

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

La que suscribe, APONTE BARZALLO MARIA JOSE, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado DETERMINACIÓN DE NUTRIENTES QUE APORTA AL SUELO LA BIOMASA DE PLANTAS COSECHADAS DE BANANO INOCULADAS CON MICROORGANISMOS EFICIENTES, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

La autora declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

La autora como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 20 de septiembre de 2022


APONTE BARZALLO MARIA JOSE
0705349579

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de manera especial a mi amado hijo Ismael Nicolas, que ha sido mi fuente de motivación e inspiración para seguir adelante con mi carrera, ya que desde que llego a mi vida ha sido mi más fiel compañero durante estos cinco años de preparación y en los momentos más difíciles de mi vida ha sido mi impulso para no dejarme vencer.

A mi mamá, Norma Barzallo y a mi abuelita, Luz Elizalde quienes han estado ahí apoyándome incondicionalmente en todo aspecto de mi vida.

Y a mi papá, José Aponte que a pesar de las circunstancias que se han presentado en nuestras vidas, me ha brindado su amor, atención y no me ha dejado sola.

De igual manera a mis hermanas, Norma Aponte y Cristina Cevallos que me han ayudado y brindado su cariño en los momentos más tristes y felices de mi vida.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por concederme salud y vida para cumplir con mi trabajo de titulación.

De la misma manera agradezco a mi hijo Ismael Nicolas, mis papás Norma Barzallo y José Aponte, mi abuelita Luz Elizalde aún recuerdo cuando me acompañó a mi primer día de clases, mis hermanas Norma Aponte y Cristina Cevallos, mis sobrinos Jostin, Maylen y Adara, quienes han sido mi soporte y mi apoyo fundamental en toda mi carrera sin importar las circunstancias.

A la familia Ramírez Matamoros en especial a Darío Ramírez (+) fuiste un apoyo invaluable, siempre creíste en mi y me diste la mano hasta el final, cuidaste de nuestro pequeño mientras yo iba a estudiar, te mando un abrazo hasta el cielo gracias por todo el cariño y por haber sido parte de mis logros. A Don Germán, Cristhian, Byron y Diego quienes me hicieron parte de su familia y jamás han dejado de apoyarme especialmente con mi hijo que han sido un pilar fundamental en la vida de él.

A la familia Astudillo Yaguana, la cual agradezco por ayudarme de una u otra forma durante todo este proceso académico, por alegrarse de mis triunfos, preocuparse por mí, querer a mi hijo y permitirme ser parte de muchos momentos importantes de sus vidas. A ti Mario que estuviste a mi lado en los momentos y situaciones más tormentosas de mi vida, a pesar no haber sido sencillo culminar este proyecto, siempre fuiste muy motivador y esperanzador, me decías que lo lograría perfectamente. Me ayudaste hasta donde te era posible e incluso mucho más.

Agradezco a mi tutor Ing. Agr. José Quevedo Mg.Sc., se ha comportado como un gran amigo, me guió, compartió sus conocimientos y experiencias, para llevar a cabo el presente trabajo.

A la Universidad Técnica de Machala, es especial a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, por darme el espacio para adquirir los conocimientos impartidos en sus predios.

Y a mis amigos en general que estuvieron allí incondicionalmente y se alegraron por cada logro alcanzado durante mi carrera.

Determinación de nutrientes que aporta al suelo la biomasa de plantas cosechadas de banano inoculadas con microorganismos eficientes.

Determination of nutrients provided to the soil by the biomass of plants harvested from bananas inoculated with efficient microorganisms.

Determinação de nutrientes contribuídos para o solo pela biomassa de banana colheita inoculada com microorganismos eficientes.

María Jose Aponte Barzallo^{1*}, Jose Nicasio Quevedo Guerrero¹, Julio Enrique Chabla Carrillo¹, Ivanna Gabriela Tuz Guncay¹, Rigoberto Miguel García Batista¹

¹Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ciencias Agropecuarias. El Oro- Ecuador

maponte2@utmachala.edu.ec , <https://orcid.org/0000-0001-7458-7527>

jquevedo@utmachala.edu.ec, <https://orcid.org/0000-0002-8974-5628>

jchabla@utmachala.edu.ec, <https://orcid.org/0000-0002-9761-5890>

ituz@utmachala.edu.ec, <https://orcid.org/0000-0003-085-3495>

rmgarcia@utmachala.edu.ec, <https://orcid.org/0000-0003-2403-0135>

Resumen

La actividad bananera durante su ciclo productivo origina grandes cantidades de residuos agrícolas o biomasa destacándose las hojas, pseudotallos, raquis y dedos descartados los cuales no son aprovechados técnicamente. Esta actividad durante su ciclo productivo origina grandes cantidades de residuos vegetales destacándose las hojas, pseudotallos y raquis, los cuales no son aprovechados técnicamente. El objetivo de esta investigación fue determinar la cantidad de nutrientes que aporta la biomasa de las plantas cosechadas e inoculadas con microorganismos eficientes, se consideraron las siguientes variables: pH, materia orgánica (MO), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), cobre (Cu), hierro (Fe), magnesio (Mg), calcio (Ca),

manganeso (Mn), relaciones de ca/Mg, Ca/K, K/Mg y Ca/K/Mg. El análisis indicó que el pH, contenido de MO, y el valor de los nutrientes en el suelo mejoró en el T1 (BT+ME); los contenidos de P, Cu, Ca y la relación Ca/Mg presentaron valores altamente significativos al comparar los análisis de suelo al inicio y al final de la investigación. El T1 es una alternativa para reducir los costos de fertilización y disminuir el impacto negativo que causan los fertilizantes químicos al suelo, favoreciendo la sostenibilidad de la producción.

Palabras clave: benéficos, propiedades, residuos, descomposición, orgánica.

Abstract

The banana activity during its productive cycle originates large amounts of agricultural residues or biomass, highlighting the discarded leaves, pseudostems, rachis and fingers, which are not technically used. This activity during its productive cycle originates large amounts of plant residues, highlighting the leaves, pseudostems and rachis, which are not technically used. The objective of this research was to determine the amount of nutrients provided by the biomass of plants harvested and inoculated with efficient microorganisms, the following variables were considered: pH, organic matter (OM), nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), copper (Cu), iron (Fe), magnesium (Mg), calcium (Ca), manganese (Mn), ratios of Ca/Mg, Ca/K, K/Mg and Ca/ K/Mg. The analysis indicated that the pH, OM content, and the value of the nutrients in the soil improved in T1 (BT+ME); the contents of P, Cu, Ca and the Ca/Mg ratio presented highly significant values when comparing the soil analyzes at the beginning and at the end of the investigation. T1 is an alternative to reduce fertilization costs and reduce the negative impact caused by chemical fertilizers on the soil, favoring the sustainability of production.

Keywords: beneficial, properties, residues, decomposition, organic.

Resumo

A atividade da bananeira durante seu ciclo produtivo origina grandes quantidades de resíduos agrícolas ou biomassa, com destaque para as folhas descartadas, pseudocaulés, ráquis e dedos, que tecnicamente não são utilizados. Essa atividade durante seu ciclo produtivo origina grande quantidade de resíduos vegetais, com destaque para as folhas, pseudocaulés e raque, que não são tecnicamente utilizados. O objetivo desta pesquisa foi determinar a quantidade de nutrientes fornecida pela biomassa de plantas colhidas e inoculadas com microrganismos eficientes, considerando as seguintes variáveis: pH, matéria orgânica (MO), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cobre (Cu), ferro (Fe), magnésio (Mg), cálcio (Ca), manganês (Mn), relações de Ca/Mg, Ca/K, K/Mg e Ca/ K/Mg. A análise indicou que o pH, o teor de MO e o valor dos nutrientes no solo melhoraram em T1 (BT+ME); os teores de P, Cu, Ca e a relação Ca/Mg apresentaram valores altamente significativos ao comparar as análises do solo no início e no final da investigação. O T1 é uma alternativa para reduzir os custos de adubação e diminuir o impacto negativo causado pelos fertilizantes químicos no solo, favorecendo a sustentabilidade da produção.

Palavras-chave: benéficos, propriedades, resíduos, decomposição, orgânicos.

Introducción

El cultivo de banano en Ecuador representa un alto flujo económico y comercial, es una fruta con muchas propiedades nutricionales, se consume fresca. Según la ONUAA/FAO (2020) declaró que en el período 2019 Ecuador y Filipinas fueron los principales exportadores de banano en el mundo. Se estima que para el 2028 la producción mundial incrementará a 135 millones de toneladas, esta actividad durante su ciclo produtivo origina grandes cantidades de residuos vegetales destacándose

las hojas, pseudotallos y raquis los cuales no son aprovechados técnicamente (García *et al.*,2020). Guzmán y Levy (2009) mencionan que los residuos del material vegetal ayudan a reincorporar los nutrientes del suelo y a su vez permite preservar la materia orgánica. La disponibilidad de nutrientes está determinada por parámetros como humedad, temperatura, acción microbiana del suelo y la condición del material. La aplicación de microorganismos al suelo acelera la descomposición del material vegetal. Galecio-Julca (2020) menciona que en el sector bananero la incorporación de microorganismos aumenta el rendimiento del cultivo, mejora las condiciones físico-químicas y microbiológicas del suelo. De esta manera se ofrece a este sector formas innovadoras de implementar prácticas a menor costo, de fácil manejo con óptimos resultados y amigables con el medio ambiente. El objetivo de la presente investigación fue determinar la cantidad de nutrientes que aporta la biomasa de plantas cosechadas de banano inoculadas con microorganismos eficientes.

Materiales y métodos

El estudio se desarrolló en la Finca “Dos Hermanas” ubicada en el sitio El Recreo el cual pertenece al cantón Machala de la provincia de El Oro-Ecuador, desde 1 de diciembre de 2021 hasta 30 de junio de 2022.

Tratamientos. El área donde se desarrolló la investigación fue de 1 ha, los tratamientos se establecieron al azar con un número igual de repeticiones en el campo (Cuadro 1). **Preparación del área experimental,** se eliminaron las arvenses para delimitar el terreno entre tratamientos y testigo.

Cuadro 1. Tratamientos, composición y dosis aplicados al suelo.

Tratamientos	Composición	Dosis Ha ⁻¹
T1	biomasa de banano troceado + ME	3170,72 kg +200 L ME
T2	biomasa de banano sin trocear + ME	3170,72 kg + 200 L ME.
T3	Testigo hacienda (sin adición de microorganismos ni biomasa)	

Captura de microorganismos benéficos, para esta parte de la investigación se usó la metodología propuesta por Quevedo *et al.* (2019), mediante el uso de trampas de arroz cocido, se seleccionó y propagó los microorganismos benéficos para usarlos en la aplicación de los tratamientos 1 y 2.

Tratamiento 1: Los residuos vegetales fueron troceados y distribuidos aleatoriamente y la aplicación en drench de microorganismos eficientes se realizó cada 15 días con el fin de acelerar la descomposición del material vegetal.

Tratamiento 2: Los residuos vegetales fueron distribuidos enteros aleatoriamente y la aplicación en drench de microorganismos eficientes se realizó cada 15 días para una descomposición más temprana de la biomasa.

Testigo hacienda, los residuos vegetales de las plantas cosechadas de banano se dejan dentro de la plantación sin trocear y sin distribuir.

Variables evaluadas, fueron pH del suelo, cantidad de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg), cantidad de micronutrientes (Mn, Fe, Cu), relaciones Ca/Mg, Ca/K, Mg/K, y Ca/Mg/K y la cantidad de MO, todos al inicio y al final de la investigación, estos parámetros fueron determinados en el laboratorio NEMALAB S.A.

Resultados y discusión

Los resultados del ANOVA de un factor (cuadro 2) para las variables estudiadas presentan diferencias significativas entre los tratamientos propuestos principalmente para las variables fósforo, cobre, calcio, magnesio. En el caso de la variable MO no

existe diferencia significativa entre los tratamientos, pero es conocido que un suelo con un valor mayor al 5% es un suelo con excelente fertilidad natural.

Cuadro 2. Anova y Tukey p. valor (<0.05) de los tratamientos y variables analizadas.

Tto	pH	NH ₄	P	K	MO	Cu	Fe	Mn	Ca	Mg
T1 I	7,67 a	30,67 a	10,67 a	,43 a	2,05 a	5,13 abc	22,00 a	8,00 a	14,74 ab	6,35 a
T2 I	7,97 a	29,00 a	7,33 a	,37 a	1,87 a	6,07 bc	26,10 a	7,50 a	12,84 a	7,13 a
T3 I	7,93 a	33,00 a	16,33 ab	,47 a	2,26 a	7,00 c	27,70 a	7,40 a	12,85 a	6,84 a
T1 F	7,87 a	63,33 a	63,67 b	1,12 a	5,62 a	4,37 ab	58,93 a	7,44 a	16,27 ab	5,18 a
T2 F	7,93 a	46,33 a	44,00 ab	1,79 a	3,72 a	3,00 a	46,73 a	7,90 a	16,60 ab	5,48 a
T3 F	7,53 a	51,00 a	33,33 ab	1,25 a	4,71 a	3,00 a	28,60 a	10,00 a	16,73 b	5,52 a
F	1,80	1,82	4,08	2,35	1,52	9,09	1,61	1,49	5,12	3,13
Sig.	,187	,182	0,021	0,104	,255	,001	,230	,263	,010	,049

La prueba de Tukey (cuadro 2) nos indica que existen claras diferencias entre los tratamientos aplicados de forma clara al inicio y al final de la investigación para las diferentes variables evaluadas. Siendo el tratamiento T1 el mejor de los evaluados.

Para la variable pH del suelo (cuadro 2) se demuestra que no existe significancia entre los tratamientos. Esto evidencia que el pH no se altera mayormente cuando se utiliza la biomasa o residuos de las plantas cosechadas de banano, ya que los valores de las medias están entre 7,67 y 7,97 lo cual no afecta la disponibilidad de macronutrientes, pero si la de algunos micronutrientes. Debe considerarse que, en suelos con capacidad amortiguadora, hay cambios en pH durante un largo período, sin embargo, en la mayoría de los sustratos minerales tienen capacidad de almacenamiento baja y el cambio de pH se da en un tiempo prolongado (Ginés y Mariscal, 2002).

En la variable nitrógeno (NH_4) según el ANOVA (cuadro 2) no existe significancia estadística, se observa una tendencia de incremento en la que los tratamientos T1, T2 y T3 tienen valores comprendidos de 30,67ppm, 29,00 ppm y 33 ppm previo a la aplicación, al finalizar se obtuvo valores de 63,33 ppm, 46,33 ppm y 51 ppm respectivamente, siendo el T1 fin el de mayor incremento en contenido de NH_4 debido a la integración de los residuos vegetales y aplicación de microorganismos eficientes al suelo. El N se halla de manera orgánica e inorgánica en el suelo, se considera que la mayor parte es nitrógeno orgánico originado por la descomposición de los residuos de plantas y animales (Zapata y Osorio, 2010), por tal motivo, una gran diversidad de microorganismos opera según su labor en el medio natural (Klotz y Stein, 2008).

El fósforo según el ANOVA (cuadro 2) presenta significancia lo cual se justifica en la figura 1, al finalizar los tratamientos el T1 fin alcanzó una media de 63,67 ppm, mientras que el T2 fin obtuvo 44 ppm. Este elemento incremento debido a la aplicación de los residuos del banano troceados en el suelo con la adición de ME. El P en cooperación con ME ayuda a mantener raíces sanas donde la planta podrá nutrirse de manera eficiente. Según Velasco-Jiménez *et al.* (2020) los ME influyen en el crecimiento y producción de las plantas directamente al fijar N. Morocho y Leiva-Mora (2019) indican que al solubilizar los fosfatos para la reserva del suelo no se perturba la microfauna y combaten indirectamente con fitopatógenos, esto logra mantener la sanidad radicular.

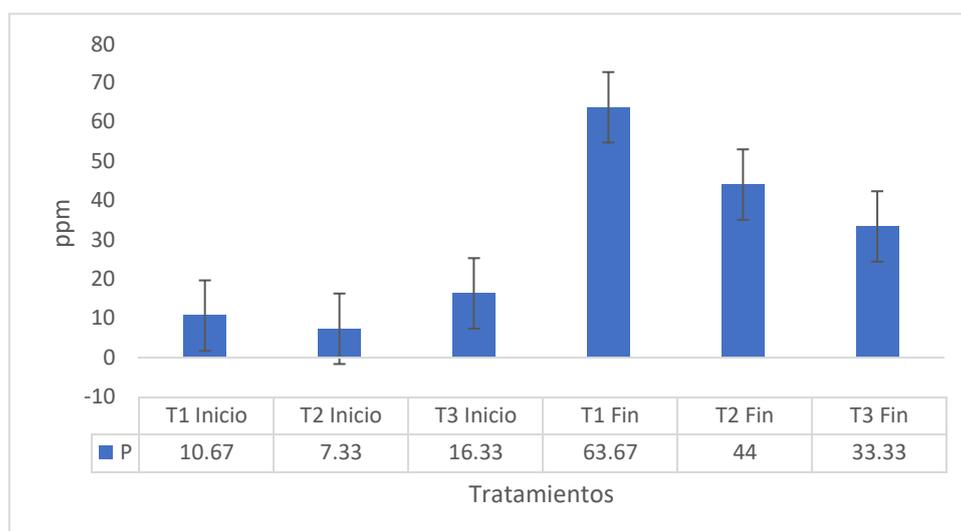


Figura 1. Contenido de fósforo (P) en los tratamientos al inicio y final.

El potasio en el T2 inicio obtuvo una media de ,37 meq/100g en comparación a T2 fin con un promedio de 1,79 meq/100g (cuadro 2), el potasio aumenta cuando la biomasa no es troceada y se aplica microorganismos para su descomposición. El potasio regula la presión osmótica y el desplazamiento iónico en la solución del suelo, interviene en las reacciones enzimáticas, el transporte de asimilados y la absorción de nitrógeno (Aguirre *et al.*, 2022a).

El contenido de materia orgánica en el T1 inicio 2,05 % fue la media más alta, al finalizar la investigación el T1 fin obtuvo una media de 5,62 %, demostrando que a pesar de no haber significancia entre los tratamientos según el ANOVA (cuadro 2) se evidencia en el T1 un incremento en porcentaje de MO cuando es troceada más la aplicación de ME, lo que se coincide con lo señalado por Villegas y Laines (2017) quienes mencionaron que el proceso de descomposición se basa en la labor de los microorganismos que habitan en el medio, capaces de contribuir a la planta los nutrientes que esta requiere al igual que el suelo. Entre los residuos de la biomasa del cultivo de banano el material que más rápido se descompuso fueron las hojas, coincidiendo con lo expuesto por Rojas *et al.* (2021) que señalan que las hojas en el cultivo de cacao se descomponen en menor tiempo.

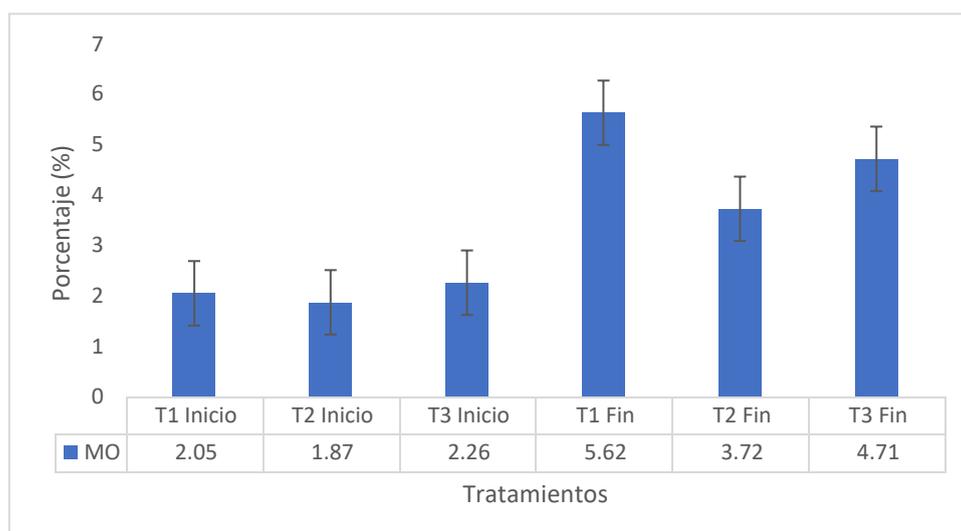


Figura 2. Contenido de MO en los tratamientos al inicio y final.

La cantidad de cobre (Cu) analizada en el T3 inicio tuvo 7,00 ppm en comparación al T3 fin que presentó un promedio de 3,00 ppm esto demuestra que existe significancia entre los tratamientos. Se observa (cuadro 2) que la aplicación de los tratamientos favorece la disminución de Cu en el suelo, mejorando su estructura. Según Olivares *et al.* (2015) el cobre es un importante contaminante ambiental, esto altera las propiedades naturales del suelo ocasionando efectos adversos en los organismos que habitan en él. El cobre es un nutriente fundamental en el desarrollo de organismos vivos y es necesario en dosis mínimas (Roca, 2007).

El hierro (Fe) en el T1 inicio obtuvo un valor de 22,00 ppm en relación al T1 fin con una media de 58,93 ppm (cuadro 2), al inicio el Fe fue menor que al finalizar la investigación lo que indica que cuando se trocea la materia orgánica, se esparce y se aplica microorganismos hace que el pH del suelo se eleve lo que ocasiona un aumento en el contenido de Hierro. Según Navarro y Navarro (2013a) los suelos con pH de 5 a 7.5 no hay posibilidad de absorción de este elemento pudiendo haber una cantidad elevada de Fe, pero este se encuentra insoluble solo siendo una pequeña cantidad asimilable y el escenario se vuelve más complicado en suelos alcalinos (cuadro 2). El hierro es un nutriente importante porque interviene en la estructura de la clorofila. La

presencia de este nutriente determina la condición de los suelos y en ocasiones disminuye la cantidad de materia orgánica (Grillet y Schmidt, 2017; Connorton *et al.*, 2017).

En cuanto al manganeso (Mn) se comprobó que el T3 inicio presentó una media de 7,40 ppm en comparación al T3 fin con 10,00 ppm, demostrando que no hay significancia entre los tratamientos. el Mn (cuadro 2) incrementa cuando el material vegetal no es troceado y no se aplican microorganismos. La solubilidad del manganeso disminuye en suelos básicos o ácidos con mayor proporción de materia orgánica. (Jiménez *et al.*, 2012).

El elemento calcio (Ca) en el T2 inicio obtuvo un promedio de 12,84 meq/100g en comparación al T2 fin con una media de 16,60 meq/100g en donde se demostró que sí existe significancia entre los tratamientos. El Ca (cuadro 2) eleva su concentración cuando la biomasa es esparcida en el suelo sin trocear y sin aplicar microorganismos. Los resultados concuerdan con lo reportado por Aguirre *et al.* (2022b) quienes señalan que el Ca es tomado por las raíces, forma paredes y membranas celulares, regula la actividad de las enzimas, su déficit disminuye la disponibilidad de fósforo, reduce el desarrollo de las raíces y de la planta.

El magnesio en el T1 inicio fue 6,35 meq/100g en relación al T1 fin alcanzo un valor de 5,18 meq/100g, demostrando que no hay significancia entre los tratamientos, a pesar de esto (cuadro 2) se muestra que el Mg disminuye cuando los residuos de banano son troceados y se aplican microorganismos.

Según Ross (2004) el Mg que toman las plantas está presente en la solución del suelo, la importancia de este micronutriente radica en ser la base de la molécula de clorofila además de otras funciones metabólicas como la síntesis proteica, respiración celular y procesos enzimáticos.

En la relación Ca/Mg (figura 3) se observa que el T2 inicio fue 1,81 meq/100g y el T2 fin 3,05 meq/100g. La relación de Ca/Mg aumenta cuando los residuos de la cosecha han sido distribuidos por el suelo y se ha incorporado microorganismos eficientes. Según Ferro *et al.* (2020) las cantidades de ambos nutrientes dependen de factores bióticos y abióticos como el clima, suelo y material vegetal, la relación Ca/Mg para el normal desarrollo debe ser de 2:1.

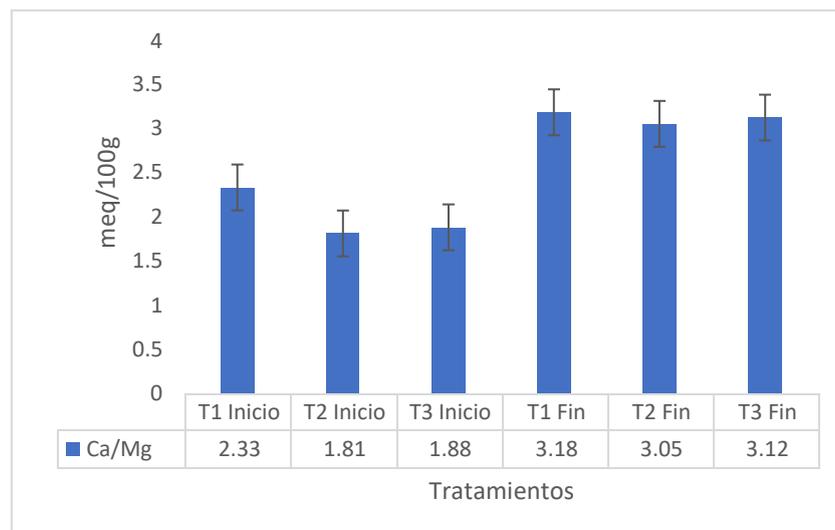


Figura 3. Relación Ca/Mg en los tratamientos al inicio y final.

La Relación Ca/K en el T1 fin fue 14,52 meq/100g frente al T1 inicio que tuvo un valor de 42,99 meq/100g; con lo cual se determinó que no existe significancia entre los tratamientos. En la figura 4 se muestra que, al trocear la biomasa, distribuirla en el suelo y agregarle microorganismos eficientes, la relación de Ca/K disminuye. Navarro y Navarro (2013b) indican que no es común el exceso de potasio, mientras la relación entre estos dos elementos incrementa la planta lo aprovechará eficientemente hasta llegar a un rango adecuado, el cual está entre 0.75 – 0.85 kg.

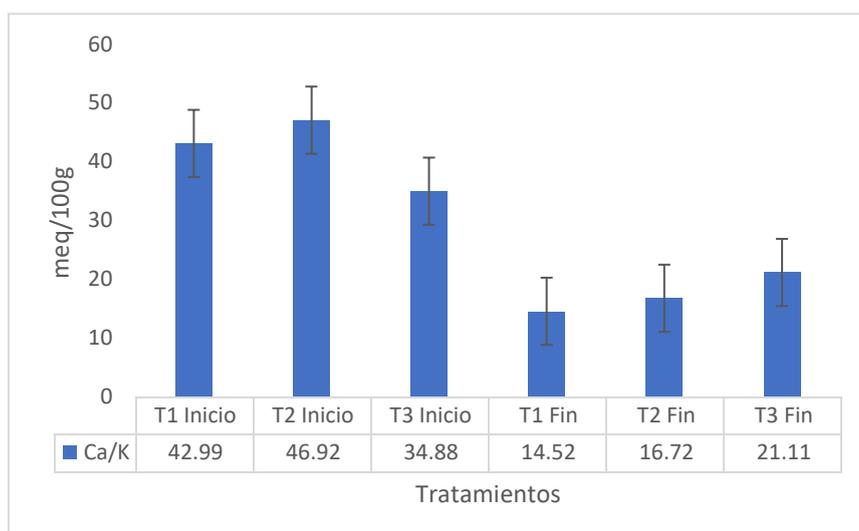


Figura 4. Relación Ca/K en los tratamientos al inicio y final.

La relación Mg/K indica que el T2 inicio con 27,78 meq/100g frente al T2 fin con 5,23 meq/100g, señalan que a pesar de ser distantes no existe significancia entre los tratamientos. La relación de estos dos elementos (figura 5), al trocear el material vegetal del banano y de realizar aplicaciones de microorganismos en el suelo los valores disminuyen, lo cual concuerda con Anderson (1992); y Álvarez (2015) que menciona que la biomasa de los cultivos mejora la relación Mg/K; la cual es fundamental para el correcto desarrollo de las hojas, la calidad de la clorofila y a su vez actúa en el metabolismo de los carbohidratos.

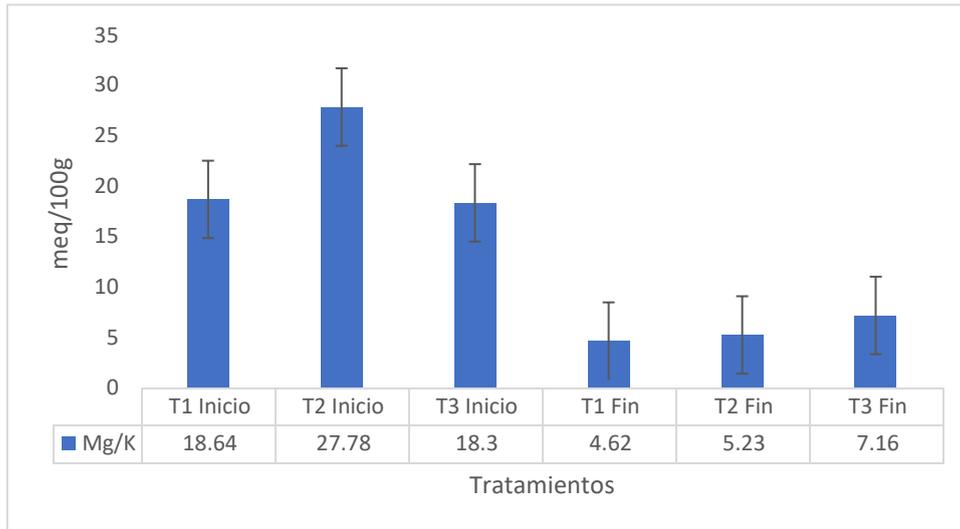


Figura 5. Relación Mg/K en los tratamientos al inicio y final.

En los datos analizados de Ca/Mg/K se demostró que el T1 inicio con una media de 61,63 meq/100 en relación al T1 fin genero un resultado de 19,15 meq/100g donde se comprobó que no hay significancia entre los tratamientos. Como se logra ver en la figura 6, la relación entre estos elementos disminuye cuando los residuos de la cosecha del banano son troceados y aplicados al suelo más la incorporación de microorganismos benéficos. Según Pérez-López (2013) menciona que los niveles de cationes más relevantes en el suelo como (Ca, K y Mg) pueden presentarse con valores no proporcionales entre sí habiendo un desequilibrio y, por lo tanto, existe menos probabilidad para que las plantas los absorban.

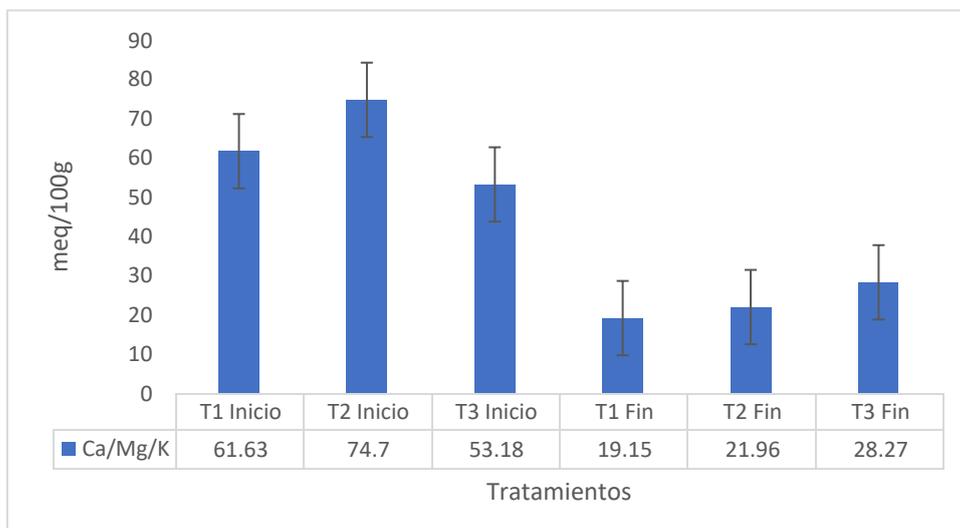


Figura 6. Relación Ca/Mg/K en los tratamientos al inicio y final.

Conclusiones

Cuando se comparó los análisis de suelo al inicio y al final de la investigación se observó que en el T1 (biomasa de banano troceado + ME) el pH, contenido de MO mejoraron influyendo de manera positiva en el contenido de P, Cu, Ca y la relación Ca/Mg que presentaron valores altamente significativos. El T1 es una alternativa para reducir los costos de fertilización y disminuir el impacto negativo que causan los fertilizantes químicos, favoreciendo la sostenibilidad de la producción y la salud del suelo.

Literatura citada

Aguirre, S., Piraneque, N. y Cruz, R. (2022). Relación entre elementos nutrientes con carbono, nitrógeno y materia orgánica en suelos de la zona bananera de Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 13(2), 93 – 111.

<https://doi.org/10.22490/21456453.5186Connorton>

Álvarez, C. R. (2015). Manejo de la fertilidad del suelo en planteos orgánicos (Doctoral dissertation, Universidad de Buenos Aires).

http://www.ciaorganico.net/documypublic/126_libro_fertilidad_de_suelos-pvo_isbn.pdf

Anderson, D.L.1992. The sugarcane plant and magnesium. *Sugar Journal* 55 (1): 12.

Connorton, J. M., Balk, J., & Rodríguez-Celma, J. (2017). Iron homeostasis in plants—a brief overview. *Metallomics*, 9(7), 813-823. <https://doi.org/10.1039/c7mt00136c>

Ferro, D., Lozano, L., Bartoli, C., Fanello, D., Larrieu, L., Millan, G., & Soracco, C. (2020). Disponibilidad y relación de calcio y magnesio: Efecto sobre exportación y concentración en raigrás y soja. *Revista De La Facultad De Agronomía*, 119(2), 057.

<https://doi.org/10.24215/16699513e057>

Galecio-Julca, M. (2020). Effect of organic sources and efficient microorganisms on the yield of the organic banana crop (*Musa spp.L.*). *Manglar*. 17(4), 301–306.

<https://erp.untumbes.edu.pe/revistas/index.php/man-glar/article/download/195/332>

García Batista, R. M., Quevedo Guerrero, J. N., & Socorro Castro, A. R. (2020). Prácticas para el aprovechamiento de residuos sólidos en plantaciones bananeras y resultados de su implementación. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(1), 280-291.

http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S221836202020000100280&script=sci_arttext&tlng=pt

García, G. N., & Navarro García, S. (2013). *Química agrícola: química del suelo y de los nutrientes esenciales para las plantas*. Mundi-Prensa Libros.

https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=RSs6AgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=NAVARRO+G.+y+NAVARRO+S.+2003.+Qu%C3%ADmica+agr%C3%ADcola:+El+suelo+y+los+elementos+qu%C3%ADmicos+esenciales+para+la+vida+vegetal.+&ots=UQGbbpUtH2&sig=b3sv57Nd_zjLyoClio89MVZclAw#v=onepage&q&f=false

Ginés, I., & Mariscal Sancho, I. D. L. (2002). Incidencia de los fertilizantes sobre el pH del suelo. https://oa.upm.es/3176/2/MARISCAL_MONO_2002_01.pdf

Guzmán Rivero, G., & Levy Mérida, A. (2009). Producción de biomasa y nutrientes que genera la poda en sistemas agroforestales sucesionales y tradicionales con cacao, Alto Beni, Bolivia. *Acta Nova*, 4(2-3), 263-280.

http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S168307892009000100006&script=sci_artext

Grillet, L., & Schmidt, W. (2017). The multiple facets of root iron reduction. *Journal of Experimental Botany*, 68(18), 5021-5027. https://www.researchgate.net/profile/Louis-Grillet/publication/320033948_The_multiple_facets_of_root_iron_reduction/links/5b3115090f7e9b0df5c7f35f/The-multiple-facets-of-root-iron-reduction.pdf

Jiménez, J. D. L. C., Moreno, L. P., & Magnitskiy, S. (2012). Respuesta de las plantas a estrés por inundación. Una revisión. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 6(1), 96-109.

www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S2011-21732012000100010&script=sci_abstract&lng=pt

Klotz, M. G., & Stein, L. Y. (2008). Nitrifier genomics and evolution of the nitrogen cycle. *FEMS microbiology letters*, 278(2), 146-156. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.2007.00970.x>

Morocho, T. y Leiva-Mora, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, 46(2), 93-103.

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S025357852019000200093&lng=es&lng=es.

Olivares, Y., Gaete, H., & Neaman, A. (2015). Evaluación de la fitotoxicidad y la genotoxicidad de suelos agrícolas de zonas con actividades mineras de cobre de la cuenca del río Aconcagua (Chile central). *Revista internacional de contaminación ambiental*, 31(3), 237-243. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-49992015000300003&script=sci_arttext

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-49992015000300003&script=sci_arttext

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2020). *Análisis de mercado del banano: resultados preliminares 2019*. FAO <https://www.fao.org/3/ca7567es/ca7567es.pdf>

Pérez-López, E. (2013). Análisis de fertilidad de suelos en el laboratorio de Química del Recinto de Grecia, Sede de Occidente, Universidad de Costa Rica. *InterSedes*, 14(29), 06-18. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S2215-24582013000300001&script=sci_arttext#1

Quevedo Guerrero, J. N., Delgado Pontón, 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>

Roca, N., Pazos, M. S., & Bech, J. (2007). Disponibilidad de cobre, hierro, manganeso, zinc en suelos del NO Argentino. *Ciencia del suelo*, 25(1), 31-42.

<http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850->

[20672007000100005&script=sci_arttext&tlng=pt](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-20672007000100005&script=sci_arttext&tlng=pt)

Rojas-Molina, J., Ortiz-Cabrales, L., Escobar-Pachajoa, L., Rojas-Buitrago, M., & Jaimes-Suarez, Y. (2021). Descomposición y liberación de nutrientes en biomasa por poda de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Rionegro, Santander, Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 32(3), 888-900. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/index>

Ross, M. (2004). Importancia del magnesio para altos rendimientos sostenibles en palma de aceite. *Revista Palmas*, 25(especial,), 98-104.

<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1071/1071>

Zapata, R. D., & Osorio, W. (2010). La materia orgánica del suelo. Burbano O., H. and F. Silva M.(eds.). *Ciencia del suelo: principios básicos*. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo (SCCS), Bogotá, 357-396.

<https://isbn.cloud/9789588598062/ciencia-del-suelo-principios-basicos/>