2024). El porcentaje de M.O. de las muestras se realizó por el método de Walkley-Black propuesto por FAO (2019). Para determinar el peso y ratio de los racimos se utilizó una balanza digital, calculadora, como las plantas estaban debidamente etiquetadas, el día del corte se hizo el respectivo seguimiento y se tomaron los datos en el patio de racimos.

Tabla 2. Variables y frecuencia de toma de datos

<i>Variables evaluadas</i>	<i>Frecuencia en días</i>	<i>Siglas</i>
<i>Peso total de raíces</i>	90	Pesototal
<i>Peso de raíces sanas</i>	90	Prsanas
<i>Peso de raíces enfermas</i>	90	PREnferm
<i>Peso de raíces muertas</i>	90	PRMuertas
<i>Porcentaje de raíces sanas</i>	90	PRs
<i>Porcentaje de raíces enfermas</i>	90	PRE
<i>Porcentaje de raíces muertas</i>	90	PRm
<i>Nematodos Radopholus similis</i>	90	Radophol.
<i>Nematodos Helicotylenchus</i>	90	Helicotyl.
<i>Nematodos Pratylenchus</i>	90	Pratylen.
<i>Nematodos Meloidogyne</i>	90	Meloido.
<i>Compactación del suelo PSI</i>	90	PSI
<i>pH del suelo en agua</i>	90	pHagua
<i>pH del suelo en KCl</i>	90	pHkcl
<i>Conductividad eléctrica del suelo</i>	90	CE
<i>Porcentaje de materia orgánica</i>	90	MO
<i>Peso de racimos</i>	120	peso
<i>Ratio</i>	120	ratio

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico, los datos fueron sometidos al análisis de varianza (ADEVA) de un factor con la verificación de los supuestos de normalidad de datos y la homogeneidad de las varianzas. Además, para las pruebas post hoc se realizó Tukey (0,05%) para identificar los subconjuntos homogéneos de las medias que no difieran entre sí. Todas las pruebas fueron ejecutadas mediante el software SPSS versión 25 (IBM, 2022).

Resultados y discusión

Los resultados de las correlaciones de Pearson nos señalan que existen correlaciones significativas entre las etapas fenológicas y la aplicación de dos fuentes de M.O., y las variables estudiadas tales como porcentaje de raíces sanas, peso de los racimos y ratio con un coeficiente de 0.640 lo que indica que la magnitud de estas relaciones es importante, los coeficientes de correlación y significancia entre las variables evaluadas en plantas +3 m se pueden observar en la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados de la correlación de Pearson de las variables tomadas en raíces, parámetros fisicoquímicos y la producción obtenida en plantas +3m de banano.

Tipoplanta		Correlaciones						
		pHagua	pHkcl	CE	MO	peso	ratio	
Plantas +3 mts	Pesototal	Correlación de Pearson	.430	.243	-.191	.233	.491	.485
		Sig. (bilateral)	.110	.382	.496	.402	.063	.067
	Prsanas	Correlación de Pearson	.630*	.326	-.197	.331	.640*	.640*
		Sig. (bilateral)	.012	.236	.481	.228	.010	.010
	PREnferm	Correlación de Pearson	-.208	-.143	-.064	.083	.152	.140
		Sig. (bilateral)	.457	.612	.820	.770	.589	.619
	PRMuertas	Correlación de Pearson	-.414	-.066	.167	-.505	-.779**	-.784**
		Sig. (bilateral)	.125	.816	.552	.055	.001	.001
	PRs	Correlación de Pearson	.705**	.400	-.074	.276	.608*	.614*
		Sig. (bilateral)	.003	.139	.793	.320	.016	.015
	PRe	Correlación de Pearson	-.384	-.204	.055	-.067	-.023	-.034
		Sig. (bilateral)	.157	.467	.846	.813	.935	.904
	PRm	Correlación de Pearson	-.439	-.193	.137	-.346	-.677**	-.676**
		Sig. (bilateral)	.102	.491	.625	.206	.006	.006
	Radophol	Correlación de Pearson	.456	.809**	.436	-.854**	-.359	-.358
		Sig. (bilateral)	.088	.000	.104	.000	.189	.190
	Helicotyl	Correlación de Pearson	.491	.832**	.431	-.846**	-.330	-.330
		Sig. (bilateral)	.063	.000	.108	.000	.229	.230
	Pratlyen	Correlación de Pearson	.349	.735**	.444	-.870**	-.437	-.436
		Sig. (bilateral)	.203	.002	.097	.000	.104	.104
PSI	Correlación de Pearson	-.302	.024	.277	-.587*	-.233	-.236	
	Sig. (bilateral)	.275	.934	.317	.021	.404	.397	

*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

**.. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

En los resultados también notamos que en plantas prontas a la floración (6-8 semanas a florecer) existe una alta correlación negativa (-0.702, -0.703 y -0.708) entre raíces muertas y el porcentaje de M.O. del suelo, así como con peso de los racimos y ratio (Tabla 3), lo cual indica que a mayor cantidad de raíces muertas por planta habrá una disminución en el peso de racimo y el número de cajas por hectárea, lo cual no coincide por lo señalado por Chávez-Velazco et al.,(2009) quienes en su estudio evaluaron 110 plantas de banano en una plantación ubicada en Ecuador, y establecieron que, aunque se observaron variaciones en las poblaciones de nematodos (de 12000 a 24,000 individuos por 100 g de raíces), no se registró correlaciones significativas entre el número de nematodos y el peso del racimo de las plantas madres, pero recomiendan hacer seguimiento al sistema radicular en los hijos retorno. Es importante señalar que en las plantas prontas a la parición el porcentaje de M.O. y el peso y porcentaje de raíces muertas muestran coeficientes negativos altos de correlación, estableciendo que para lograr un mínimo de daño radicular el porcentaje de M.O. debe aumentarse en el suelo, lo cual paralelamente disminuirá los niveles de compactación (PSI) y mantendrá en equilibrio las poblaciones de nematodos fitopatógenos y nematodos controladores.

Los resultados obtenidos en plantas prontas (6 a 8 semanas antes de la floración), con coeficientes de correlación altos, especialmente entre las poblaciones de *Radopholus similis* y la conductividad eléctrica (C.E. en mS/cm) con un valor de 1 (Tabla 3), indicando que la cantidad de sales presentes en el suelo son una condicionante significativa para la dinámica poblacional de *Radopholus similis* en las raíces de las plantas de banano, estos resultados se relacionan también con lo expuesto por Matus et al., (2000) quienes señalan en su trabajo la forma cómo la materia orgánica influye en la dinámica del suelo y directamente en la salud radicular de las plantas, debido a que el carbono que forma parte mayoritaria de la M.O., es indispensable para salud de las raíces de forma significativa, como se observa las medias de materia orgánica son bajas (1.9 a 2.1) cuyo coeficiente de correlación es negativo y alto (-0.702), además contribuye al incremento de la actividad microbiológica del suelo aumentando la disponibilidad de nutrientes y su absorción por las raíces.

Tabla 3. Resultados de la correlación de Pearson de las variables tomadas en raíces, parámetros fisicoquímicos y la producción obtenida en plantas de banano prontas a 6-8 semanas de la floración.

Correlaciones			pHagua	pHkcl	CE	MO	peso	ratio	
Tipoplanta	Plantas prontas (6-8 S)	Pesototal	Correlación de Pearson	-.131	-.422	-.383	-.310	-.341	-.336
			Sig. (bilateral)	.643	.117	.159	.262	.214	.221
	Prsanas	Correlación de Pearson	-.478	-.583*	-.541*	-.251	-.512	-.507	
			Sig. (bilateral)	.072	.023	.037	.367	.051	.054
	PREnferm	Correlación de Pearson	.057	-.063	-.006	-.067	.040	.045	
			Sig. (bilateral)	.841	.824	.984	.813	.887	.874
	PRMuertas	Correlación de Pearson	.231	-.498	-.650**	-.702**	-.703**	-.708**	
			Sig. (bilateral)	.408	.059	.009	.004	.003	.003
	PRs	Correlación de Pearson	-.398	-.033	-.006	.238	-.038	-.037	
			Sig. (bilateral)	.142	.906	.982	.392	.893	.896
	PRe	Correlación de Pearson	.246	.105	.149	-.056	.259	.261	
			Sig. (bilateral)	.376	.709	.597	.842	.352	.347
	PRm	Correlación de Pearson	.460	-.184	-.375	-.517*	-.576*	-.585*	
			Sig. (bilateral)	.084	.511	.169	.049	.025	.022
	Radophol	Correlación de Pearson	.805**	.302	.000	-.249	-.207	-.209	
			Sig. (bilateral)	.000	.275	1.000	.370	.460	.454
	Helicotyl	Correlación de Pearson	.796**	.276	-.027	-.274	-.228	-.230	
			Sig. (bilateral)	.000	.319	.925	.324	.415	.409
	Pratlyen	Correlación de Pearson	.805**	.302	.000	-.249	-.207	-.209	
			Sig. (bilateral)	.000	.275	1.000	.370	.460	.454
PSI	Correlación de Pearson	.614*	.211	.023	-.228	.050	.045		
		Sig. (bilateral)	.015	.451	.937	.413	.859	.873	

*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

**.. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

En las plantas -3 metros de altura (Tabla 4) las poblaciones de nematodos en el suelo muestra un coeficiente de correlación significativa con el pH del suelo (0,648 a 0,707) señalando que esta correlación es positiva mientras el pH se mantenga por encima de 5, de esta manera es fundamental manejar la tabla de agua, la presencia de Fe^{+3} , S, Al y otros elementos que puedan bajar el pH, lo cual favorecería el aumento de las poblaciones de nematodos fitopatógenos de las raíces del banano, esto concuerda con lo señalado por Pattison et al., (2006) quienes estudiaron la relación entre el pH del suelo y las poblaciones de nematodos en plantaciones de banano en Costa Rica y encontraron que en suelos con pH neutro se reduce el número de nematodos parásitos de las raíces del banano.

Al analizar los coeficientes de correlación del porcentaje de raíces muertas con las variables pH del suelo tanto medido en agua y el KCL los coeficientes de correlación son positivos y significativos (0.736 y 0.689 respectivamente. Tabla 4) si los valores de pH son mayores a 5, pero los coeficientes son negativos y significativos con la C.E., y los porcentajes de M.O., del suelo provocando un efecto de correlación significativo pero negativo con el peso de los racimos y el ratio procesado en banano.

No existen trabajos actuales que se enfoquen en estudiar estas correlaciones con ensayos experimentales que puedan servir de contraste para nuestro trabajo, por tal motivo los resultados obtenidos permitirán tener un punto de partida para futuras investigaciones acerca de este tema.

Tabla 4. Resultados de la correlación de Pearson de las variables tomadas en raíces, parámetros fisicoquímicos y la producción obtenida en plantas de banano -3m de altura.

			Correlaciones					
Tipoplanta			pHagua	pHkcl	CE	MO	peso	ratio
Plantas -3 mts	Pesototal	Correlación de Pearson	-.017	.031	-.176	.018	-.154	-.150
		Sig. (bilateral)	.951	.911	.531	.949	.583	.595
	Prsanas	Correlación de Pearson	-.284	-.456	.116	.364	.400	.405
		Sig. (bilateral)	.304	.088	.681	.183	.140	.134
	PREnferm	Correlación de Pearson	-.308	-.127	.357	-.010	.048	.046
		Sig. (bilateral)	.265	.652	.192	.971	.865	.870
	PRMuertas	Correlación de Pearson	.552*	.623*	-.772**	-.311	-.701**	-.697**
		Sig. (bilateral)	.033	.013	.001	.260	.004	.004
	PRs	Correlación de Pearson	-.390	-.515*	.348	.341	.597*	.599*
		Sig. (bilateral)	.151	.050	.204	.213	.019	.018
	PRe	Correlación de Pearson	-.324	-.148	.472	-.004	.116	.112
		Sig. (bilateral)	.238	.599	.076	.988	.681	.690
	PRm	Correlación de Pearson	.736**	.689**	-.841**	-.353	-.743**	-.740**
		Sig. (bilateral)	.002	.005	.000	.197	.002	.002
	Radophol	Correlación de Pearson	.648**	.764**	-.042	-.258	-.313	-.315
		Sig. (bilateral)	.009	.001	.881	.353	.255	.252
	Helicotyl	Correlación de Pearson	.621*	.738**	.000	-.229	-.274	-.276
		Sig. (bilateral)	.013	.002	1.000	.413	.324	.320
	Pratylen	Correlación de Pearson	.707**	.823**	-.144	-.328	-.408	-.409
		Sig. (bilateral)	.003	.000	.607	.232	.132	.130
PSI	Correlación de Pearson	.717**	.654**	-.429	-.573*	-.546*	-.550*	
	Sig. (bilateral)	.003	.008	.110	.026	.035	.034	

*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

**.. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

En los hijos retorno +2 metros de altura (H +2 m) al llegar a la cosecha se observa que existe una correlación significativa y positiva (Tabla 5) entre los porcentajes de raíces sanas, peso de racimos y ratio procesado, estos resultados coinciden con los reportados por Restrepo (2010), quién expone que existe una relación directa entre las raíces sanas y el incremento en la productividad del cultivo de banano.

El peso total de raíces presenta un coeficiente de correlación negativo y significativo con la conductividad eléctrica del suelo (C.E. mS/cm), sugiriendo que se revise la presencia de sales en exceso o que al ser plantas jóvenes (H+2m) puede ser el efecto de la acumulación de la múltiple fertilización recibida en la misma zona, y debido a su estado fenológico aún no desarrollaban totalmente su sistema radicular.

Tabla 5. Resultados de la correlación de Pearson de las variables tomadas en raíces, parámetros fisicoquímicos y la producción obtenida en hijos retorno de banano de +2m de altura.

		Correlaciones						
Tipoplanta			pHagua	pHkcl	CE	MO	peso	ratio
Hijo +2 mts	Pesototal	Correlación de Pearson	.526*	.473	-.615*	.413	.453	.452
		Sig. (bilateral)	.044	.075	.015	.126	.090	.091
	Prsanas	Correlación de Pearson	.414	.364	-.308	.245	.515*	.512
		Sig. (bilateral)	.125	.182	.264	.378	.049	.051
	PREnferm	Correlación de Pearson	.525*	.525*	-.556*	.369	.323	.324
		Sig. (bilateral)	.045	.044	.031	.175	.241	.240
	PRMuertas	Correlación de Pearson	.178	.115	-.467	.275	.107	.108
		Sig. (bilateral)	.525	.683	.079	.321	.704	.702
	PRs	Correlación de Pearson	-.142	-.117	.335	-.189	.031	.028
		Sig. (bilateral)	.615	.677	.223	.500	.914	.921
	PRe	Correlación de Pearson	.412	.493	-.317	.272	.113	.117
		Sig. (bilateral)	.127	.062	.250	.326	.688	.678
	PRm	Correlación de Pearson	-.119	-.195	-.135	.017	-.103	-.102
		Sig. (bilateral)	.672	.487	.631	.951	.715	.716
	Radophol	Correlación de Pearson	-.944**	-.952**	.872**	-.790**	-.876**	-.878**
		Sig. (bilateral)	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	Helicotyl	Correlación de Pearson	-.584*	-.590*	.540*	-.481	-.543*	-.544*
		Sig. (bilateral)	.022	.021	.038	.069	.037	.036
	Pratylen	Correlación de Pearson	.491	.496	-.454	.402	.456	.457
		Sig. (bilateral)	.063	.060	.089	.137	.088	.087
PSI	Correlación de Pearson	-.485	-.497	.448	-.343	-.408	-.409	
	Sig. (bilateral)	.067	.060	.094	.210	.131	.130	

*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Los resultados de los análisis señalan que al usar 10 kg de Levón por hectárea (Tabla 6) como fuente de carbono (M.O.) sumado a su contenido de aminoácidos y otros elementos esenciales existe un coeficiente de correlación alto (0.460) y significativo (0.041) entre peso de raíces sanas y el porcentaje de M.O., lo cual se corresponde con lo expresado por Villarreal-Núñez, et al., (2013), mismos que encontraron en su trabajo de campo en suelos bananeros que los bajos niveles de materia orgánica presentes en el suelo se relaciona con una baja actividad biológica y una menor sanidad radicular.

Argel (2020) destaca la importancia de prácticas como la aplicación de materia orgánica para promover el desarrollo radicular y mejorar la sanidad de las raíces en el cultivo de banano, esto a su vez causa una correlación directa, alta positiva y significativa con la dinámica de poblaciones de nematodos parásitos de las raíces de banano como *Radopholus similis*.

Aquí también encontramos que el peso total de raíces se correlaciona positivamente y de forma significativa con el pH (Tabla 6) del suelo medido en agua, lo cual demuestra que la aplicación de Levón mejora el pH del suelo por su acción de retención de humedad, activación de la microbiota del suelo y la capacidad de mejorar la estructura radicular.

Estos resultados contribuyen a la implementación de planes de manejo de la tabla de agua, calidad, cantidad y forma de aplicación de los fertilizantes usados, retirar el usos de herbicidas y mejorar los contenidos de

M.O., especialmente en hijos retornos (H+2m) debido a que las constantes aplicaciones de fertilizantes con índices salinos muy altos causaran problemas en otros parámetros del suelo como la compactación (medida en PSI), las poblaciones de *Radopholus similis*, y aumento de la conductividad eléctrica del suelo, factores que el presente estudio demuestra que afectarán directamente en la salud radicular y la productividad del cultivo de banano, Yara México (2019) manifiesta que la aplicación técnica y eficiente de los fertilizantes, sumado a un buen suministro se M.O., garantizaran un alto porcentaje de raíces sanas y excelentes resultado a las cosechas.

Tabla 6. Resultados de la correlación de Pearson de las variables con la aplicación de 10 kg de Levón como fuente de M.O. en la mezcla física de fertilizantes.

Correlaciones								
Dosis			pHagua	pHkcl	CE	MO	peso	ratio
NPK+micros+10kgLevón	Pesototal	Correlación de Pearson	,585**	.212	-,490*	.229	-.009	-.010
		Sig. (bilateral)	.007	.370	.028	.332	.970	.968
	Prsanas	Correlación de Pearson	,667**	.042	-,467*	,460*	-.135	-.137
		Sig. (bilateral)	.001	.859	.038	.041	.571	.563
	PREnferm	Correlación de Pearson	.045	.143	-.093	-.204	.054	.057
		Sig. (bilateral)	.852	.547	.696	.389	.820	.810
	PRMuertas	Correlación de Pearson	.249	.347	-.334	.041	.210	.208
		Sig. (bilateral)	.290	.134	.150	.863	.375	.379
	PRs	Correlación de Pearson	.091	-.233	.033	.370	-.215	-.214
		Sig. (bilateral)	.703	.323	.891	.109	.362	.365
	PRe	Correlación de Pearson	-.192	.128	.132	-.443	.160	.162
		Sig. (bilateral)	.418	.592	.580	.050	.501	.496
	PRm	Correlación de Pearson	.111	.224	-.224	.059	.207	.202
		Sig. (bilateral)	.641	.342	.343	.805	.382	.393
	Radophol	Correlación de Pearson	-.297	-,836**	,554*	,589**	-,679**	-,680**
		Sig. (bilateral)	.203	.000	.011	.006	.001	.001
	Helicotyl	Correlación de Pearson	,787**	,935**	-,579**	-.081	,603**	,604**
		Sig. (bilateral)	.000	.000	.007	.735	.005	.005
	Pratylen	Correlación de Pearson	-,500*	-,926**	,599**	.436	-,693**	-,695**
		Sig. (bilateral)	.025	.000	.005	.055	.001	.001
PSI	Correlación de Pearson	-.281	-.427	.214	-.112	-.436	-.437	
	Sig. (bilateral)	.229	.060	.365	.637	.054	.054	

** *La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).*

* *La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).*

Los resultados de las correlaciones de Pearson mostrados en la Tabla 7 para las variables estudiadas con la aplicación de 140 kg de biocarbón por hectárea en todos los tipos de plantas evaluadas (+3m; PP (6-8 S); -3m e H+2m) demuestran un efecto positivo en los parámetros lo cual concuerda con lo expresado por Barrezueta et al., (2022).

Los coeficientes de correlación de Pearson son positivos y altamente significativos para la correlación entre peso de raíces sanas y pH del suelo (Tabla 7), lo cual indica que el biocarbón mejora dicho parámetro con su aplicación edáfica, dado que el biocarbón tiene una estructura porosa y cargas negativas que atrapan iones de Fe^{3+} , Al^{3+} , Cu^{2+} y S^{2-} que contribuyen a la acidificación del suelo principalmente a través de reacciones de hidrólisis y oxidación que liberan protones de H^+ y causan acidez en el suelo (Lehmann y Joseph, 2015). Así mismo Tuz et al., (2018) reporta que el uso de biocarbón en el manejo integrado del cultivo de banano clon Williams propicio mejoras en el desarrollo fenológico de las plantas, así como en parámetros de crecimiento y productividad. Además, se observó una reducción en la incidencia de enfermedades, lo que sugiere que la combinación de biocarbón y microorganismos eficientes puede ser una estrategia efectiva para el manejo sostenible del cultivo de banano.

La cantidad de 140 kg y la obtención del biocarbón sería una limitante para el uso de esta fuente a gran escala, ya que se obtiene del proceso de pirolisis de los raquis de racimos procesados dentro de la misma plantación, lo cual refuerza el manejo sostenible y el reciclaje de nutrientes contenidos en estos restos de cosecha que generalmente no se aprovechan en las plantaciones de banano, y que en muchos de los casos se convierten en un problema ambiental.

Tabla 7. Resultados de correlación de Pearson de variables evaluadas con la aplicación de 140 kg de Biocarbón/ha como fuente de M.O. en la mezcla física de fertilizantes.

		Correlaciones						
Dosis		pHagua	pHkcl	CE	MO	peso	ratio	
NPK+micros+140KgBiocarbón	Pesototal	Correlación de Pearson	.619**	.598**	-.485*	-.290	.056	.056
		Sig. (bilateral)	.004	.005	.030	.215	.816	.815
	Prsanas	Correlación de Pearson	.803**	.830**	-.438	-.178	-.075	-.075
		Sig. (bilateral)	.000	.000	.053	.452	.753	.755
	PREnferm	Correlación de Pearson	.011	-.018	-.179	-.299	.133	.133
		Sig. (bilateral)	.964	.940	.451	.201	.577	.577
	PRMuertas	Correlación de Pearson	.061	-.020	-.255	-.029	.158	.157
		Sig. (bilateral)	.798	.932	.277	.904	.506	.509
	PRs	Correlación de Pearson	.479*	.532*	-.077	.186	-.163	-.162
		Sig. (bilateral)	.033	.016	.747	.433	.491	.496
	PRe	Correlación de Pearson	-.390	-.384	.066	-.255	.147	.146
		Sig. (bilateral)	.089	.095	.783	.278	.537	.538
	PRm	Correlación de Pearson	-.239	-.332	.031	.052	.059	.056
		Sig. (bilateral)	.311	.153	.896	.829	.805	.814
	Radophol	Correlación de Pearson	.241	.338	.611**	.316	-.795**	-.798**
		Sig. (bilateral)	.307	.145	.004	.175	.000	.000
	Helicotyl	Correlación de Pearson	-.085	.050	.692**	.131	-.837**	-.841**
		Sig. (bilateral)	.721	.834	.001	.583	.000	.000
	Pratylen	Correlación de Pearson	.260	.354	.603**	.326	-.788**	-.791**
		Sig. (bilateral)	.269	.126	.005	.161	.000	.000
PSI	Correlación de Pearson	-.224	-.205	.331	.117	.232	.227	
	Sig. (bilateral)	.343	.385	.155	.624	.325	.335	

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

La aplicación de los fertilizante en mezcla física sin M.O., presenta correlaciones positivas y altamente significativas con la dinámica de las poblaciones altas de nematodos parásitos de las raíces, y coeficientes

de correlación super bajos con el porcentaje de raíces sanas, lo cual indica que la aplicación de fertilizantes solos sin M.O., afecta directamente a la productividad del cultivo.

Tabla 8. Resultados de correlación de Pearson de variables con la aplicación de la mezcla física de fertilizantes sin M.O.

Correlaciones			pHagua	pHkcl	CE	MO	peso	ratio	
Dosis	NPK+micros Hacienda	Pesototal	Correlación de Pearson	.042	-.054	-.405	.202	-.101	-.104
			Sig. (bilateral)	.859	.820	.077	.394	.672	.662
	Prsanas	Correlación de Pearson	-.014	-.019	-.146	.184	-.117	-.123	
			Sig. (bilateral)	.954	.937	.539	.438	.622	.607
	PREnferm	Correlación de Pearson	-.160	-.264	-.492*	-.068	.229	.227	
			Sig. (bilateral)	.501	.261	.028	.776	.331	.337
	PRMuertas	Correlación de Pearson	.496*	.402	-.031	.442	-.572**	-.568**	
			Sig. (bilateral)	.026	.079	.898	.051	.008	.009
	PRs	Correlación de Pearson	-.049	.059	.283	-.020	.010	.005	
			Sig. (bilateral)	.838	.806	.226	.933	.967	.982
	PRe	Correlación de Pearson	-.321	-.380	-.457*	-.273	.326	.325	
			Sig. (bilateral)	.168	.099	.043	.244	.161	.162
	PRm	Correlación de Pearson	.468*	.400	.202	.370	-.423	-.416	
			Sig. (bilateral)	.038	.080	.394	.108	.063	.068
	Radophol	Correlación de Pearson	.926**	.856**	.408	.903**	-.166	-.175	
			Sig. (bilateral)	.000	.000	.074	.000	.484	.460
	Helicotyl	Correlación de Pearson	-.451*	-.084	.612**	-.398	.202	.202	
			Sig. (bilateral)	.046	.725	.004	.082	.393	.394
	Pratlyen	Correlación de Pearson	.770**	.494*	-.191	.725**	-.215	-.220	
			Sig. (bilateral)	.000	.027	.420	.000	.362	.352
	PSI	Correlación de Pearson	.252	.274	.332	.173	.285	.276	
			Sig. (bilateral)	.284	.242	.153	.466	.223	.240

***. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).*

**. La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral).*

Los resultados del análisis de varianza de las variables estudiadas (Tablas 9 y 10) de forma general sin tomar en cuenta la etapa fenológica de las plantas, solo los tratamientos, señalan que existen diferencias significativas en las medias de Porcentaje de raíces sanas y peso del racimo, destacándose los tratamientos T1 y T2 con medias similares entre sí, pero diferentes a las medias del T3. Otros parámetros como porcentaje de M.O., y nivel de compactación del suelo (PSI), pH tanto medido en solución con agua y KCl muestran diferencias que estadísticamente no son significativas, pero son realmente determinantes para la mejor absorción de los nutrientes y la sanidad del sistema radicular.

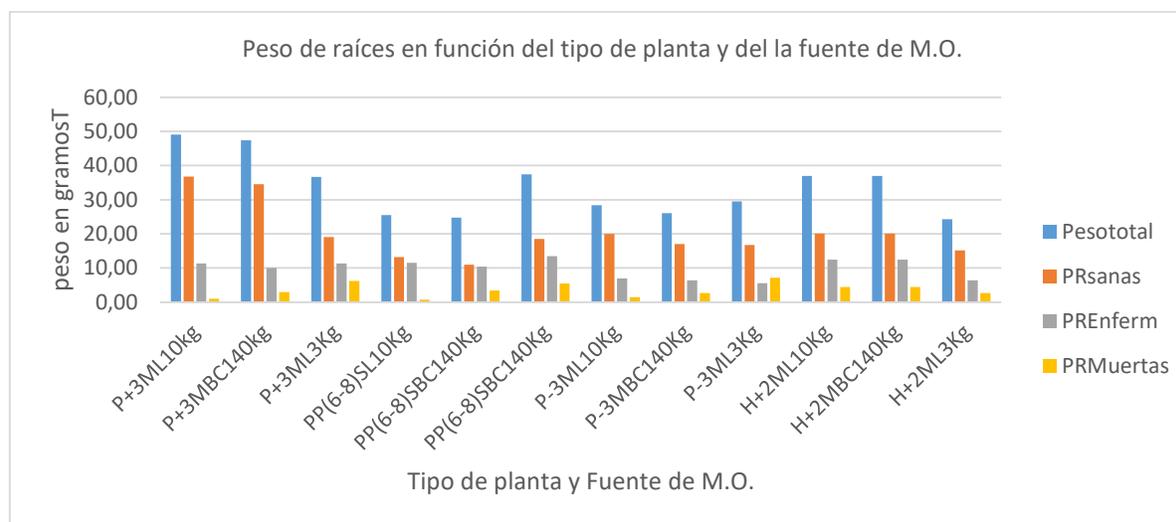
Tabla 9. Resultados del ADEVA en las variables analizadas en raíces

Tratamientos	PRTotal (g)	PRsan (g)	PREnfe (g)	PRmu (g)	PRs (%)	Pre (%)	PRm (%)
T1	35,00	22,52	10,56	1,92	65,36	28,77	5,20
T2	33,82	20,67	9,85	3,38	61,26	28,55	10,28
T3	31,98	17,38	9,21	5,40	55,41	26,77	17,82
Sig. (0,05)	0,595	0,50	0,816	0,37	0,065	0,875	0,174

Tabla 10. Resultados del ADEVA en las variables tomadas en suelo y de producción

Tratamientos	PSI (suelo)	pH (H2O)	pH (KCl)	C.E (mS/cm)	M.O (%)	Peso (Lb)	Ratio
T1	96,50	5,22	4,14	1,17	2,08	66,04	1,53
T2	116,25	5,50	4,62	1,19	1,98	62,82	1,46
T3	119	4,99	3,85	0,95	1,87	51,03	1,20
Sig. (0,05)	0,164	0,583	1,00	0,571	1,00	0.051	1,00

La figura 4 denota el efecto de la M.O. y los aminoácidos que posee el T1 que lleva 10 kg de Levon en la mezcla aplicada tanto en las plantas +3 m, plantas prontas PP (6-8 S), plantas -3m e hijos +2 m presentan un mayor peso total de raíces, mayor porcentaje de raíces sanas y se diferencian del T3 donde se aplicó solo la mezcla física de fertilizantes. El uso de materia orgánica favorece un mayor desarrollo del sistema radicular. Reduce la cantidad de raíces enfermas y muertas, promoviendo un sistema más saludable, promoviendo el fortalecimiento del microbiota del suelo, garantizando la calidad y cantidad de las cosechas.

**Figura 4.** Peso de total de raíces, peso de raíces sanas, enfermas y muertas

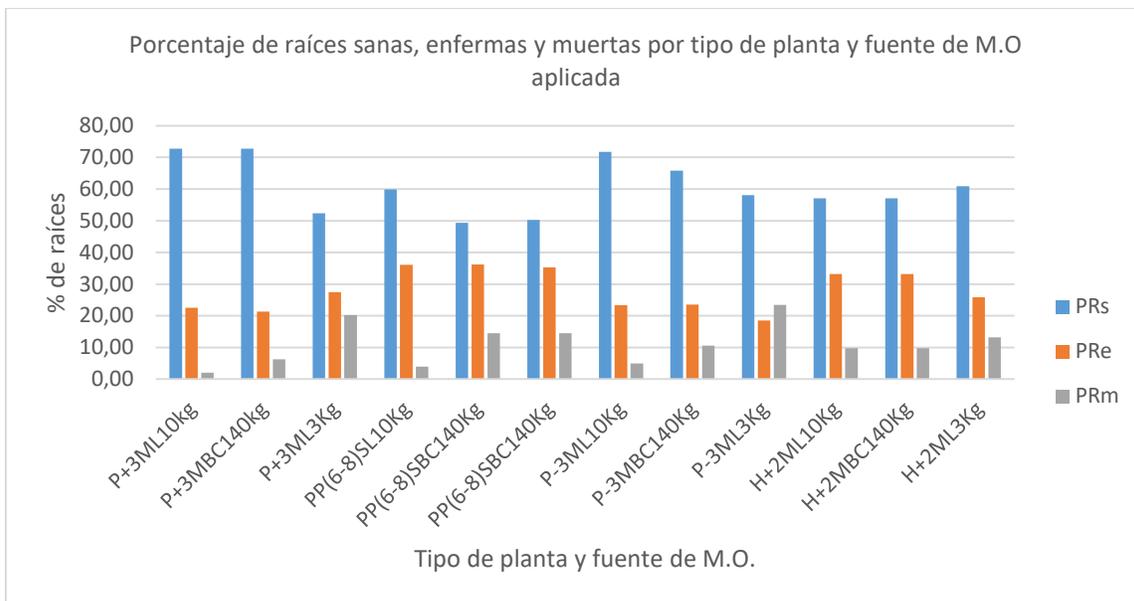


Figura 5. Porcentaje de raíces sanas, enfermas y muertas según tratamientos y tipos de plantas

En la Figura 6 se evidencia la eficiencia de la aplicación de 10 kg de Levón como fuente de M.O. en mezcla física con los fertilizantes, el número de nematodos *Radopholus similis*, *Helicotylenchus* y *Pratylenchus* es menor en los 4 estados fenológicos de las plantas aplicadas en su área de fertilización, lo cual coincide con lo señalado por Araya et al., (2011) quienes encontraron en sus experimentos de campo que al aplicar materia orgánica en el suelo disminuyeron el número de nematodos en las raíces del cultivo de banano.

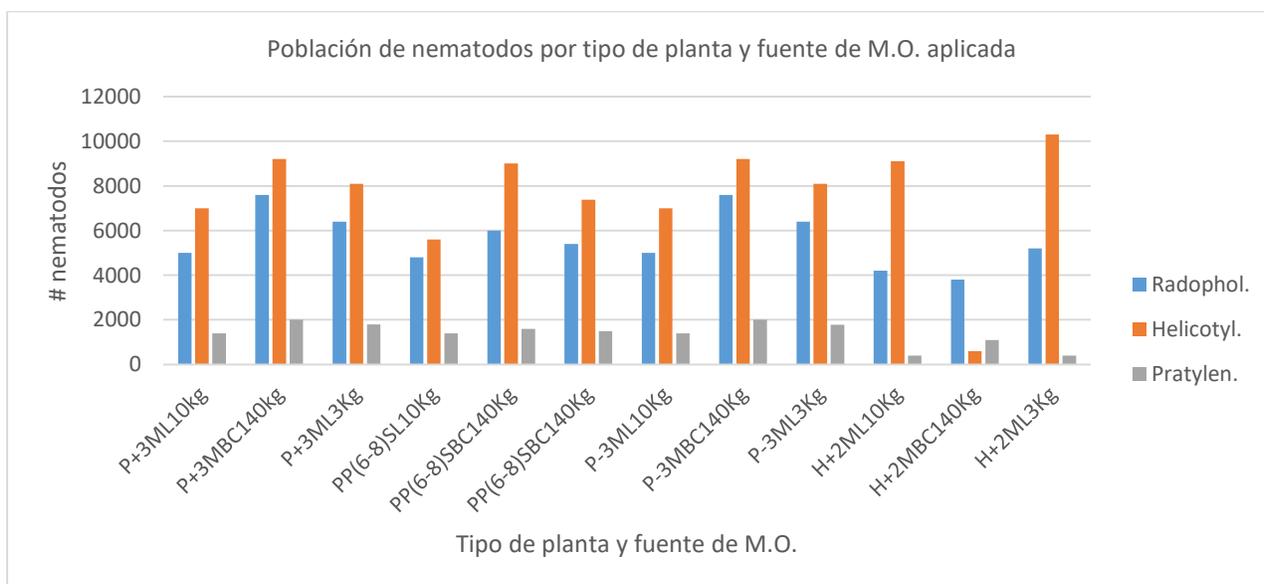


Figura 6. Número de nematodos en 100 g de raíces por tratamiento recibido y fase fenológica de las plantas de banano

Soriano (2019) señala que la materia orgánica influye en la estructura del suelo, señalando que los coloides orgánicos de las sustancias húmicas se enlazan con el retículo cristalino de los minerales arcillosos, originando una mayor fuerza de adhesión y, por ende, favoreciendo la estructura del suelo, evitando la compactación y propiciando la actividad biológica del mismo, esto concuerda con los resultados obtenidos al aplicar 10 kg de Levón junto con la fertilización en mezcla física al suelo, ya que el tratamiento aplicado (Figura 7) en plantas +3 m, plantas prontas a parición (PP 6-8), plantas -3 m e hijos (H-2m) que recibieron estas aplicaciones muestran menos de 100 PSI en sus área de fertilización, lo cual también coincide con lo reportado por Córdova *et al.*, (2022) quienes señalan que una mejor estructura del suelo facilita el desarrollo de las raíces y reduce la mortalidad radicular.

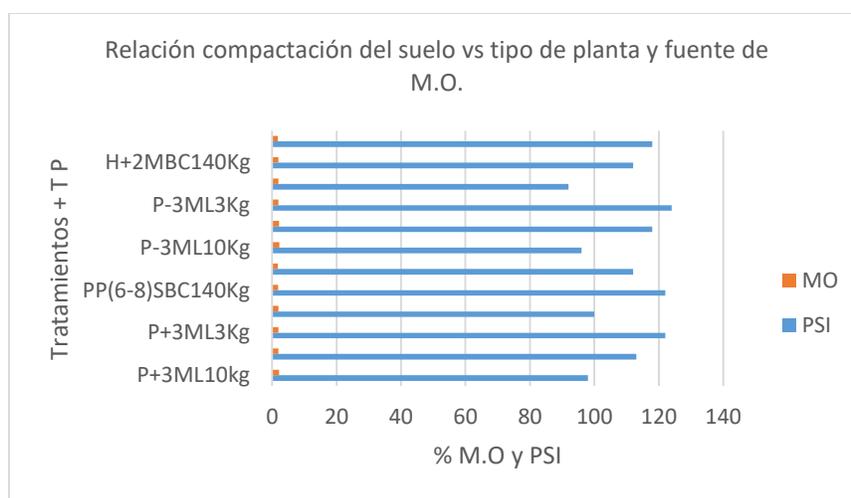


Figura 7. Nivel de compactación del área de fertilización en el suelo al pie de plantas en diferentes estados fenológicos y con diferentes cantidades de M.O.

Los valores de pH del suelo medidos en solución con agua destilada y KCL, C.E., y % de M.O., son mejores en donde se aplicó Levón y biocarbón, demostrando los beneficios que tiene aplicar una fuente de M.O., como parte de la mezcla física de fertilizantes por sus efectos positivos en parámetros fisicoquímicos del suelo, esto coincide con los hallazgos reportados por Quevedo *et al.*, (2019).

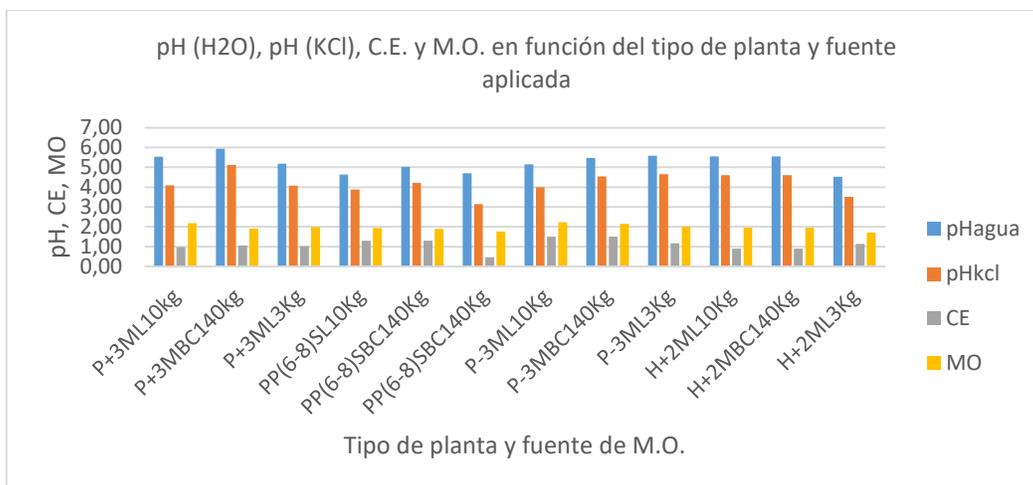


Figura 8. Medias de la variable altura del retorno a la parición

Conclusiones

El uso de 10 kg de Levón (T1) en la mezcla física de fertilizantes químicos optimiza el aprovechamiento de los nutrientes, mejora la sanidad radicular y permite tener correlaciones positivas y significativas con las variables peso total de raíces, porcentaje de raíces sanas, y mayor peso de los racimos, seguido del T2 (140 kg de biocarbón en la mezcla física con fertilizantes químicos, evidenciando mejoras claras en las variables evaluadas en plantas cuyas aplicaciones iniciaron cuando eran plantas +3, plantas prontas (6-8 S), plantas -3m e hijos +2m, siendo las medias más bajas en donde solo se aplicó la mezcla física de los fertilizantes químicos.

Referencias

1. Araya Vargas, M., Serrano Elizondo, E., & Vargas Calvo, A. (2011). "Relación entre el contenido de nutrientes en suelo y raíces de banano (Musa AAA) con el peso de raíces y número de nematodos." *Fitosanidad*, 15(3), 163-177.
2. Agrocalidad (2020). Instructivo de muestro para análisis nematológico. <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/dxi9.pdf>
3. Argel Roldán, LE (2020). "Evaluación de la sanidad radicular en el cultivo del banano." CENIBANANO.
4. Carvajal García, M., Zuluaga Arango, P., Ocampo López, O., & Duque Gómez, D. (2019). Las exportaciones de plátano como una estrategia de desarrollo rural en Colombia. *Apuntes del Cenes*, 38(68), 113-148. <https://doi.org/10.19053/01203053.v38.n68.2019.8383>

5. Córdova Girón, Y. B., Quevedo Guerrero, J. N., & Cervantes Álava, A. R. (2022). Evaluación de estimulantes radiculares en el cultivo de Banano (*Musa x paradisiaca*). *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(3), 80-87. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/565>
6. Haylin, J. & Heiniger, R. (2020). Soil Fertility Management for Better Crop Production [Gesti[on de la fertilidad del suelo para mejores cultivos]. *Agronomy*, 10(9), 1349. <http://dx.doi.org.10.3390/agronomy10091349>
7. IBM (2022). One-Way ANOVA Post Hoc Tests. IBM Documentation. <https://www.ibm.com/docs/en/spss-statistics/saas?topic=anova-one-way-post-hoc-tests>
8. Lehman, yo; Rígido, METRO; Tiés, yo; Masiello,DO; Hockaday, W; Crowley, D. 2011. Efectos del biocarbón en la biota del suelo: una revisión. *Biología y bioquímica del suelo*. 43: 1812-1836.
9. Lehmann, J., & Joseph, S. (Eds.). (2015). *Biochar for environmental management: Science, technology and implementation* (2nd ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203762264>
10. León Armijos, F., Espinoza Aguilar, M., Carvajal Romero, H., & Quezada Campoverde, J. (2022). Análisis económico de la producción bananera orgánica y convencional de la Parroquia La Iberia. *Polo del Conocimiento*, 7(1). <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8331431.pdf>
11. Matus, F., Amigo, X. y Kristiansen, SM (2000). "Relación entre la materia orgánica del suelo, textura del suelo y tasas de mineralización de carbono y nitrógeno." *Agricultura Técnica* , 60(2), 104-113. <<http://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072000000200003>.
12. Márquez, J., Salazar, D., & García, M. (2021). Boletín Técnico de la ESPAC 2020. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2020/Boletin_Tecnico_ESPAC_2020.pdf
13. Mata Anchundia, D., Suatunce Cunuhay, J., & Poveda Marín, R. (2021). Análisis económico del banano orgánico y convencional en la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Avances*, 23(4). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=637869393005>
14. Pattison, AB, et al. (2006). "Influencia de la salud del suelo en el desarrollo de un suelo supresor de *Radopholus similis* en plantaciones de banano". *Australasian Plant Pathology* , 35(6), 623-631.
15. Quevedo Guerrero, J. N., Delgado Pontón, A. M., Tuz Guncay, I. G., & García Batista, R. M. (2019). Evaluación de la aplicación de fertilizante al pseudotallo de plantas cosechadas de banano (*Musa x paradisiaca* L.) Y su efecto en la velocidad de crecimiento del hijo retorno. *Revista Científica Agroecosistemas*, 7(2), 190-197. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/300>
16. Soriano, M. (2019). "Efectos de la materia orgánica sobre el suelo". *Universitat Politècnica de València* .

17. Tenesaca Martínez, S., Quevedo Guerrero, J. N., & García Batista, R. M. (2020). Determinación de la dosis óptima de biocarbón como enmienda edáfica en el cultivo de banano (*Musa x paradisiaca* L.) Clon Williams. *Revista Científica Agroecosistemas*, 7(3), 134-141. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/328>
18. Villarreal-Núñez, J., Pla-Sentis, I., Agudo-Martínez, L., Villaláz-Pérez, J., & Rosales, F. (2013). "Índice de calidad del suelo en áreas cultivadas con banano en Panamá." *Agronomía Costarricense*, 37(2).
19. Xiao-Ke, Z; Qi, L; Wen-Ju, L; Mín, Z; Xue-Lian,B; Zu-Bin, X. 2013. Nematodo del suelo respuesta a biocarbón suma en aChino trigo campo. *Pedofera*23(1): 98–103.
20. Yara México (2019). "Rendimiento y calidad asegurada, resultado de raíces sanas." <https://www.yara.com.mx/noticias-y-eventos/noticias-mexico/rendimiento>

© 2025 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).