

# 12

---

Fecha de presentación: septiembre, 2021

Fecha de aceptación: octubre, 2021

Fecha de publicación: diciembre, 2021

## EFFECTOS DE DOS ENMIENDAS EDÁFICAS SOBRE PARÁMETROS AGRONÓMICOS DE PRODUCCIÓN EN BANANO (MUSA X PARADISIACA L.)

### EFFECTS OF TWO SOIL AMENDMENTS ON AGRONOMIC PARAMETERS OF BANANA PRODUCTION (MUSA X PARADISIACA L.)

Jhonny César Niola Sornoza<sup>1</sup>

E-mail: [jniola\\_est@utmachala.edu.ec](mailto:jniola_est@utmachala.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9817-4257>

José Nicasio Quevedo Guerrero<sup>1</sup>

E-mail: [jquevedo@utmachala.edu.ec](mailto:jquevedo@utmachala.edu.ec)

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

Rigoberto Miguel García Batista<sup>1</sup>

E-mail: [rmgarcia@utmachala.edu](mailto:rmgarcia@utmachala.edu)

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

Mercedes J. Noles León<sup>1</sup>

E-mail: [mnoles\\_est@utmachala.edu.ec](mailto:mnoles_est@utmachala.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1726-3328>

<sup>1</sup> Universidad Técnica de Machala. Ecuador.

#### Cita sugerida (APA, séptima edición)

Niola Sornoza, J. C., Quevedo Guerrero, J. N., García Batista, R. M., & Noles León, M. J. (2021). Efectos de dos enmiendas edáficas sobre parámetros agronómicos de producción en banano (*Musa X paradisiaca* L.). *Revista Científica Agroecosistemas*, 9(3), 104-118.

#### RESUMEN

La investigación se desarrolló en el área experimental de la granja Santa Inés, de la Universidad Técnica de Machala. Se seleccionaron 24 plantas de banano del Clon Williams, subgrupo Cavendish, la superficie experimental del estudio fue 300 m<sup>2</sup>, donde se establecieron tres bloques, cada bloque fue ocupado por un tratamiento elegido al azar, cada tratamiento contó con ocho unidades experimentales con tres replicas por tratamiento; el trabajo se realizó con diez aplicaciones mensuales de enmiendas edáficas en la banda de abonado, entre ellos el T1: aplicación de 20 g powercalciovit35% + 30 g KNO<sub>3</sub>, T2: 50 g biocarbón + 30 g KNO<sub>3</sub> y T3: 30 g KNO<sub>3</sub>. Las variables evaluadas fueron: altura de plantas, emisión foliar, peso de racimo, peso de raquis, ratio procesado, peso de la mano sol, número de manos, número de dedos en mano del sol, calibración mano del sol, calibración última mano, número de hojas a la cosecha, edad racimos y retorno. Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de un factor en el software IBM SPSS STATICS 22.

#### Palabras clave:

Fertilización edáfica, biocarbón, nutrientes.

#### ABSTRACT

The research was developed in the experimental area of the Santa Inés farm of the Technical University of Machala, 24 banana plants of Clone Williams, Cavendish subgroup were selected, the experimental area of the study was 300 m<sup>2</sup>, where three blocks were established, each block was occupied by a treatment chosen at random, each treatment had eight experimental units with three replicates per treatment; the work was carried out with ten monthly applications of soil amendments in the fertilizer band, including T1: application of 20 g powercalciovit35% + 30 g KNO<sub>3</sub>, T2: 50 g biochar + 30 g KNO<sub>3</sub> and T3: 30 g KNO<sub>3</sub>. The variables evaluated were: plant height, leaf emission, bunch weight, rachis weight, processed ratio, sun hand weight, number of hands, number of fingers in sun hand, sun hand calibration, last hand calibration, number of leaves at harvest, bunch age and return. With the data obtained, a one-factor analysis of variance (ANOVA) was performed with IBM SPSS STATICS 22 software.

#### Keywords:

Soil fertilization, biochar, nutrients.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de banano tiene gran importancia económica para el sector agrícola y es considerado un alimento de primera necesidad en los países tropicales. En los últimos cinco años el cultivo de banano a nivel mundial ha tenido una producción promedio de 113.794,259 TM en 5.193,293 hectáreas, donde el principal país productor es India con el 36,52% de la producción mundial siguiendo en orden de importancia China (13,53%), Indonesia (9,29%), Brasil (8,17%) y en quinto lugar se ubica Ecuador (8,05%). (FAOSTAT, 2019).

Ecuador es considerado por excelencia un país agrícola debido a la diversidad climática que presenta, favoreciendo el desarrollo de los cultivos, la mayor parte de la superficie de cultivo de banano está distribuida en el litoral ecuatoriano. El Banano ecuatoriano es producido en la zona costera (El Oro, Guayas, Los Ríos, Esmeraldas) y en los valles cálidos de la sierra (Cañar y Loja) que se han especializado en la producción y exportación de banano (Zapata, 2015).

La calidad de la fruta se ve afectada por daños físicos en el manejo y el ataque de plagas y enfermedades, esto minimiza el valor comercial y disminuye el volumen de exportación ocasionando un menor ingreso económico a los hogares de los productores afectando su economía familiar y nacional.

La fertilización juega un papel muy importante en la productividad del banano y su aplicación es directamente al suelo teniendo como desventaja, la pérdida de nutrientes y minerales por lixiviación y por la volatilización, además de ocasionar degradación del suelo, por lo antes expuesto surge la presente investigación que está encaminada en buscar una alternativa amigable con el medio ambiente, mediante del uso de enmiendas orgánicas que mejoran las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo mejorando el aprovechamiento y efectividad de los fertilizantes aplicados para obtener una mayor producción de banano que se mide bajo el ratio de conversión entre caja procesada y planta cosechada. El objetivo del estudio fue evaluar los efectos de la aplicación de dos enmiendas al suelo (PowerCalcioVit35% y biocarbón) en el manejo integrado del cultivo de banano.

## MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó en el área sembrada de plantilla de banano, ubicada en la granja Santa Inés perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UTMACH, Parroquia El Cambio, Provincia del Oro – Ecuador (Figura 1).

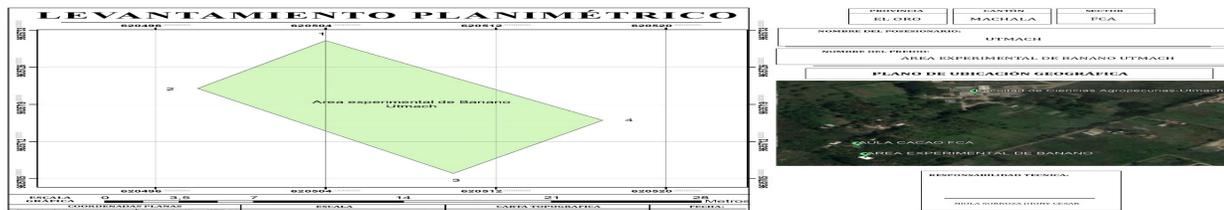


Figura 1. Mapa de Ubicación del área experimental.

El área de estudio se encuentra en ubicado en las siguientes coordenadas UTM: 6205001.18 meridiano Este y 9635721.37 meridiano Sur; Datum: WGS 84 (World Geodetic System 1984); Zona: 17 Sur; Altitud: 6 msnm. De acuerdo a la zona natural de Holdridge y la cartografía ecológica del Ecuador, presenta una temperatura de 25°C, precipitación anual de 500 mm, es un clima seco – tropical y con 2 a 3 horas diarias de Heliofanía.

Material genético, Para la investigación se seleccionaron 24 plantas de banano del Clon Williams, subgrupo Cavendish, el trabajo se lo realizó con la aplicación de enmiendas edáficas en la banda de abonado, se registraron datos de desarrollo y producción de los hijos de sucesión de cada unidad experimental.

VARIABLES evaluadas: Altura de plantas (AI), Emisión Foliar (EF), Peso de racimo (PR), Peso de raquis (PRQ), Ratio Procesado (RP), Peso de la Mano Sol (PMS), Numero de Manos (NM), Numero de Dedos en mano del sol (ND), Calibración mano del sol (CMS), Medición de mano del sol (MMS), Calibración última mano (CUM), Medición última mano (MUM), Número de Hojas a la cosecha (NH), Edad Racimos (ER), Retorno (RET)

Tratamientos, La superficie experimental de estudio fue 300 , donde se establecieron tres bloques, cada bloque fue ocupado por un tratamiento elegido al azar, cada tratamiento contó con ocho unidades experimentales (tabla 1). El trabajo de campo se efectuó desde el 1 de noviembre de 2019 hasta el 30 de diciembre de 2020 en las parcelas de experimentación de banano ubicadas en la Granja Experimental “Santa Inés” de la FCA-UTMACH.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos planteados.

Tratamiento	Código	Descripción
T1	T1R1, T1R2, T1R3, T1R4, T1R5, T1R6, T1R7, T1R8	20 g de Calcio Vit 35% + 30g de nitrato de potasio
T2	T2R1, T2R2, T2R3, T2R4, T2R5, T2R6, T2R7, T2R8	50 g Biocarbón + 30 g nitrato de potasio
T3	T3R1, T3R2, T3R3, T3R4, T3R5, T3R6, T3R7, T3R8	Testigo solo 30 g de nitrato de potasio.

Los tratamientos se distribuyeron en el campo según un diseño completamente al azar (DCA) con tres repeticiones.

Análisis de suelo, la toma de muestra se realizó con un barreno tubular a una profundidad de 10 cm, se procedió a tomar 2 submuestras por planta en la banda de abonamiento a una distancia de 20 cm del pseudotallo frente al hijo, cada submuestra se colocó en un balde para luego mezclar y obtener una muestra homogénea de 1 kg que fue colocada en una funda plástica con su respectiva etiqueta, para enviar al laboratorio.

Preparación de los tratamientos, se procedió a preparar los tratamientos en función de los resultados del análisis de suelo.

Tratamiento # 1 Se procedió a pesar 400 g de PowerCalcio Vit 35%, por ser una pasta, para la aplicación se diluyo con agua limpia para completar una solución de 2000 ml. Se colocó en una bomba de mochila y los 30 g de nitrato de potasio se los reservo para aplicar después de 15 días.

Tratamiento # 2 Se pesó a pesar 50 g de biocarbón + 30 g de nitrato de potasio, se los mesclar y colocar en unas fundas para cada planta.

Tratamiento # 3 Se pesó solo los 30 g de nitrato de potasio para cada planta, es el testigo.

Aplicación de los tratamientos, Los tratamientos se aplicaron cada mes, con la consideración que la banda de abonamiento estaba libre de arvenses y con el suelo en capacidad de campo, en el primer tratamiento se aplicó el PowerCalcio con bomba de mochila aplicando 100 ml para cada planta de la solución, separado del nitrato de potasio con un lapso de 15 días. El segundo tratamiento se aplicó alrededor de la planta, esparciéndolo en la banda de abonamiento (figuras 2 y 3). Al testigo solo se aplicó nitrato de potasio una vez al mes.



Figura 2. Aplicación de PowerCalcio Vit 35%.



Figura 3. Aplicación biocarbón tratamiento 2.

### Labores culturales

Deshije, Consistió en la eliminación de hijos mal posicionados, por lo que se dejó el hijo más robusto y en mejor perspectiva para mantener una población apropiada con distancias uniformes entre plantas y evitar la competencia por la luz.

Deschante, Se sacó la parte de la vaina seca que se desprendía con facilidad, evitando ocasionar daños a la estructura del pseudotallo, lo que permitiría la entrada de bacterias como también otros patógenos infecciosos.

Enfunde, Esta práctica consistió en proteger la fruta desde el brote de la inflorescencia hasta la cosecha con una funda plástica con pequeñas perforaciones para crear un microclima con el fin de favorecer la apariencia, color, grado y longitud de la fruta, alcanzando un corte de racimo en menor tiempo.

Encintado, Esta labor se realiza al momento del enfunde, amarrando el tallo del racimo en la parte superior con una cinta plástica de color, la cual nos indica la edad del racimo, con esta partica se puede tener un estimado

de plantas a cosechar. Para realizar la identificación de la fruta se utilizan cintas de ocho colores diferentes, lo cual cada color representa una semana en calendario y prevenir confusiones al momento de la cosecha.

Desflore, Se realizó esta práctica cuando los dedos y las flores del racimo se ubican paralelo al suelo y su coloración es de blanco a café, permitiendo que el látex no se impregne en la fruta y así ocasionar daños estéticos en la fruta, además el desflore a tiempo evita el desgarre de la fruta y la propagación de enfermedades transmitidas por insectos, bacterias u hongos.

Desmane, Esta labor se la realizó con el objetivo de obtener un racimo más uniforme y que alcance su grado óptimo en menor tiempo, se eliminó la mano falsa más tres: donde se descartó las últimas cuatro manos. Al realizar el desmane se procedió a dejar un dedo en la mano falsa, con el fin de cicatrizar rápido y evitar la pudrición del raquis del racimo.

Destore, Esta práctica se la realizó para mejorar el llenado de los frutos y obtener una mejor estética del racimo, se la realiza de forma manual el quiebre la bellota por debajo de dedo testigo del desmane, pero tener en cuenta el contagio de enfermedades ocasionadas por bacterias u hongos.

Cosecha, Una vez que los racimos han alcanzado la edad adecuada, determinados por el color de la cinta y la semana de corte, fueron pre-calibrados el día anterior a la cosecha, obteniendo los datos de número de hojas a la cosecha, edad del racimo, para luego realizar el corte del racimo con podón y ubicándolo en la “cuna” para ser transportado hasta la empacadora, donde allí se midieron variables como el peso del racimo, peso de raquis, calibración de manos, longitud de manos, número de manos, número de dedos de la mano del sol.

Postcosecha, Este proceso inicia cuando los racimos han sido cosechados y transportados a la empacadora, donde se procede con la revisión de calidad de la fruta, color de la fruta, registro de daños y estropeos, desmanado y pasa al proceso de empaquetado, previo a un control de calidad y de las especificaciones de la marca y destino de la fruta.

Variables evaluadas, Altura de planta, Se utilizó un flexómetro tomando la medida desde la base del pseudotallo hasta la bifurcación de las dos primeras hojas.

Emisión foliar, Se efectuó el registro de esta variable de manera periódica cada semana (Figura 4), observando el estado de la hoja cigarro considerando los estados de desarrollo descritos por Brun

Peso del racimo, Luego que el racimo cumplió las semanas de edad fisiológica para ser cosechado. Se procedió a cortar y transportar hasta la empacadora, donde se tomó el dato del peso del racimo cosechado. (Figura 5).

Peso del raquis, Luego de haber pasado el proceso de desflore y lavado, se pasó a realizar el desmane del racimo tomando el raquis para ser pesado, en la empacadora con una balanza digital. (Figura 6).

Ratio, Esta variable se calculó en base al peso neto de la fruta dividido para el peso de la caja procesadas.

Peso de mano del sol, Al momento de la cosecha se desmanó y se pesó la mano de sol. (Figura 7).



Figuras 4, 5, 6, y 7, Toma de datos de emisión foliar, Peso del racimo, Peso del raquis, Peso de la mano del sol.

Número de manos, Se realizó el conteo del número de manos de cada racimo de las plantas evaluadas de la investigación (Figura 8).

Número de dedos, Se efectuó el conteo del número de dedos de cada mano del racimo de las plantas evaluadas de la investigación (Figura 9).

Grado de la mano del sol y última mano, Esta variable se tomó la mano del sol y última mano en el dedo medio con ayuda de un calibrador previo a la cosecha (Figura 10).

Número de Hojas a la cosecha, Se procedió al conteo de las hojas en 24 plantas seleccionadas al momento de la cosecha (Figura 11).



Figuras 8 Número de manos. 9. Número de dedos. 10. Calibración del racimo. 11. Número de hojas a la cosecha.

Edad del racimo, En la misma planta seleccionada se procedió a registrar la edad del racimo mediante el color de la cinta.

Proceso estadístico, En el proceso estadístico de datos se utilizó el programa SPSS versión 22 ( $\alpha=0,05$ ) para establecer las diferencias significativas entre tres tratamientos de enmiendas edáficas en el cultivo de banano, se utilizó el análisis de varianza ANOVA de un factor en cada una de las variables y se utilizaron gráficos de media de línea y diagrama de cajas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados que se presentan a continuación están en base a los tres tratamientos en una plantación de banano orgánico.

Altura de planta, En la variable altura de las medias mensuales de los tratamientos tenemos como resultado (Figura 12) que en el mes de enero del 2020 la mayor altura fue para el tratamiento T2 biocarbón + KNO<sub>3</sub> con 38 cm, seguido por el T1 Powercalcio vit35% + KNO<sub>3</sub> con 27.75 cm y con la menor media de crecimiento está el T3 testigo KNO<sub>3</sub> con 22.62 cm, en el mes de mayo del mismo año, la altura de las plantas tanto para el T1 y T2 son de 11.87 cm de crecimiento promedio, mientras que el menor valor en altura es para el T3 con 4.5 cm. En el resultado global de la variable altura de planta, el mayor promedio fue para el T2 con 21.08 cm de promedio mensual, seguido del T1 con 18.31 cm y con el menor crecimiento el T3 con 15.17 cm, se concuerda con los datos obtenidos en el trabajo de Pérez, et al. (2013), las plantas de los tratamientos con biocarbón presentaron alturas mayores y una tendencia a un mayor diámetro de pseudotallo.

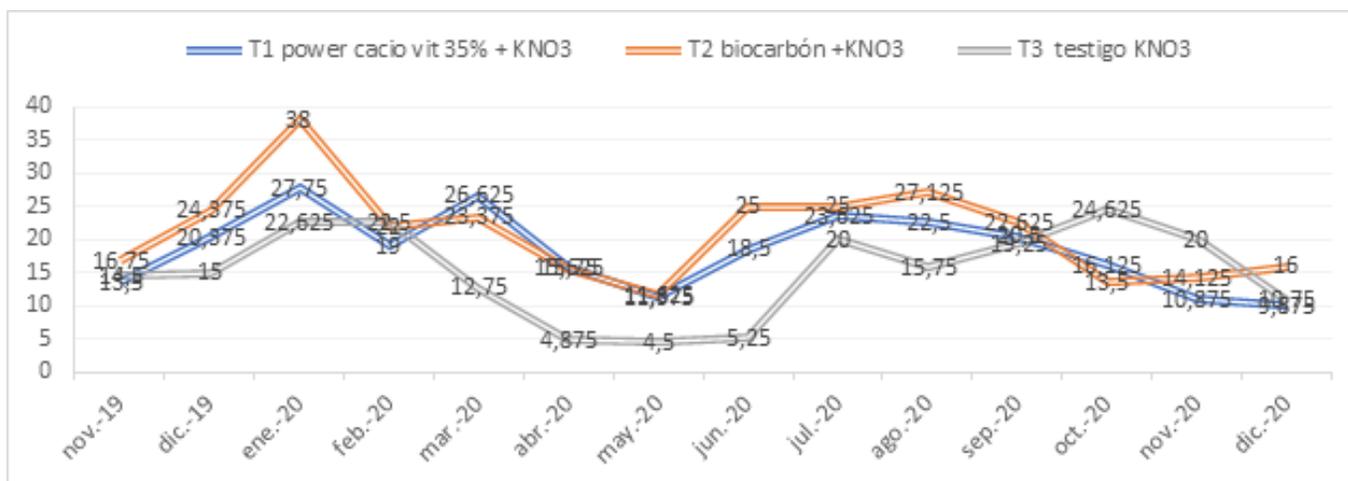


Figura 12. Comportamiento de la variable Altura de planta.

Emisión foliar, En la variable emisión foliar las medias mensuales de los tratamientos tenemos como resultado (figura 13) que en el mes de julio y septiembre del 2020 la mayor emisión de hojas fue para el T2 con 3.6 hojas, seguido por el T1 con 3.4 hojas y con la menor emisión foliar el T3 con 3 hojas. En el resultado global de la variable emisión foliar, el mayor promedio fue para el T2 con 2.87 hojas, seguido del T1 con 2.83 hojas y con la menor el T3 con 2.61 hojas.

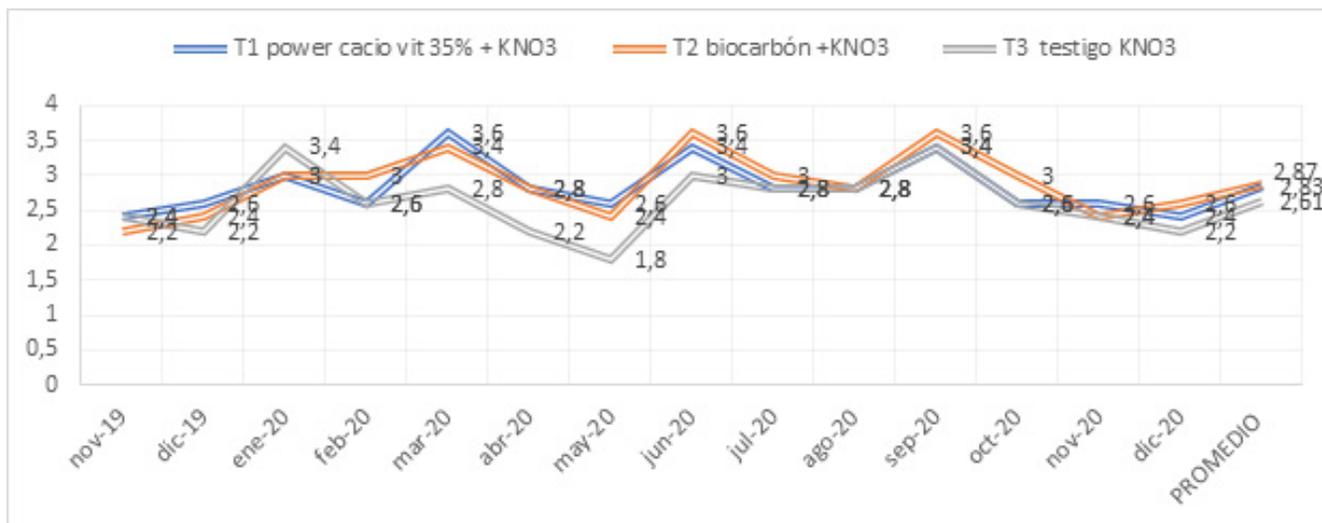


Figura 13. Emisión foliar

Retorno, El análisis de varianza (ANOVA) de un factor realizado al retorno de los tratamientos, muestra un p-valor de 0.026, el cuál es menor a 0,05; por lo tanto, si existe diferencia significativa entre las medias de cada tratamiento (Tabla 2).

Tabla 2. ANOVA de un factor intergrupos para la variable Retorno

Factor de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	5815.083	2	2907.542	4.361	.026
Dentro de grupos	14000.875	21	666.708		
Total	19815.958	23			

En la variable retorno, se observa que, si existe diferencias estadísticas entre los tres tratamientos, se determina que la media de la altura más alta es el T2 el cual presenta menor variabilidad de datos y una asimetría positiva, el cual presentó una media de 107.38 cm, seguido por T1 con una simetría de datos, mayor de dispersión, altura media de 88.75 cm, la menor altura de retorno es el T3 testigo con 69.25 cm, (Figura 14), lo que se puede decir que la altura del retorno si se vio influenciado por los tratamientos.

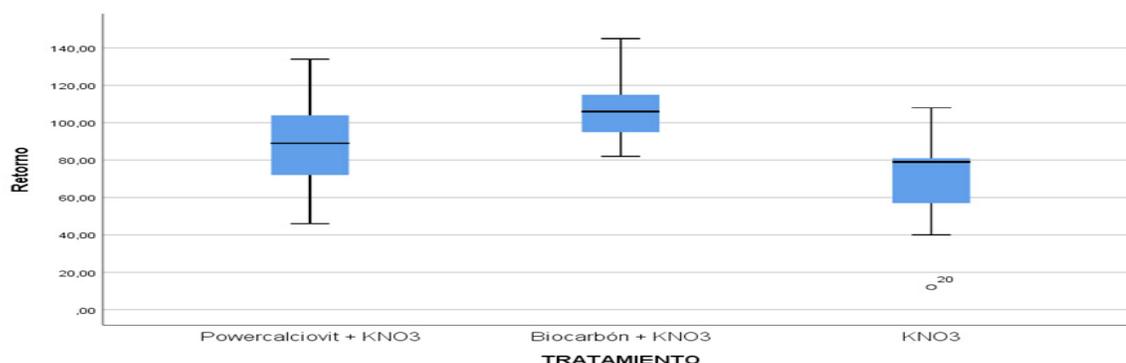


Figura 14. Diagrama de cajas y bigotes para la variable retorno.

En estudio realizado por Quevedo, et al. (2019), se indica que uno de los principales datos para monitoreo es el incrementar la altura del retorno lo cual llega a establecer la productividad por unidad de producción, entre

mayor sea la medida del retorno en menor tiempo la planta producirá un racimo, dependiendo de labores como desbunching y la fertilización del suelo, por lo cual se concuerda que a mejor plan de nutrición la altura del retorno es mayor.

Peso del racimo, El análisis de varianza (ANOVA) de un factor realizado en la variable peso del racimo de los tratamientos, muestra un p-valor de 0.064, el cuál es mayor a 0,05; que demuestra que no existe diferencia significativa entre las medias de cada tratamiento (Tabla 3).

Tabla 3. ANOVA de un factor para la variable Peso de racimo.

Factor de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1791.731	2	895.865	3.151	.064
Dentro de grupos	5971.203	21	284.343		
Total	7762.933	23			

En la variable peso del racimo, se observa que no existe diferencias estadísticas entre los tres tratamientos, pero se determina que el peso es mayor en el T1 el cual presentó un peso de 45.81 lbs, seguido del T2 con un peso de 38.86 lbs, el menor peso fue el T3 con 25.03 lbs (Figura 15), lo que nos indica que el peso del racimo sí estuvo influenciado por los tratamientos. Tenesaca, et al. (2020), reportan que en la utilización de biocarbón como enmienda edáfica, este aporta considerablemente en el desarrollo del racimo y otros aspectos favorables, lo que aporta resultado similar en el resultado obtenido.

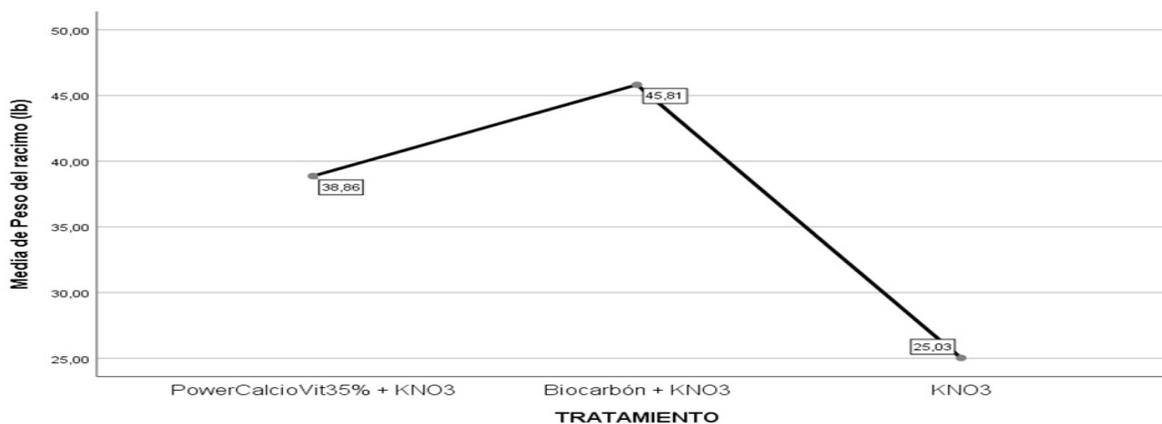


Figura 15. Media de Peso del racimo (lbs) entre los tres tratamientos.

Peso de raquis, Se realizó análisis de varianza (ANOVA) de un factor para la variable peso del raquis, la cual dio como resultado un p-valor de 0.051, el cuál es mayor a 0,05; por lo tanto, no existe diferencia significativa entre las medias de cada tratamiento (Tabla 4).

Tabla 4. ANOVA de un factor para la variable Peso de raquis.

Factor de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	20.631	2	10.315	3.430	.051
Dentro de grupos	63.149	21	3.007		
Total	83.780	23			

En la figura 16 podemos evidenciar que no hay mayor deferencia entre las medias del tratamiento T1 con 5.08 lbs y T2 con 4.93 lbs, mientras que T3 se observa un nivel bajo en el peso del raquis con 3.04 lbs.

Según Vargas & Valle (2011), la relación tallo y racimo es directa en cualquier condición, coincidiendo con los resultados obtenidos en la investigación, donde el peso del tallo en los tratamientos fue directamente proporcional al peso del racimo en los mismos.

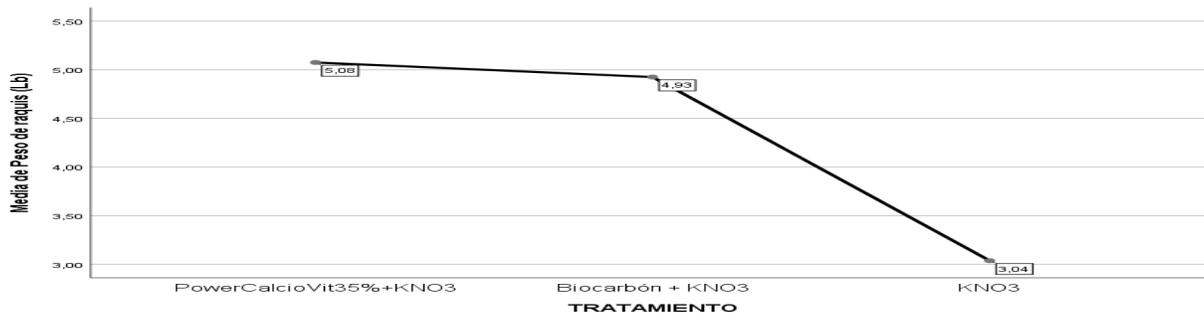


Figura 16. Media de peso del raquis (lbs) entre los tres tratamientos.

Ratio Procesado, En la prueba de comparaciones múltiples en la tabla 5 entre los tratamientos T1 y T2 no hay diferencia significativa, entre el T1 y T3 tampoco hay diferencia significativa y la diferencia significativa de 0.50 entre T2 y T3.

Tabla 5. Prueba de Tukey para variable Ratio procesado.

		Diferencias de Medias	Sig.
PowerCalcioVit35%+KNO3	BiocharNK	-.17500	.597
	NK	.27500	.293
Biocarbón + KNO3	PowerCaNitraK	.17500	.597
	NK	.45000*	.050
KNO3	PowerCaNitraK	-.27500	.293
	BiocharNK	-.45000*	.050

Como se puede apreciar en la Figura 17, se presentan diferencias estadísticas, el tratamiento T2 que tiene una media de ratio de 0.95, seguido por el T1 con 0.77 y el menor valor de ratio es T3 con 0.50, se concuerda con los datos obtenidos por Azuero & Quevedo (2020), donde la aplicación de biocarbón aumento la productividad considerando el valor de ratio que es la conversión de racimos/cajas.

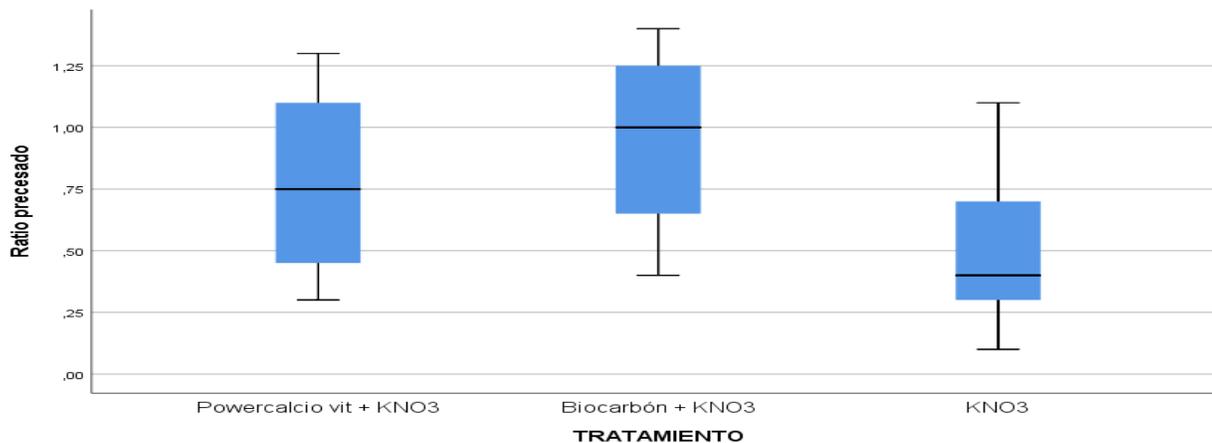


Figura 17. Diagrama de cajas y bigotes para la variable ratio procesado.

Peso de mano del sol, El análisis de varianza (ANOVA) de un factor realizado al peso de mano del sol, muestra un p-valor de 0.172 siendo mayor a 0,05; por lo tanto, no existe diferencia significativa entre las medias de cada tratamiento (Tabla 6).

Tabla 6. ANOVA de un factor para la variable Peso de mano del sol.

Factor de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	61.986	2	30.993	1.918	.172
Dentro de grupos	339.404	21	16.162		
Total	401.390	23			

La media de peso de mano del sol se observa en la Figura 18, donde el T1 tiene el mayor peso con una media de 9,49 lbs, sin embargo, estadísticamente no existe diferencias significativas, aunque se puede evidenciar que el T3 tiene un menor peso con una media de 6 lbs y con una diferencia de 3 lbs entre ambos tratamientos, por su parte el T2 con 9,39 lbs, valor muy similar al T1, por lo tanto, al incorporar T1 y T2 al suelo, se incrementa el peso de la mano del sol.

La mano del sol es la que representa la mayor calidad e influye directamente en el peso, en los trabajos realizados de sacar las manos inferiores, limpieza del racimo, desflor, buena nutrición de la planta se logra un mejor peso y dedos más largos, se coincide que una aplicación de enmiendas ayuda considerablemente en el peso de la fruta.

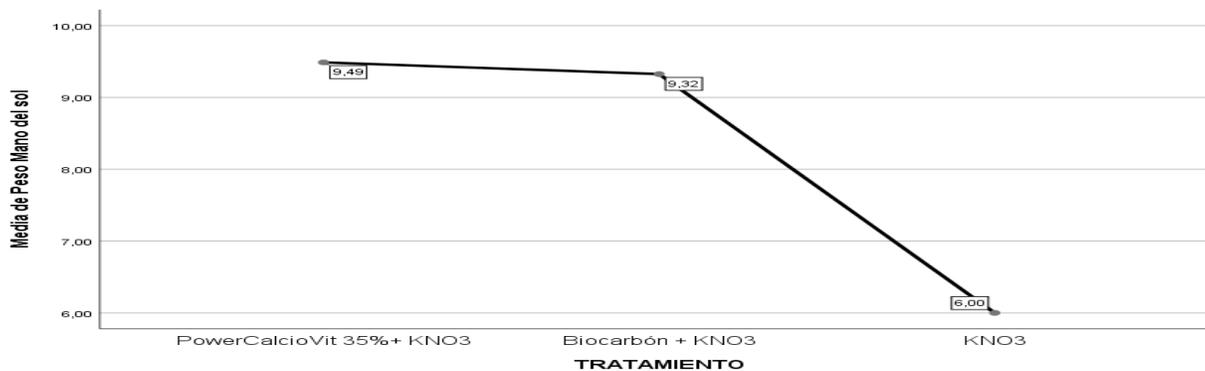


Figura 18. Media de Peso mano del sol.

**Número de manos,** El análisis de varianza realizado al número de manos, muestra un p-valor de 0.014 siendo menor a 0,05; por lo tanto, si existe diferencias significativas entre las medias de cada tratamiento (Tabla 7).

Tabla 7. ANOVA de un factor para la variable Número de manos.

Factor de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	18.083	2	9.042	5.311	.014
Dentro de grupos	35.750	21	1.702		
Total	53.833	23			

Los resultados obtenidos se observa en la Figura 19 que con la aplicación T2 se obtiene el mayor número de manos con 6,38 y datos de menor variabilidad, de otra parte el T1 tiene un valor similar con 6 manos y los datos son simétricos con un mayor rango de dispersión, sin embargo en el T3 se observa 4,38 manos con una asimetría negativa, valor muy bajo teniendo en cuenta que el T1 y T2 tienen aproximadamente 2 manos más que el testigo, se obtiene como resultado que con la aplicación de estos tratamientos no solo hay mayor número de manos sino que se la influencia en variables anteriores.

Según Julca, et al. (2020), las enmiendas orgánicas son una alternativa eficiente en el aumento de la producción en los cultivos de banano orgánico, disminuyendo la cantidad de fertilizantes, por este motivo coincidimos que con las aplicaciones de biocarbón aumenta la producción, expresada en mayor número de manos, peso de las manos y numero de dedos.

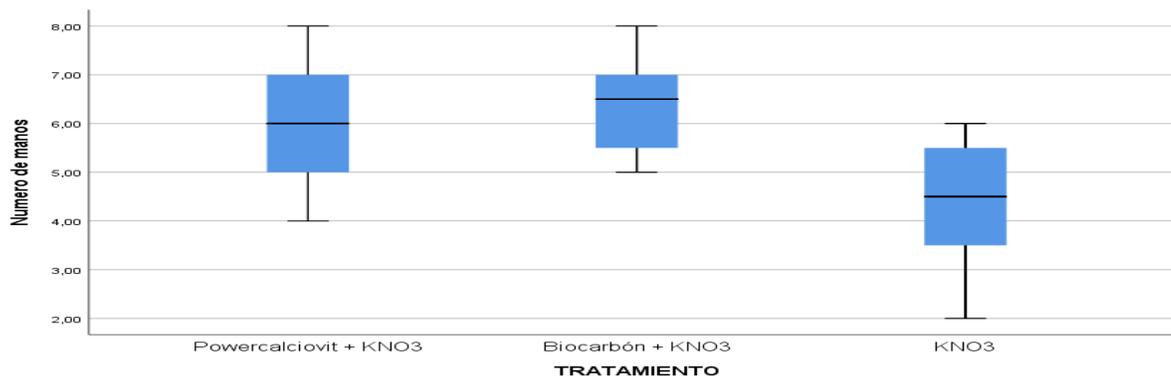


Figura 19. Diagrama de cajas y bigotes para la variable número de manos.

**Número de dedos,** El análisis de varianza (ANOVA) de un factor realizado al número dedos, muestra un p-valor de 0,014; por lo tanto, si existe diferencia significativa (Tabla 8).

Tabla 8. ANOVA de un factor para la variable Número de dedos.

Factor de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	289.333	2	144.667	5.307	.014
Dentro de grupos	572.500	21	27.262		
Total	861.833	23			

En la figura 20 se observa la media para número dedos, donde efectivamente el T2 obtuvo el mayor número de dedos con 22,25; por su parte el T1 con 20,75 dedos, sin embargo, el T3 por debajo de ambos tratamientos antes mencionados con 14.25 dedos, valor relativamente bajo en relación a los demás tratamientos, con una diferencia de hasta 8 dedos, resultando el T2 el mejor en esta variable donde incremento significativamente la aparición y desarrollo de los dedos.

En la investigación de Julca, et al. (2020), las enmiendas orgánicas son una alternativa eficiente en el aumento de la producción en los cultivos de banano orgánico, disminuyendo la cantidad de fertilizantes químicos aplicados, coincidiendo con lo expresado, que con aplicaciones de biocarbón aumenta la producción, reflejada en mayor número de manos, peso de las manos y numero de dedos.

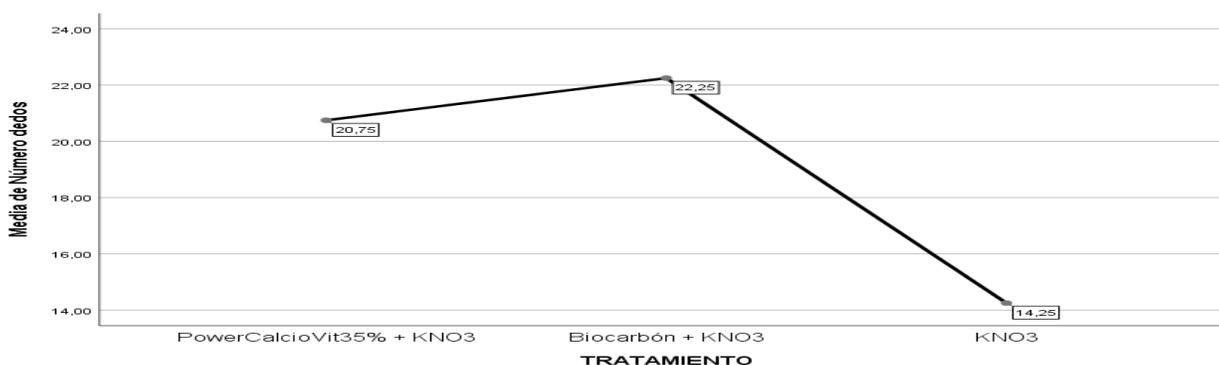


Figura 20. Media de Número de dedos.

**Calibración de la mano del sol,** La calibración de la mano del sol en el análisis de varianza (ANOVA) de un factor, muestra un p-valor de 0,649 el cuál es menor a 0,05; por lo tanto, existe evidencia suficiente para aceptar que no existe diferencias significativas al ser aplicados los tres tratamientos (Tabla 9).

Tabla 9. ANOVA de un factor intergrupos para la variable Calibración de la mano del sol.

Factor de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	6.333	2	3.167	.441	.649
Dentro de grupos	150.625	21	7.173		
Total	156.958	23			

Existe diferencia en el número de manos y dedos al ser aplicados los tratamientos en estudio, sin embargo, en la calibración no existe diferencias en el llenado del fruto, el T1 con 43,38, T2 con 44,13 y T3 con 44,63 teniendo una diferencia de 1.25 (Figura 21), lo que demuestra que al aplicarse KNO<sub>3</sub> la calibración es mayor debido a que la planta absorbe mejor el Potasio y al ser combinado con otros fertilizantes no produce el mismo efecto.

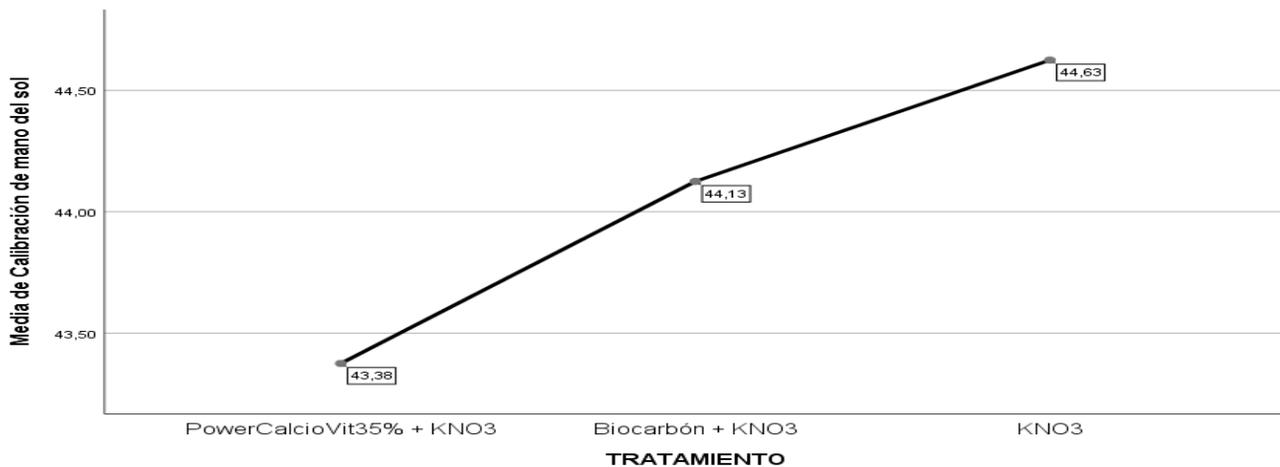


Figura 21. Media de calibración de la mano del sol.

**Calibración de la última mano,** La calibración de la última mano en el análisis de varianza (ANOVA) de un factor, muestra un p-valor de 0,244 el cuál es menor a 0,05; por lo tanto, existe evidencia suficiente para aceptar que no existe diferencias significativas entre grupos al ser aplicados los tres tratamientos (Tabla 10).

Tabla 10. ANOVA de un factor intergrupos para la variable Calibración de la mano del sol.

Factor de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	20.583	2	10.292	1.507	.244
Dentro de grupos	143.375	21	6.827		
Total	163.958	23			

En la Figura 22 se observa la calibración de la última mano, resultando el T3 con 42.75 valor superior a los demás tratamientos teniendo en cuenta que en la variable anterior (calibración de mano del sol) se obtuvo el valor más alto al ser aplicado el mismo tratamiento, el valor más bajo lo aportó el T1 con 40,63 seguido del T2 con 41, lo que nos demuestra que al aplicarse solo KNO<sub>3</sub> la calibración resulta mayor debido a que la planta absorbe mejor el Potasio y al ser combinado con otros fertilizantes no produce el mismo efecto.

Vargas & Valle (2011), determinan que el valor de la calibración de la última mano del racimo tiene el grado de exigencia mínima de empaque, que está relacionado con la edad de la fruta al momento del corte. Coincidiendo que depende de la nutrición y de algunas otras labores de campo para alcanzar el grado de corte en el menor tiempo.

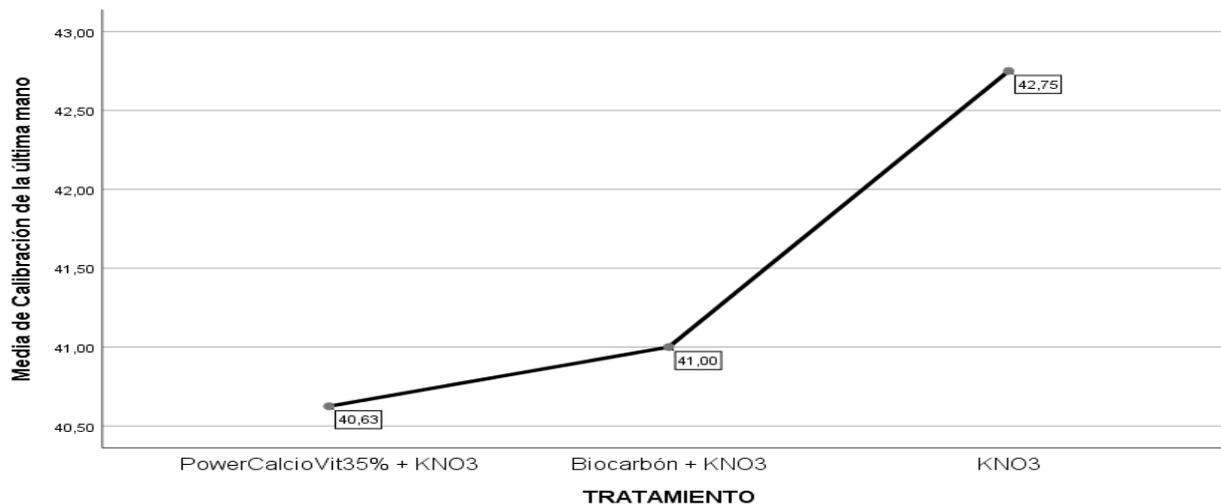


Figura 22. Media de calibración de la última mano.

**Número de hojas a la cosecha,** El análisis de varianza (ANOVA) de un factor para el número de hoja a la cosecha, muestra un p-valor de 0,020 siendo menor a 0,05; por lo tanto, existe evidencia suficiente para aceptar diferencias significativas entre grupos al ser aplicados los tres tratamientos (Tabla 11).

Tabla 11. ANOVA de un factor intergrupos para la variable Número de hojas a la cosecha.

Factor de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	3.000	2	1.500	4.755	.020
Dentro de grupos	6.625	21	.315		
Total	9.625	23			

El número de hojas a la cosecha se ve afectado por los tratamientos, si existen diferencias entre los tres tratamientos al ser aplicados, el T2 con 3,88 hojas superando a los otros tratamientos, por su parte el T3 y T1 muestran un menor valor, con 3,13 hojas, por lo tanto, la aplicación de biocarbón y nitrato de potasio a las plantas de banano afectaron favorablemente para llegar a la cosecha con el mayor número de hojas (Figura 23).

Según Nava & Vera (2004), las condiciones del cultivo de banano se ven afectada directamente el número de hojas a la cosecha por la presencia del hongo *Mycosphaerella fijiensis*, causal de la Sigatoka negra que aumenta el deterioro de las hojas.

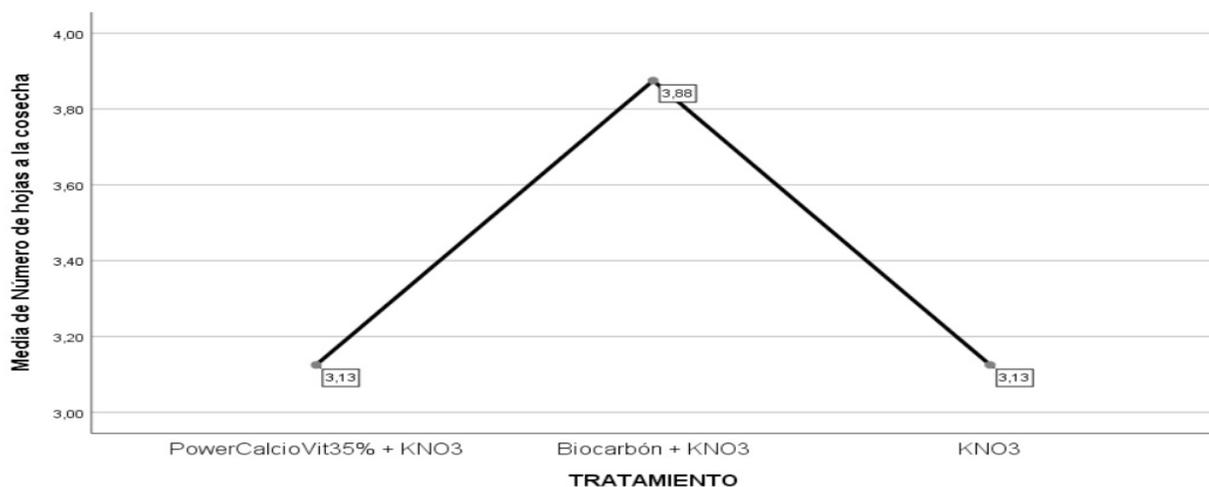


Figura 23. Media de número de hojas a la cosecha.

**Edad del racimo al corte,** El análisis de varianza (ANOVA) de un factor para la variable edad del racimo al corte, muestra un p-valor de 0,870 siendo menor a 0,05; por lo tanto, se evidencia suficiente que no existen diferencias significativas entre grupos (Tabla 12).

Tabla 12. ANOVA de un factor intergrupos para la variable Edad del racimo al corte.

Factor de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	.333	2	.167	.140	.870
Dentro de grupos	25.000	21	1.190		
Total	25.333	23			

El T1 y T2 son iguales con 12.75 semanas, sin embargo, no existe diferencias significativas, aunque se puede evidenciar que el T3 tiene un menor valor de 12.50 semanas al corte (Figura 24).

Estudios de González, et al. (2019), se plantea que la edad del racimo depende del color de la cinta colocada al momento del enfunde, con la cual previo a la cosecha se calibra la última mano, que indica que la fruta posee el grado requerido para la cosecha y empaque.

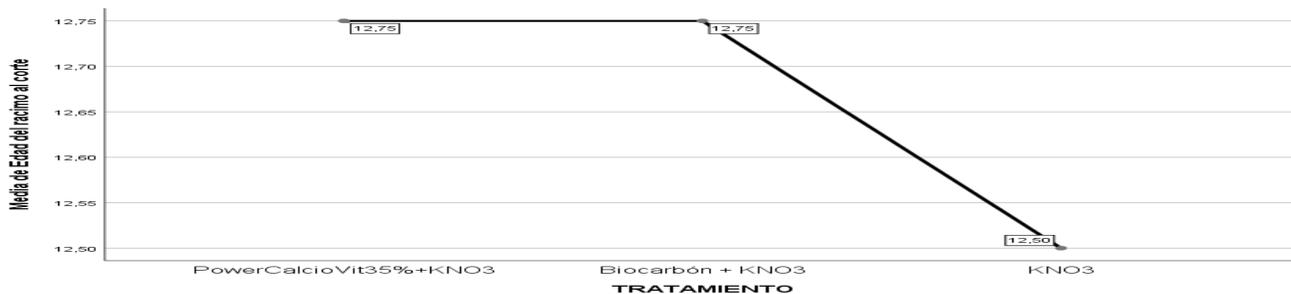


Figura 24. Media de edad del racimo al corte.

### Comparación de parámetros básicos del suelo en el año 2019 y 2020

El primer análisis de suelo se realizó en el año 2019 antes de iniciar la aplicación de los tratamientos, comparándolos con el segundo, con un año de diferencia.

La Figura 25, medición del valor del pH en el T1 y T2, partiendo de un valor de 7.3 que se considera como neutro en ambos casos, el valor final al tomar la muestra nos dio como resultado que con el T2 disminuyó a 6.3 que se considera como ligeramente ácido, mientras que en el T1 también disminuyó a 6.6 el pH con una diferencia de 0.7 puntos sigue dentro del rango de neutro (Tabla 13).

Observamos en la Figura 25 los valores de la conductividad eléctrica, en el tratamiento T1 al inicio con un valor de 3.18 mmhos/cm que tiene excesos de sales según Tabla 14, al final del trabajo tiene un valor de 3.60 mmhos/cm que significa que continúa en el rango de exceso, mientras en el T2 al inicio del trabajo con un valor de 2.57 mmhos/cm que corresponde valor alto, y al final de trabajo continúa alto con un valor de 2.99 mmhos/cm, con lo cual en los dos casos tenemos sales.

En el presente estudio uno de los parámetros más importantes es la materia orgánica presente en las muestras, en la Figura 25 observamos que en el T1 al inicio de la investigación tiene un % de 2.44 que se considera como medio (Tabla 15), y al finalizar la misma con una 2.16% que entra en el rango medio en materia orgánica, de igual manera el T2 comienza con 2.51% y termina con un 2.45% que se considera como medio en materia orgánica.

Tabla 13. Rangos para interpretación de resultados de pH.

pH	Categoría	Interpretación
-5,0	Extremadamente ácido	Severa toxicidad por Al y quizás por Mn, alta probabilidad de deficiencia de P,S, Mo y bases intercambiables, se esperan altos niveles de algunos micronutrientes, Muchos cultivos requieren encalamiento.
5,0-5,5	Fuertemente ácido	Toxicidad moderada por Al y Mn, deficiencia de P,S, Mo y bases, altos niveles de algunos micronutrientes, Muchos cultivos requieren encalamiento.

5,5-6,0	Moderadamente ácido	No se espera toxicidad por Al, mayor disponibilidad de P, S, Mo y bases, Algunos cultivos susceptibles a la acidez del suelo, requieren encalamiento.
6,0-6,5	Ligeramente ácido	Adecuada condición para la disponibilidad de nutrientes para las plantas.
6,5-7,3	Neutro	Altos niveles de Ca, Mg, Algunos cultivos pueden mostrar deficiencias de micronutrientes. La disponibilidad de P puede ser baja.
7,4-8,0	Alcalino	Baja disponibilidad de P y micronutrientes, Altos niveles de Ca, Mg, el Na puede ser un problema
+8,0	Muy alcalino	Severas limitaciones en la disponibilidad de algunos nutrientes, el nivel de Na puede ser tóxico.

Tabla 14. Tabla para interpretación de resultados de C.E.

A -0,4 dS/m Agua muy baja en sales, excelente calidad
B 0,4-0,8 dS/m Agua baja en sales, buena calidad
C 0,8-1,2 dS/m Agua moderadamente salina, aun de razonable calidad
D 1,2-2,2 dS/m Agua salina, calidad cuestionable, dependiendo del tipo de sales
E 2,2-3,0 dS/m Agua muy salina, su uso depende del tipo de sales que tiene.
F 3,0-4,0 dS/m Agua altamente salina, podría usarse cultivos muy tolerantes, dependiendo del cultivo, tipo de sales y del sistema de riego.

Tabla 15. Tabla para interpretación de resultados de materia orgánica.

Materia orgánica oxidable (%)	Interpretación
-1	Muy baja
1-2	Baja
2-3	Media
3-4	Alta
+ 4	Muy alta

Por otra parte, como último resultado en la Figura 25 tenemos la capacidad de intercambio catiónico efectivo, comenzando con el T1 que de inicio tiene un valor de 25.02 meq/100ml que se considera alto, y al final del trabajo tiene un valor de 29.33 meq/100 que se considera alto, en el T2 inicia con un valor de 25.58 meq/100 que es alto y al final da un valor de 28.30 meq/100 que se considera alto.

Según Laird, et al. (2010), la aplicación de biocarbón en el suelo puede aumentar hasta en un 20% la capacidad de intercambio catiónico y el cambio de hasta 1 unidad en el valor del pH, se concuerda con el aumento de la CIC con un 9% de aumento y también con el cambio de una unidad en el pH. También en el trabajo realizado por Cha, et al. (2016), se ha observado un aumento en la conductividad eléctrica, se concuerda con él.

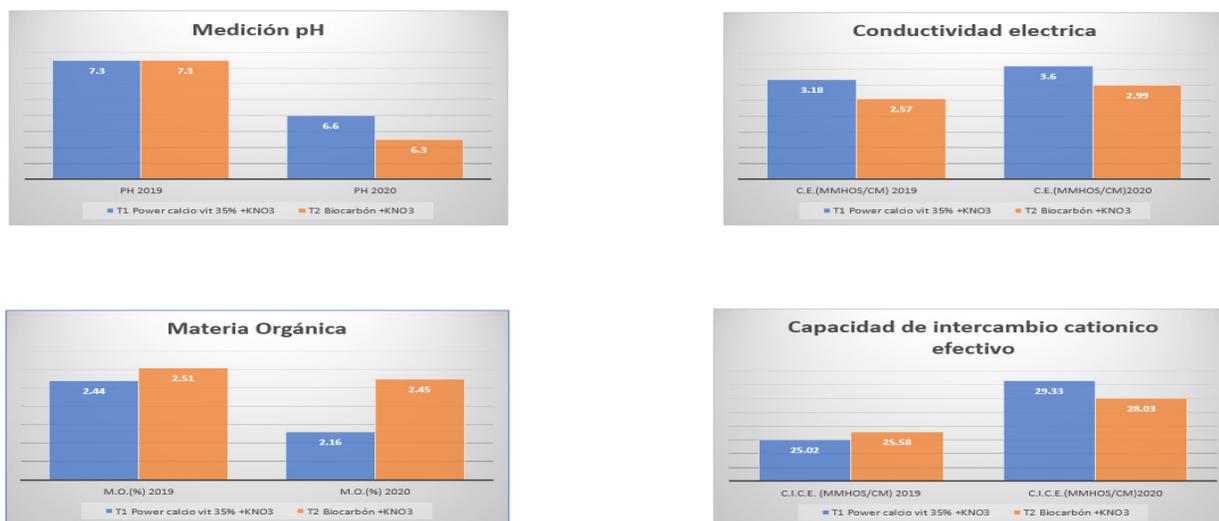


Figura 25. Comparación de parámetros básicos del suelo.

## CONCLUSIONES

Con un manejo adecuado del cultivo y la aplicación de biocarbón como enmienda edáfica, se logra una mejor respuesta en la nutrición, logrando un crecimiento más rápido y dejando un retorno de mayor altura, mejorando la calidad fitosanitaria de las plantas de banano mejorando la tolerancia al ataque la Sigatoka negra y demás plagas. Se logró cosechar fruta con calidad exportable sin aplicar controles químicos al follaje.

Se determinó el efecto positivo de la aplicación de PowerCalcioVit35% y Biocarbón en los parámetros agronómicos de producción en banano, con el promedio de todas las variables medidas como peso del racimo, número de manos y ratio, fue superior el T2 (biocarbón + KNO<sub>3</sub>), logrando un manejo sustentable y amigable con la plantación.

Se comparó el efecto de la aplicación de PowerCalcioVit35% frente a la del biocarbón en parámetros básicos del suelo, la diferencia que se hace notoria la muestran los parámetros edáficos influenciados satisfactoriamente con la aplicación del biocarbón, se mantuvo el nivel de materia orgánica que es uno de los más representativos para la nutrición de los suelos y disponibilidad de los nutrientes para la planta.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azuero, B., & Quevedo, J. (2020). Efectos del biocarbón y microorganismos en la producción y estado fitosanitario del banano Orgánico en la parroquia "La Victoria". *Revista Científica Agroecosistemas*, 8(2), 110-120.
- Cha, J., Park, S., Jung, S., Ryu, C., Jeon, J., Shin, M., & Park, Y. (2016). Production and utilization of biochar: A review. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 40, 1-15.
- González, M., Escalona, M., Hernández, M., Figueroa, O., & Caamal, I. (2019). Manejo postcosecha del plátano (Musa x paradisiaca AAA subgroup Cavendish) en tecmán, colina, México. *Agroproductividad*, 12(2), 66-71.
- Julca, M., León, K., & Anccota, R. (2020). Efecto de fuentes orgánicas y microorganismos eficientes en el rendimiento del cultivo de banano orgánico (Musa spp. L.). *Manglar*, 17(4), 301-306.
- Laird, D., Fleming, P., Davis, D., Horton, R., Wang, B., & Karlen, D. (2010). Impact of biochar amendments on the quality of a typical Midwestern agricultural soil. *Geoderma*, 158, 443-449.
- Nava, C., & Vera, J. (2004). Relación del número de hojas a floración y hojas perdidas en el ciclo reproductivo con el peso del racimo en plantas de plátano en presencia de Sigatoka negra. *Revista de la facultad de Agronomía*, 21(4), 336-343.

- Pérez, R., Tapia, A., Soto, G., & Benjamin, T. (2013). Efecto del Bio-carbón sobre Fusarium oxysporum f. sp. cubense y el desarrollo de plantas de banano (Musa AAA). *InterSedes*, 14(27), 60-100.
- Quevedo, J., Delgado, A., Tuz, I., & García, R. (2019). Evaluación de la aplicación de fertilizante al pseudotallo de plantas cosechadas de banano (Musa x paeadiaca L.) Y su efecto en la velocidad de crecimiento del hijo retorno. *Revista científica agroecosistemas*, 7(2), 190-197.
- Tenesaca, S., Quevedo, J., & García, R. (2020). Determinación de la dosis óptima de biocarbón como enmienda edáfica en el cultivo de banano (Musa X paradisiaca L.) Clon Williams. *Revista Agrosistemas*, 7(3), 134-141.
- Vargas, A., & Valle, H. (2011). Efectos de dos tipos de funda sobre el fruto de banano (Musa AAA). *Agronomía Mesoamericana*, 22(1), 81-89.