

20

MULCH

**Y MICROORGANISMOS EFICIENTES: EFECTOS EN EL
MANEJO DE SALINIDAD DEL SUELO EN BANANO**

MULCH

Y MICROORGANISMOS EFICIENTES: EFECTOS EN EL MANEJO DE SALINIDAD DEL SUELO EN BANANO

MULCH AND EFFICIENT MICROORGANISMS: EFFECTS ON THE MANAGEMENT OF SOIL SALINITY IN BANANA

Deivid Fernando Velasco-Pesántez¹

E-mail: dvelasco2@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6715-1652>

Rocío Elizabeth Sánchez-Sánchez¹

E-mail: rsanchez6@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3464-2944>

José Nicasio Quevedo-Guerrero¹

E-mail: jquevedo@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8974-5628>

Julio Enrique Chabla-Carrillo¹

E-mail: jechabla@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9761-5890>

Rigoberto Miguel García-Batista¹

E-mail: rmgarcia@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2403-0135>

¹ Universidad Técnica de Machala. Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Velasco-Pesántez, D. F., Sánchez-Sánchez, R. E., Quevedo-Guerrero, J. N., Chabla-Carrillo, J. E., & García-Batista, R. M. (2024). Mulch y microorganismos eficientes: efectos en el manejo de salinidad del suelo en banano. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 7(S1), 221-233.

RESUMEN

El mulch consiste en cubrir la capa superficial del suelo con residuos vegetales u orgánicos, previniendo las pérdidas de humedad, reduciendo las malezas y aumento la actividad microbiológica. Los Microorganismos eficientes actúan desdoblado la materia orgánica para almacenar carbono, en conjunto con el biocarbón reteniendo los nutrientes mejorando la capacidad biológica del mismo. La elevada presencia de sales perjudica y degrada la estructura del terreno, disminuyendo la permeabilidad del agua, presento problemas severos en el sistema radicular y follaje de la planta. En este caso, el objetivo de la investigación es evaluar los efectos de mulch y microorganismos eficientes, en el manejo de la salinidad en cultivo de banano. Se realizaron tres tratamientos: T1 (mulch, 10g de biocarbón, 10g de silicio); T2 (mulch, 10g biocarbón, 10g silicio, 10g de microorganismos, 35g enraizante); T3 (mulch, 10g biocarbón, 10g silicio, 10g de microorganismos, 35g enraizante, 70ml de regulador fisiológico). El T2 y T3 bajaron significativamente la conductividad eléctrica del suelo, mejorando la disponibilidad de nutrientes y porcentajes de raíces funcionales en el cultivo de banano, lo que presenta un impacto positivo en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Estos resultados resaltan la importancia de considerar estas prácticas agrícolas para optimizar la producción de banano.

ABSTRACT

Mulch consists of covering the surface layer of the soil with plant or organic residues, preventing moisture loss, reducing weeds, and increasing microbiological activity. Efficient microorganisms work by breaking down organic matter to store carbon, together with biochar, retaining nutrients and improving its biological capacity. The high presence of salts harms and degrades the soil structure, reducing water permeability, and causing severe issues in the root system and foliage of the plant. In this case, the research objective is to evaluate the effects of mulch and efficient microorganisms on salinity management in banana cultivation. Three treatments were performed: T1 (mulch, 10g biochar, 10g silicon); T2 (mulch, 10g biochar, 10g silicon, 10g microorganisms, 35g rooting agent); T3 (mulch, 10g biochar, 10g silicon, 10g microorganisms, 35g rooting agent, 70ml physiological regulator). T2 and T3 significantly lowered soil electrical conductivity, improving nutrient availability and percentages of functional roots in the banana crop, which has a positive impact on plant growth and development. These results highlight the importance of considering these agricultural practices to optimize banana production.

Keywords:

Mulch, inorganic salts, biota, antagonistic effect.

REVISTA METROPOLITANA DE CIENCIAS APLICADAS | Revista Científica Multidisciplinaria de la Universidad Metropolitana de Ecuador

Palabras clave:

Mulch, sales inorgánicas, biota, efecto antagónico.

E-mail: revista@umet.edu.ec

Volumen 7 | S 1 | Febrero - 2024

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con Villarreal et al. (2013), el banano es un cultivo que requiere de suelos profundos, con texturas francas y estructuras que permitan un buen drenaje, con valores de pH ligeramente ácidos a levemente alcalinos. En consecuencia, Vivas et al. (2018), refieren que, el uso correcto de los fertilizantes ha contribuido al incremento en el rendimiento del cultivo. Es por ello, que en programas de fertilización nutricional con productos orgánicos que demandan en mayores cantidades para su desarrollo, producción, composición permiten reactivar el suelo, mejorando el aspecto químico y la acidez, limitados en su fertilidad.

El suelo es un recurso natural importante, por estar formado de minerales mezclados con materiales orgánicos, agua y organismos vivos (Montiel, 2016), que al pasar de los años pueden perderse o degradarse por el mal uso de las prácticas agrícolas como la sobreexplotación de suelos pobres, uso inapropiado de las prácticas de riego, causantes de la erosión y salinización. En este sentido, la calidad y salud de los suelos interviene significativamente en la productividad de la agricultura, dio lugar a alimentos con alto valor nutritivo y energético, asegurando una vida digna y saludable.

Tuz (2018), enfatiza que las características físico-químicas de los suelos contaminados, pobres en nutrientes, con escaso desarrollo del perfil del suelo, acidez o alcalinidad elevadas, suponen unas condiciones desfavorables para el crecimiento microbiano y/o vegetal y limitan la posible colonización del suelo por parte de la vegetación; es por ello que la incorporación de materia orgánica (mulch) genera un ambiente óptimo para las plantas y activa la microbiota que vive en el suelo incrementando con el tiempo la fertilidad del mismo.

En el suelo, se hallan especies de bacterias y hongos, de este último uno de los más representativos es la *Trichoderma* spp. Tuz (2018), plantea que el mismo es utilizado como agente de control biológico, su función en el suelo es evidente, compitiendo con los patógenos, degradando la materia orgánica, favoreciendo su establecimiento y permanencia en el suelo para controlar las diversas enfermedades que afectan al cultivo. Esta especie fúngica presenta una alta gama de beneficios que pueden aportar en aplicaciones como biofertilizantes, asimismo, acelerar el proceso de asimilación de nutrientes mediante la degradación de la biomasa.

La salinidad es la concentración de sales inorgánicas disueltas en agua (De León et al., 2004), en relación con una unidad de volumen, el agua de riego contiene sal disuelta, la cantidad y distribución de las sales en el perfil determinan el grado de afectación del suelo, según la tolerancia del cultivo y su profundidad de enraizamiento.

El exceso de sales es un factor determinante en la calidad del agua agrícola; puesto que, el uso de agua salina

para el riego puede reducir la absorción de agua de las plantas al aumentar la presión osmótica de la solución del suelo, lo que reduce la transpiración y la fotosíntesis hídrica (Frutos et al., 2016). Es importante la aportación de mulch al suelo, contribuye en la disminución de sales y el enriquecimiento del suelo fijando nitrógeno biológicamente, la infiltración de agua y la capacidad de retención hídrica.

El mulch corresponde a la cobertura vegetal del suelo de los cultivos con materiales orgánicos que promueve la preservación de la humedad, controla la aparición de malezas, mantiene regulada la temperatura del suelo y favorece a su productividad (Frutos et al., 2016). Estas prácticas incrementan la porosidad, estabilidad de los agregados del suelo, reduciendo la pérdida de nitrógeno por lavado, y riesgo de erosión.

Es necesario desarrollar investigaciones sobre los beneficios que los microorganismos eficientes aportan al suelo, la preservación de una adecuada cantidad de cobertura vegetal que regulen y mantengan la humedad en el suelo. El objetivo de estudio es evaluar los efectos de mulch y microorganismos eficientes, en el manejo de la salinidad del suelo en cultivo de banano.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área experimental donde se desarrolló la investigación fue una plantilla de banano ubicada en los predios de la granja "Santa Inés" de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala en la parroquia el Cambio, cantón Machala, provincia de El Oro y georreferenciado como 3°17'30" S; 79°54'51" W (Figura 1).



Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio. <https://www.google.com/maps/search/facultad+de+ciencias+agropecuarias/@-3.2937911,-79.9143342,220m/data=!3m1!1e3?authuser=0&entry=ttu>

En esta investigación se usaron 180 plantas en etapa vegetativa de banano cultivar Williams, subgrupo Cavendish, distribuidas en 3 bloques de 60 plantas cada uno, lo que forma un área de 712,35 m². El diseño experimental que se llevó a cabo fue de bloques completamente al azar con tres tratamientos (T1, T2 y T3) y 20

repeticiones por tratamiento (Tabla 1). La labor en campo se efectuó desde octubre de 2022 hasta agosto de 2023.

Tabla 1. Tratamientos estudiados.

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN	REPETICIONES
T1	Mulch, 10g de biocarbón, 10g de silicio.	
T2	Mulch, 10g biocarbón, 10g silicio, 10g de microorganismos, 35g enraizante.	20
T3	Mulch, 10g biocarbón, 10g silicio, 10g de microorganismos, 35g enraizante, 0,70ml de regulador fisiológico.	20

Aplicación de productos

El estado de la plantación antes de las aplicaciones se muestra en la (Figura 2A), cabe indicar que el suelo se encontraba con exceso de sales, compactado y erosionado (Figura 2B); por lo tanto, se aplicó mulch de origen vegetal (Figura 3A) para reducir la presencia de estas características físicas del suelo, colocándolo como cobertura alrededor de la planta de banano (Figura 3B), con el suelo a capacidad de campo (Figura 3C).



Figura 2. a) Suelo sin aplicaciones b) Suelo con exceso de sales y erosión.



Figura 3. A) Aplicación de mulch. B) Colocación de mulch al pie de la planta. C) Mulch con suelo a capacidad de campo.

García (2018), indica que la fertilización por drench, consiste en aplicar sobre la superficie del suelo la mezcla de fertilizantes disueltos en agua; en este estudio se utilizó para la fertilización silicio, enraizante, regulador fisiológico (Figura 4A) y para la aplicación a suelo directo se utilizó biocarbón y microorganismos eficientes (*Trichoderma* spp.) estos últimos propagados en harina de hojas secas (Figura 4B). El intervalo de aplicación fue mensual y a unos 10 cm de distancia para lograr que cubra toda la zona de fertilización.



Figura 4. a) Aplicación de tratamientos. b) Aplicación de biocarbón y microorganismos eficientes.

El organismo utilizado para la reproducción y conteo de esporas fue la cepa de *Trichoderma* spp. FCA-03. El medio de cultivo usado fue PDA, el mismo que fue esterilizado en autoclave por 15 minutos a 121°C.

Mediante el uso de un microscopio EUROMEX a 40X se observó la forma de las esporas y conidios para identificar a *Trichoderma* spp.

La concentración de esporas permite determinar el número de unidades infectivas por unidad de peso o volumen existentes en una formulación y sirve de base para establecer la dosificación de un producto (Lemus et al., 2008). Para la determinación del número de esporas en una muestra,

fue utilizado el método directo que es el recuento del total en la cámara de Neubauer donde; se cuentan células en 5 cuadrados de la cámara y se realiza el promedio como se muestra en la (Figura 5). Estas cámaras presentan un volumen específico (10-15 µL) y presentan una cuadrícula que consta de un cuadrado central de 1 mm de lado, dividido en 25 cuadrados. Cada uno de ellos a su vez, se encuentran divididos en 16 cuadrados más pequeños (Figuras 4 A y B) para permitir el conteo (Tabla 2).

Se siguió el protocolo de Agamez et al. (2018), para el conteo de esporas, se estimó la concentración de la siguiente manera (Figura 6):

donde, C es la concentración y N el número de conteo de esporas.

$$C = N \times \text{Dilución empleada} \times \text{Factor de la Cámara de Neubauer}$$

$$C = 40 \times 10^3 \times 10^4 = 4 \cdot 10^8$$



Figura 5. a) Cámara Neubauer; b) Conteo de esporas por cuadrantes y c) Presencia de esporas por cuadrante.

Tabla 2. Conteo de esporas.

Nº DE CONTEO	A	B	C	D	E	SUMA
1	5	4	5	4	6	24
2	13	6	5	3	12	39
3	20	15	6	10	6	57
NÚMERO DE ESPORAS O PROPÁGULOS.					Total 120 Promedio 40	



Figura 6. Estado actual de las parcelas (6 meses).

Labores culturales

Se ejecutaron las siguientes actividades para el manejo del cultivo:

Control de arvenses: consiste en la remoción de malezas que emergen de manera silvestre y afectan al cultivo compitiendo por los nutrientes, el agua y la luz; hospedan insectos y patógenos dañinos. Fueron controladas mediante una rozadora cada mes.

Riego: se adecuó el lugar de estudio con un sistema de riego por aspersión; se realizaba de tres a cuatro veces por semana con un intervalo de 60 min por riego.

Deshoje: esta labor se realiza de manera preventiva para evitar la presencia y proliferación de sigatoka en estadios leves

Deshije: consiste en eliminar los hijos de sucesión en mala distribución, hijos de agua, a través de un palín. Seleccionar los hijos que tengan mayor vigor y ubicación.

Deschante: consiste en limpiar las chantas (hojas cortadas que forman el pseudotallo), para prevenir la presencia de plagas, esta actividad se realizó cada mes con un machete.

Vampireo: es una técnica que consiste en clavar una estaca a 1 metro de altura aproximadamente, para hacer “abortar” el racimo próximo a parir en una unidad de producción para darle mayor oportunidad al hijo de sucesión. En nuestro caso se vampireo la cuarta generación (nieto), y dejamos al bisnieto para evaluar todos los parámetros de fase vegetativa.

Herculizado: consiste en colocar el trinche a 30 cm aproximadamente frente a la planta y remover el suelo sutilmente, sin atrofiar las raíces, se repite varias veces hasta cubrir una media luna alrededor de la planta. Se utilizó esta técnica para descompactar el suelo y permitir que el sistema radicular tenga más aeración.

Trampeo de picudo: se utilizó la técnica de sándwich, cortando dos pedazos de pseudotallo y en el medio de las dos capas se colocó 1 ml de picudín con la ayuda de una brocha para atraer los picudos y poder recolectarlos, se cubre con hojas de banano para mantener la oscuridad y puedan entrar en la trampa (Angulo et al., 2020). Se monitorea el proceso después de 24 horas y se recolecta los picudos. Esta técnica la repetimos 4 veces en 5 meses.

Variables de estudio

Las variables son altura de planta (AI), emisión foliar (EF), número de hojas (NH), diámetro de pseudotallo (DF), pH de suelo, conductividad eléctrica (CE), porcentaje de materia orgánica (M.O.), conteo de picudo, porcentaje de raíces.

Variables agronómicas

Altura de la planta (AI): Es la longitud de la planta medida en (cm) con cinta métrica desde la base del pseudotallo hasta la intersección de la primera y segunda hoja.

Emisión foliar (EF): se describe como el registro del crecimiento de la hoja cigarro, la toma de datos se efectuó cada semana desde el quinto mes (03-2023) de iniciada la investigación.

Número de hojas (NH): se contabilizó cada semana, para determinar el número de hojas que puede emitir la planta de banano durante su ciclo vegetativo y obtener así un llenado eficiente de racimo.

Diámetro de pseudotallo (DF): se determinó el grosor del pseudotallo en la parte central de la planta, mediante un

flexómetro a 0.75 m de altura a partir de la superficie del suelo.

pH del suelo: es un parámetro que expresa la actividad de iones de hidrógeno en el suelo, lo que indica si este es ácido, neutro o alcalino.

Conductividad eléctrica (CE): Se utiliza para estimar el nivel de sales disueltas en el agua y suelo, se expresa en deciSiemens/m (dS/m).

Porcentaje de materia orgánica (%MO): es el contenido de restos animales y vegetales que se encuentran en descomposición en el suelo.

Textura: es el tamaño de partículas que se encuentran en el suelo como, arena, limo y arcilla.

Conteo de picudo: el picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) y picudo rayado (*Metamasius hemipterus*) es una plaga que ataca al cormo de la planta de banano y pseudotallo (Angulo et al., 2020), provocando la disminución de la productividad y atraso de la floración; el conteo se realizó a las 24h, 48h, 72h.

Variables de raíces

Porcentaje de raíces funcionales (%Rs): es la cantidad de raíces sanas, expresada en porcentaje. El muestreo se lo realizó en plantas al azar (cinco plantas por cada tratamiento); a una distancia de 30 cm se cavó un agujero de 30 cm x 30 cm x 30 cm de profundidad, se recolectaron las raíces encontradas y se separó en dos grupos, sanas y muertas, para obtener el peso y el porcentaje de cada uno (Araya et al., 2011).

Porcentaje de raíces muertas (%Rm): se define como la cantidad de raíces muertas del total de la muestra.

Análisis de suelo

Nos permite conocer el grado de suficiencia o deficiencia de los nutrientes presentes en el suelo, las condiciones agroecológicas, rangos óptimos y niveles de contenido.

Tabla 3. Análisis de suelo antes de las aplicaciones, realizado en el laboratorio Agrobiolab.

	BAJO		MEDIO		SUFICIENTES		ALTO		EXCESO
pH	M.O	1.74%	P	12.80 ppm	Mg	3.51 meq/100ml	CICE	C.E	3.79 dS/m
6.9 0	N 4	29.00 ppm	K	0.88 meq/100ml	Cu	3.60 ppm	26.01 meq/100ml	Ca	19.22 meq/100ml
	Fe	11.20 ppm	Mn	8.00 ppm	B	2.71 ppm		Na	2.40 meq/100ml
Fe/Mn 1.40					Mg/k 3.98			Zn	14.40 ppm
								Ca/mg	5.47

M.O (materia orgánica)

CICE (capacidad de intercambio catiónico efectiva)

C.E (conductividad eléctrica)

De la tabla 3, las variables más representativas son conductividad eléctrica con 3.79 dS/m valor determinado en exceso, puesto que el suelo puede tolerar hasta 1 dS/m de CE. En el caso de la

M.O. es de 1.74% un nivel bajo para la plantación de banano, ya que el rango mínimo es de 3- 4% e M.O. En cambio, el pH es de 6.90 y el nivel de sodio 2.40 meq/100ml lo que indica un exceso de sales y pH ligeramente ácido.

Análisis de agua

Inicialmente el riego fue con agua de pozo, por ende, se mandó a analizar el agua al laboratorio de Nematlab S.A.; los resultados (Tabla 4) señalan que la cantidad de sodio (Na) es 10,68 meq/l, lo que presenta un elevado nivel de sales ya que según Espinoza (1995), la concentración de sodio se almacena en la raíz de banano y puede llegar a ser de 1,5-15 meq/l. Puesto que, Nematlab indica (Tabla 6), que el valor normal de (Na) en agua de riego es de 0-3 meq/l. En la Tabla 5 y 7 se observa el rango de valores según la dureza y peligrosidad del agua. En consideración, a la excesiva cantidad de sales que presenta el agua de pozo, se adecuó la instalación del sistema de riego por aspersión, utilizando agua de canal para riego.

Tabla 4. Análisis de agua Nematlab S.A.

Muestra	mg/l											meq/l										dS/ m
	pH	NO3	NO2	P-PO4	Zn	Cu	Fe	Mn	B	Dureza	S.T.D	K	Ca	Mg	SO4	CO3-	HCO3-	Cl	Na	R.A. S	C.E	
Agua de pozo	8.5	0.40	0.006	0.76	0.00	0.00	0.00	0.15	0.39	91.0	1075.2	0.56	1.29	0.54	2.56	0.00	8.70	3.40	10.68	11.17	2.04	

Tabla 5. Rango de valores según el agua de riego.

DUREZA

TIPO DE AGUA	Como Carbonato de Calcio
BLANDA	17.1
LIGERAMENTE DURO	17.1-51.3
MODERADAMENTE DURA	51.4-119.7
DURO	119.8-179.5
MUY DURO	179.5

Tabla 6. Valores considerados normales en análisis de agua de riego.

VALORES CONSIDERADOS NORMALES EN UN ANALISIS DE AGUAS DE RIEGO

PH	6 a 8.5	K	0-0.2 mg/l
NO3-	0-31 mg/l	Ca	0-10 mg/l
NO2-	0-5 mg/l	Mg	0-5 mg/l
P	0-2 mg/l	Na	0-3 mg/l
ZN	0-5 mg/l	Cl	0-15 mg/l
CU	0-0.2 mg/l	SO4=	0-20 mg/l
MN	0-2 mg/l	RAS	0-6 mg/l
FE	0-5 mg/l	CO3=	0-0.1 mg/l
B	0-2.5 mg/l	HCO3-	0-6 mg/l

Tabla 7. Condiciones óptimas en análisis de agua de riego.

Peligrosidad conductividad

ELECTRICA

SALINA		dS/m
C1	Baja	Hasta 0.25
C2	Moderada	0.25-0.75
C3	Mediana a Alta	0.75-2.25
C4	Alta	2.25-4.0
C5	Muy Alta	4.0-6.0
C6	Excesiva	6.0

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico, los datos fueron sometidos al análisis de varianza (ANOVA) 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 22 (IBM, 2022).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados fueron evaluados mediante el análisis estadístico ANOVA de un factor, las variables más representativas (Tabla 8), señalan que no existen significancia estadística en las medias de altura de planta, emisión foliar, diámetro de fuste y número de hojas, pero difieren entre los tratamientos (T1, T2 y T3).

Para las variables, porcentaje de raíces, pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, textura y conteo de picudo, se utilizó comparaciones estadísticas señaladas en las tablas 7 y 8. De las cuales pH y CE mostraron relevancia en sus valores aumentando el pH y disminuyendo la CE.

Tabla 8. Resultados de ANOVA de un factor.

Tratamiento	Altura (Al)	Emisión foliar (EF)	Número de hojas (NH)	Diámetro de pseudotallo (DF)
T1	142,90	0,68	9,98	36,80
T2	142,70	0,84	11,82	37,60
T3	147,60	0,86	12,00	37,20
sig	0,84	0,94	0,85	0,63

Altura de planta

Estadísticamente esta variable no presentó diferencia significativa entre los tratamientos mediante la prueba de Tukey, pero logró resaltar distintos valores entre tratamientos, siendo el menor el T2 con una media de 142,700 cm, seguido del T1 con 142,900 cm y finalmente alcanzando un valor superior el T3 con una media de 147,600 cm. Rancel et al. (2000), sostienen que, la aplicación de regulador fisiológico actúa como bioestimulante y activador biológico favoreciendo el proceso fisiológico vegetal de la planta, lo que nos indica que la altura de la planta de acuerdo a la fase vegetativa está dentro de los rangos adecuados. Según Pizarro (2019), la aplicación de enraizantes proliferan y forman un adecuado sistema radicular que permitirá el crecimiento y desarrollo de la planta, es por ello que la combinación de regulador fisiológico y enraizante incidieron en la altura de la planta en el T3 (Figura 7).

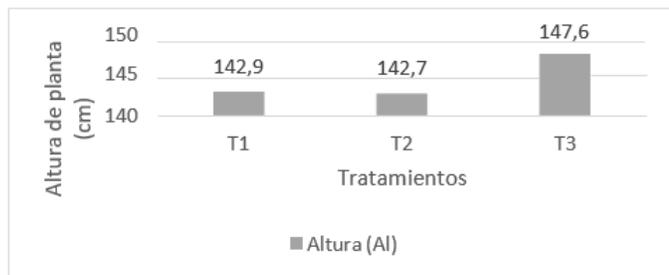


Figura 7. Promedio de altura de planta en cultivo de banano.

Emisión Foliar

En esta variable predominó el T3 con una media de 0,86 hojas/semanas (Figura 8), mientras que las medias inferiores las presentan el T1 y T2, con valores de 0,68 y 0,84 lo que señala una homogeneidad entre los tratamientos por lo que no existen diferencias significativas. Ugarte et al. (2022), el regulador fisiológico activa el metabolismo celular, actuando como acelerador de los procesos vitales de la planta, dio lugar al aumento de la actividad fotosintética.

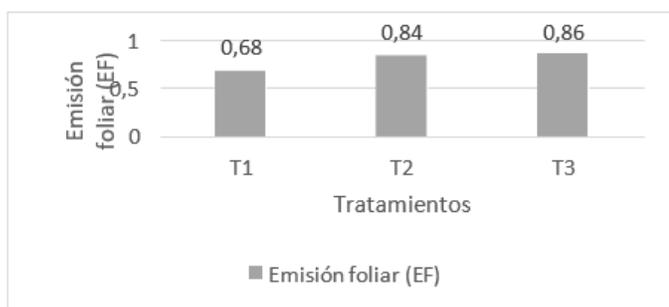


Figura 8. Promedio de emisión foliar en cultivo de banano.

Número de hojas

En lo que respecta a la variable número de hojas, los tratamientos agrupados en subgrupos homogéneos no presentaron diferencias significativas en la prueba de Tukey, pero cabe destacar que hay diferencias entre los tratamientos del número de hojas (Figura 9), por ello el T1 tiene una media de 9,98 hojas, seguido con el T2 con una media de 11,82 y por último el T3 tiene una media de 12,00 siendo esta la mayor de todas. Tuz (2018), expresó que la planta de banano emite entre 35 y 36 hojas durante toda la fase vegetativa, por ende, la similitud de los valores en el T2 y T3 se basan en la aplicación de microorganismos eficientes que intervienen en los procesos fisiológicos y captación de nutrientes que favorecen

el crecimiento fotosintético de la planta. De acuerdo con los valores obtenidos, estos no llegaron a la fase de fructificación ideal del cultivo de banano.



Figura 9. Promedio de número de hoja en cultivo de banano.

Diámetro de pseudotallo

Con la prueba de Tukey, esta variable no presentó diferencias significativas entre los tratamientos agrupados en subgrupos homogéneos, sin embargo, presentó valores diferentes en el diámetro de pseudotallo donde el T1 tiene una media de 36,80 cm, seguido el T3 con una media de 37,20 cm y por último el T2 logra tener un mayor valor con una media de 37,60 cm (Figura 10). Lazo et al. (2017), mencionan que los microorganismos benéficos contribuyen a la formación de humus en el suelo y a la recuperación de la fertilidad de este. La combinación de enraizantes y microorganismos protegen las raíces de patógenos, haciéndolas más resistentes y sanas.

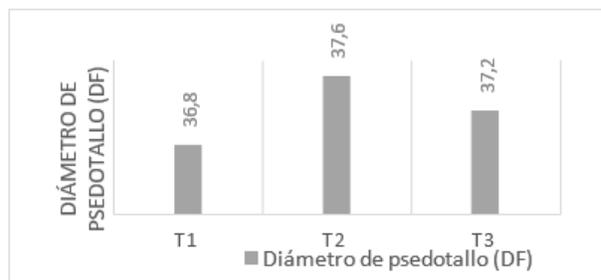


Figura 10. Promedio de diámetro de pseudotallo en cultivo de banano.

Raíces

Se realizó tres muestreos de raíces, la primera antes de las aplicaciones (Figura 11A), la segunda después de 6 meses de haber aplicado los tratamientos y la última se tomó al término de las aplicaciones (Figura 11B y C).



Figura 11. a) Muestreo de raíces sin aplicaciones. b) Muestreo de raíces con aplicaciones.

Porcentajes de raíces en el tratamiento 1

El porcentaje de raíces en los tratamientos (T1, T2 y T3), presentan el número de muestra inicial inferior al 17,95%, mientras que en el número de muestra media fue entre el 40% y 67,36%, por último, el número de muestra final representa un valor superior alcanzando hasta el 89,29% de raíces sanas. En el caso de las raíces muertas desde el número de muestra inicial 92,33% disminuyó a un 23,38% hasta el número de muestra final, aumentando así, el porcentaje de raíces sanas y se comprobó el efecto de aplicación de mulch, silicio y biocarbón (Figura 12).

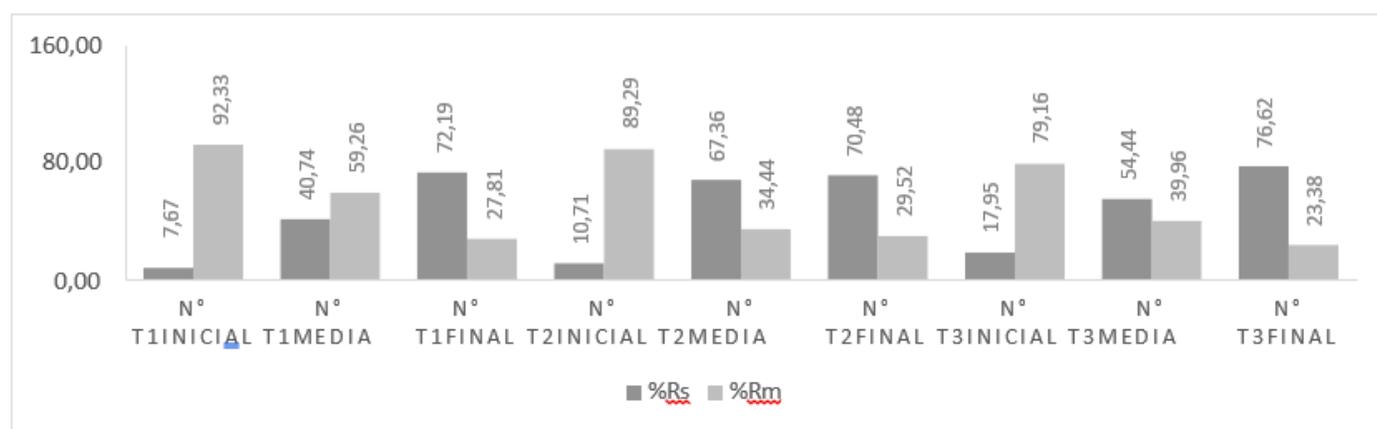


Figura 12. Promedio de Muestreo de raíces.

Análisis de suelo

pH de suelo

Rodríguez (2009), indica que, el pH del suelo óptimo para el cultivo de banano es 6,5; logrando tolerar un pH de 5,5 hasta 7,5. En la investigación inicial mediante un análisis de suelo realizado en laboratorio de ensayo Agrobiolab, el pH del suelo fue de 6,9 lo que indica que es ligeramente ácido. Al finalizar la investigación se repitió el análisis de suelo para corroborar si efectivamente los tratamientos aplicados tuvieron un cambio significativo en el pH; esta evaluación se realizó en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias-UTMACH, obteniendo un pH de 6,7 a los 15 cm y 40 cm de profundidad, lo que indica que se encuentra ligeramente ácido a neutro, demostrando así, que la aplicación de los tratamientos 2 y 3 (Figura 13) son más relevantes que el T1, en cuanto pH del suelo.



Figura 13. Resultados de pH del suelo.

Materia orgánica (M.O)

(M.O), en la investigación inicial mediante un análisis de suelo realizado en laboratorio de ensayo Agrobiolab se obtuvo 1,74% considerado bajo para el cultivo de banana, por ello se ha aplicado la combinación de mulch y microorganismos eficientes que ayudan al suelo a desdoblarse materia orgánica y convertirla en un hábitat para la microbiota Julca et al., (2006), tal como se muestra en la Figura 14 obteniendo el T2 y T3 mayor porcentaje de materia orgánica a los 15 cm de profundidad.

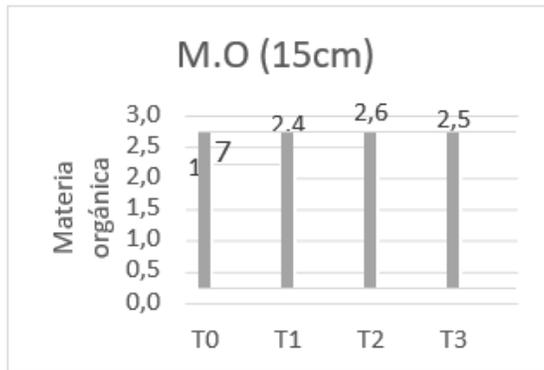


Figura 14. Porcentaje de materia orgánica en los primeros 15cm de suelo.

La profundidad en los 40 cm predominó el T2 (Figura 15) con un porcentaje de 2,0% siendo mayor que el porcentaje inicial, lo que indica que la aplicación de microorganismos eficientes, mulch, biocarbón incidieron en el aumento de materia orgánica, favoreciendo el desarrollo de lombrices de tierra, porosidad del suelo y aeración.

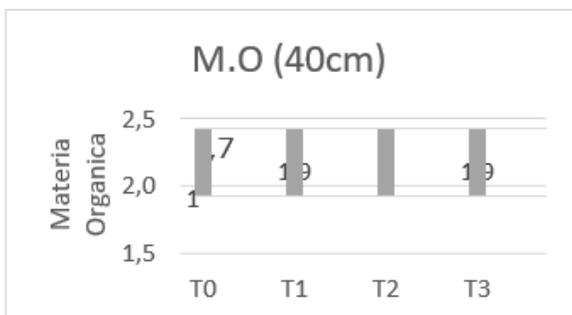


Figura 15. Porcentaje de materia orgánica en los 40 cm de suelo.

Conductividad Eléctrica (CE)

En este parámetro los valores óptimos son inferiores a 1 dS/m, se ha demostrado que el cultivo de banana es sensible a la salinidad; Rodríguez et al. (2020), mencionan que, el alto contenido de sales en el agua de riego es una de las principales causas de salinización de los suelos, razón por la cual la irrigación se debe planificar y realizar

un balance óptimo de sales en la zona radical; para contrarrestar la salinidad en el suelo se realizó la aplicación de mulch, biocarbón, microorganismos eficientes y riego constante por intervalos de tiempo. Obteniendo un valor aceptable de 0,7 dS/m y 0,8 dS/m en los T1 y T2 a 15 cm y 40 cm de profundidad de suelo, lo que indica que las aplicaciones de estos tratamientos efectivamente bajaron los niveles de sales en el suelo (Figura 16).

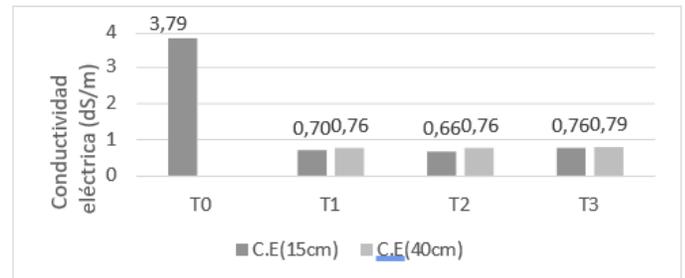


Figura 16. Conductividad eléctrica del suelo.

Picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) y picudo rayado (*Metamasius hemipterus*)

El muestreo de picudo realizado con el método de trapeo tipo sándwich más picudín, según Espinoza (2019), el picudín es un producto orgánico con Neem, que actúa como insecticida capturando un número elevado de picudos, es por ello que se obtuvo mayor efectividad de recolección a las 24 horas, lo que define que el T1 (Figura 17) tiene mayor incidencia de picudos negros y rayados, indico que esta parcela es más susceptible al ataque de plagas.

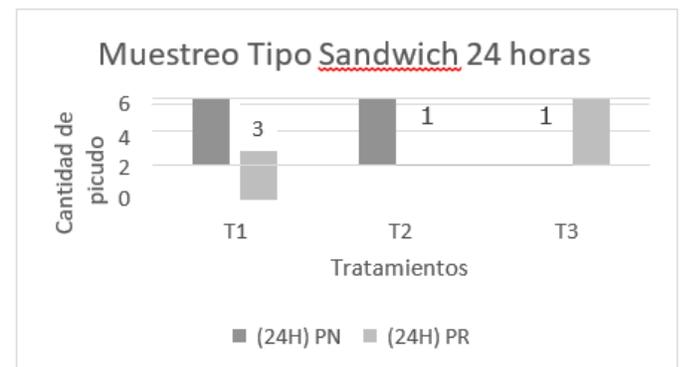


Figura 17. Muestreo tipo Sandwich del suelo a las 24 horas.

En el caso de la captura de picudos a las 48 horas de haber realizado la trampa tipo sándwich más picudín, bajaron el nivel de efectividad en el T1 de picudo negro y rayado, obteniendo mayor incidencia de picudo rayado en el T2 y mayor cantidad de picudo negro en T3. Lo que nos indica que la parcela del T1 (Figura 18) es menos susceptible al ataque de plagas en el tiempo transcurrido.

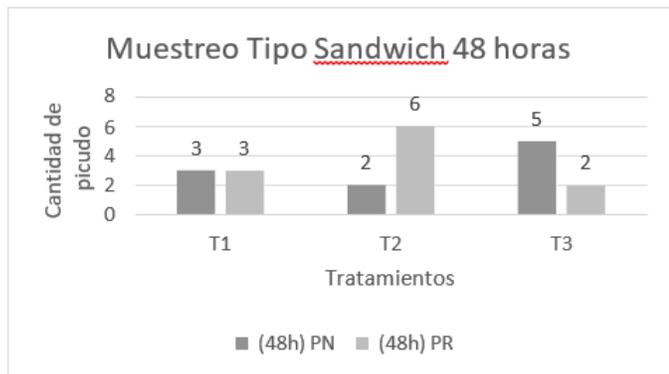


Figura 18. Muestreo tipo Sandwich del suelo a las 48 horas.

En la captura de picudos realizada a las 72 horas con la trampa tipo sándwich más picudín, se demostró que el T2 baja los niveles de picudo negro y rayado (Figura 19), dio lugar a la disminución de efectividad en este tiempo transcurrido.

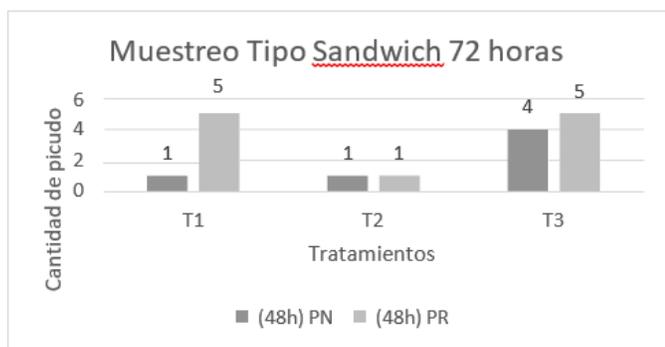


Figura 19. Muestreo tipo Sandwich del suelo a las 72 horas.

CONCLUSIONES

La implementación del mulch, en conjunto con microorganismos eficientes, ofrecen beneficios en el manejo de la salinidad en el cultivo de banano. A través de la cobertura de residuos vegetales, se logró preservar la humedad en el terreno y limitar el crecimiento de malezas. La acción de los ME aumenta la fijación y disponibilidad de nutrientes a través de las raíces.

El T2 y T3 presentaron efectividad para reducir la conductividad eléctrica y aumentar la materia orgánica, disminuyendo así la cantidad de sales disueltas, facilitando la formación de agregados, mismos que mejoraron la estructura del suelo, porosidad y capacidad de retener la humedad, conservando sus propiedades físicas, propiciando el crecimiento vegetal, mejorando la producción y calidad del banano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agamez, E., Zapata, R., Oviedo, L., & Barrera, J. (2018). Evaluación de sustratos y procesos de fermentación sólida para la producción de esporas de *Trichoderma* sp. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 10(2).
- Angulo, W., Osorio, J., Muñoz, J., & Riascos, R. (2020). Monitoreo y captura de picudos del plátano y banano. (Trabajo de titulación). Universidad Nacional de Colombia.
- Araya, M., Serrano, E., & Vargas, 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).
- De León, N., Villafañe, R., Camacho, F., Ramírez, R., & Sánchez, L. (2004). Acumulación y lavado de sales en columnas de suelo regadas con agua salina procedente de un pozo petrolero. *Agronomía tropical*, 54(1).
- Espinoza, J. (1995). Manual de nutrición y fertilización del banano. International Plant Nutrition Institute. Quito, Ecuador.
- Espinoza, Y. (2019). Determinación de la eficiencia de diferentes trampas para el control de picudo negro (*Cosmopolites sordidus* g.) en banano orgánico. (Trabajo de titulación). Universidad Técnica de Machala.
- Frutos, V., Pérez, M., & Risco, D. (2016). Efecto de diferentes mulches orgánicos sobre el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *Itálica*) en Ecuador. *Ideasia*, 34(6).
- García, G. (2018). Efecto de fertilización en drench de plántulas de *Theobroma cacao* L. grupo criollo, en vivero, Río Negro - Satipo. (Trabajo de titulación). Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Julca, A., Meneses, L., Blass, R., & Bello, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *Idesia*, 24(1).
- Lazo, Y., Morales, A., Guanoluisa, D., Olalla, T., Arteaga, Y., & García, Y. (2017). Efecto de la aplicación de microorganismos eficientes en la producción de *Musa paradisiaca* variedad valery. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 6(3).
- Lemus, Y., Rodríguez, G., Cuervo, R., Durán, J., Zuluaga, C., & Rodríguez, G. (2008). Determinación de la factibilidad del hongo *Metarhizium anisopliae* para ser usado como control biológico de la hormiga arriera (*Atta cephalotes*). *Revista Científica Guillermo de Ockham*, 6(1).
- Montiel, K. (2016). Manejo integrado de suelos para una agricultura resiliente al cambio climático. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

- Pizarro, G. (2019). Efectos de los enraizadores en la velocidad del retorno en banano (*Musa x paradisiaca*) clon williams. (Trabajo de titulación). Universidad Técnica de Machala.
- Rancel, F., González, M., & Ruíz, O. (2000). Efecto del biozyme tf en el cultivo de banano. Grupo Bioquímico Mexicano S.A.
- Rodríguez Delgado, I., Pérez Iglesias, H. I., García Batista, R. M., & Quezada Mosquera, A. J. (2020). Efecto del manejo agrícola en propiedades físicas y químicas del suelo en diferentes agroecosistemas. *Universidad Y Sociedad*, 12(5), 389-398.
- Rodríguez, C. (2009). Estudio de Factibilidad para la producción y comercialización de banano (*Musa sp.*), variedad gran enano Cavendish. (Proyecto de grado). Universidad San Francisco de Quito.
- Tuz, I. (2018). Manejo integrado del cultivo de banano (*Musa x paradisiaca* l.) clon Williams, usando biocarbón y microorganismos eficientes. (Trabajo de titulación). Universidad Técnica de Machala.
- Ugarte, F., Zhiñin, I., & Hernández, R. (2022). Influencia de bioestimulantes sobre caracteres morfológicos y agroquímicos del banano (*Musa AAA cv. Williams*). *Terra Latinoamericana*, 40.
- Villarreal, J., Plasentis, I., Agudo, L., Villaláz, J., Rosales, F., & Pocasangre, L. (2013). Índice de calidad del suelo en áreas cultivadas con banano en Panamá. *Agronomía mesoamericana*, 24(2).
- Vivas, J., Robles, J., González, I., Álava, D., & Meza, M. (2018). Fertilización del plátano con nitrógeno, fósforo y potasio en cultivo establecido. *Dominio de las Ciencias*, 4(1).