



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

Efecto de la fertilización mineral con diferentes fuentes de potasio en el desarrollo y rendimiento productivo del cultivo de banano.

**CHACON AVILES MIGUEL EFRAIN
INGENIERO AGRONOMO**

**MARQUEZ MALDONADO KELLY JULISSA
INGENIERA AGRONOMA**

**MACHALA
2023**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

**Efecto de la fertilización mineral con diferentes fuentes de potasio
en el desarrollo y rendimiento productivo del cultivo de banano.**

**CHACON AVILES MIGUEL EFRAIN
INGENIERO AGRONOMO**

**MARQUEZ MALDONADO KELLY JULISSA
INGENIERA AGRONOMA**

**MACHALA
2023**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

ENSAYOS O ARTÍCULOS ACADÉMICOS

**Efecto de la fertilización mineral con diferentes fuentes de potasio
en el desarrollo y rendimiento productivo del cultivo de banano.**

**CHACON AVILES MIGUEL EFRAIN
INGENIERO AGRONOMO**

**MARQUEZ MALDONADO KELLY JULISSA
INGENIERA AGRONOMA**

VILLASEÑOR ORTIZ DIEGO RICARDO

**MACHALA
2023**



Casa Editora del Polo (CASEDELPO), hace constar que:

El artículo científico:

“Efecto de la fertilización mineral con diferentes fuentes de potasio en el desarrollo y rendimiento productivo del cultivo de banano”

De autoría:

Miguel Efraín Chacon Avilés, Kelly Julissa Márquez Maldonado, Diego Ricardo Villaseñor Ortiz, Ángel Eduardo Luna Romero, Irán Rodríguez Delgado

Habiéndose procedido a su revisión y analizados los criterios de evaluación realizados por lectores pares expertos (externos) vinculados al área de experticia del artículo presentado, ajustándose el mismo a las normas que comprenden el proceso editorial, se da por aceptado la publicación en el **Vol. 9, No 4, Abril 2024**, de la revista Polo del Conocimiento, con ISSN 2550-682X, indexada y registrada en las siguientes bases de datos y repositorios: **Latindex Catálogo v2.0, MIAR, Google Académico, ROAD, Dialnet, ERIHPLUS.**

Y para que así conste, firmo la presente en la ciudad de Manta, a los 01 días del mes de marzo del año 2024.

Dr. Víctor R. Jama Zambrano
DIRECTOR

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

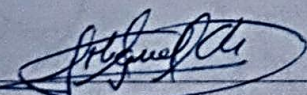
Los que suscriben, CHACON AVILES MIGUEL EFRAIN y MARQUEZ MALDONADO KELLY JULISSA, en calidad de autores del siguiente trabajo escrito titulado Efecto de la fertilización mineral con diferentes fuentes de potasio en el desarrollo y rendimiento productivo del cultivo de banano., otorgan a la Universidad 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 tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Los autores declaran 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.

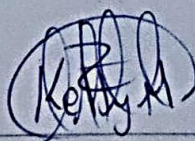
Los autores como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

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.



CHACÓN AVILES MIGUEL EFRAIN

0704825876



MARQUEZ MALDONADO KELLY JULISSA

0706764693

EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN MINERAL CON DIFERENTES FUENTES DE POTASIO EN EL DESARROLLO Y RENDIMIENTO PRODUCTIVO DEL CULTIVO DE BANANO.

Miguel Efraín Chacon Avilés¹

<https://orcid.org/0009-0007-4883-8282>
mchacon2@utamachala.edu.ec

Kelly Julissa Márquez Maldonado¹

<https://orcid.org/0009-0005-9643-7155>
kmarquez1@utmachala.edu.ec

Diego Ricardo Villaseñor Ortiz¹

<https://orcid.org/0000-0001-5646-4451>
dvillasenor@utmachala.edu.ec

Ángel Eduardo Luna Romero¹

<https://orcid.org/0000-0002-4311-9445>
aeluna@utmachala.edu.ec

Irán Rodríguez Delgado¹

<https://orcid.org/0000-0002-6453-2108>
irodriguez@utmachala.edu.ec

¹ Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala (UTMACH), El Oro, Ecuador.

RESUMEN

La producción de banano en Ecuador, alcanzó aproximadamente 6,08 millones de Mg en 2022. Este cultivo, conocido por su rápido crecimiento, demanda de nutrientes, especialmente el potasio (K) para funciones fisiológicas y metabólicas. La deficiencia de K en el suelo es una limitante significativa, y la fertilización potásica es esencial. Mientras el cloruro de potasio (KCl) es común, el sulfato de potasio (K_2SO_4) y el nitrato de potasio (KNO_3) son preferidos en cultivos sensibles al cloruro. Investigaciones en banano sugieren que dosis específicas de K_2O , como K_2SO_4 , KNO_3 y KCl, mejoran el rendimiento. Estudios en otros cultivos respaldan la eficacia del K_2SO_4 . Se propone investigar el efecto de las fuentes de potasio y el fraccionamiento de la fertilización en el banano, considerando la baja eficiencia en la utilización del fertilizante potásico. El estudio se realizó en una plantación comercial de banano, utilizando un diseño experimental de bloques completamente al azar con cuatro tratamientos. Los resultados indican un impacto positivo de las fuentes de potasio en el desarrollo y rendimiento productivo del banano. Las condiciones climáticas y la solubilidad de las fuentes potásicas influyeron en la disponibilidad de nutrientes, proporcionando información valiosa para la toma de decisiones, enfatizando en la importancia de seleccionar cuidadosamente las fuentes de potasio para optimizar el rendimiento del cultivo.

PALABRAS CLAVE: Fuentes de potasio, Fertilización, producción de banano.

INTRODUCCIÓN

La actividad agrícola centrada en la producción de banano (*Musa spp.*) constituye uno de los pilares fundamentales de la economía ecuatoriana. Durante la temporada agrícola de 2022, el país generó aproximadamente 6,08 millones de megagramos (Mg) de banano en una extensión de 167 534 hectáreas (ha), alcanzando una productividad de 36,28 Mg ha⁻¹ (FAOSTAT, 2022).

La planta de banano es conocida por su rápido crecimiento y elevada producción de biomasa, lo cual demanda un suministro constante de nutrientes y agua (Al-Harthi y Al-yahyai, 2009). En este sentido, la práctica de fertilización mineral en el cultivo ha sido objeto de extensa investigación (Espinosa y Mite, 2002). Esto posibilita ajustar las grandes cantidades de nutrientes extraídos del suelo con la cosecha del fruto (Elbehri et al., 2015).

En este contexto, se destaca la importancia del potasio (K), siendo uno de los nutrientes que se requieren en grandes cantidades para el crecimiento y la productividad de las plantas (Torabian et al., 2021). El K es esencial para completar diversas funciones fisiológicas y metabólicas en las plantas, que inciden directamente en el rendimiento, calidad postcosecha, regulación del contenido de agua a nivel celular y propiciar una baja incidencia de enfermedades (Sardans y Peñuelas, 2021). Su función principal es la de activador enzimático; más de 60 enzimas, como sintetasas y quinasas dependen de K para su actividad normal (Prado, 2021).

En el suelo, apenas entre el 1% y el 2% del total de K está inmediatamente disponible, mientras que el resto se encuentra ligado a otros minerales como los feldespatos, esta escasa disponibilidad resulta insuficiente para satisfacer la demanda nutricional, convirtiendo la deficiencia de K en una limitante significativa (Soumaré et al., 2023; Lepsch, 2021). Este aspecto subraya la importancia de abordar la fertilización potásica para optimizar el desarrollo y rendimiento del cultivo, especialmente en entornos donde esta deficiencia podría ser un factor restrictivo.

En lo que se refiere a fuentes de fertilizantes a base de K, cloruro de potasio (KCl) destaca como la más utilizada por su bajo costo de comercialización, mientras que sulfato de potasio (K₂SO₄) y nitrato de potasio (KNO₃) son preferidos para cultivos sensibles al cloruro (Zörb et al., 2014). Es importante señalar que se han registrado problemas de salinización asociados al uso excesivo de KCl en casos de fertilizaciones continuas (Bonadeo et al., 2017). En situaciones de salinidad, resulta favorable optar por K₂SO₄, ya que esta fuente exhibe un índice de salinidad inferior en comparación con otras alternativas (Piana, 2011). Por lo que se enfatiza la importancia de seleccionar cuidadosamente la fuente potásica, considerando tanto la eficacia nutricional como los posibles impactos ambientales.

Muchas de las investigaciones realizadas en banano se han centrado en el efecto de dosis crecientes de potasio sobre parámetros de desarrollo y producción. En estudios realizados se demostró que una dosis de 525 kg ha⁻¹ de óxido de potasio (K₂O) en forma de KNO₃ produjo el máximo rendimiento de racimo, con una masa de 30,90 kg (Villaseñor et al., 2020). En otro estudio se mostró que la utilización de K₂O en forma KCl con dosis que varían entre 502,7 a 658,0 kg ha⁻¹ inciden positivamente en componentes productivos del banano (De Oliveira et al., 2020). Sumado a estas investigaciones, se puede mencionar un estudio donde se aplicó K₂O en forma de K₂SO₄ a razón de 699,6 g planta⁻¹ obteniendo racimos con una masa de 28,55 kg (Hussien y Kareem, 2021).

En investigaciones realizadas en otros cultivos, como por ejemplo *Ipomoea batatas*, la aplicación de K₂SO₄ mostró mayores rendimientos en la masa de raíces (25,16 Mg ha⁻¹) en comparación con KCl (22,28 Mg ha⁻¹), destacando la eficacia de K₂SO₄ (Da Silva et al., 2022). En el cultivo de *Citrullus lanatus* los mayores rendimientos se produjeron con K₂SO₄ donde se obtuvo 201,6 kg de fruta, seguida de KCl y KNO₃ con 111,5 y 109,6 kg de fruta (Grangeiro y Filho, 2006). En *Solanum tuberosum*, las mayores producciones de masa de hojas y tubérculos frescos y secos, sólidos solubles, concentración de almidón y las estimaciones de producción de etanol se obtuvieron con K₂SO₄ (Silva, 2013).

Por ello en este estudio se propuso comprender el efecto de las fuentes de potasio KCl, K₂SO₄ y KNO₃ en el cultivo de banano, así como también el fraccionamiento de la fertilización. Debido a las variaciones de los factores edáficos y climáticos la eficiencia en la utilización del fertilizante potásico es baja, registrando un porcentaje inferior al 30% (He et al., 2020; Zheng et al., 2022). Por lo que resulta conveniente distribuir de manera estratégica las dosis de fertilización aplicadas al suelo, a lo largo del tiempo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y caracterización del área experimental

Este estudio se realizó en una plantación comercial de banano, ubicada en la provincia de El Oro, Machala, sur de Ecuador, en las siguientes coordenadas 79° 52' 21,562" O; 3° 17' 32,952" S con una altitud media de 19 msnm y un clima tropical mega térmico seco AW conforme a la clasificación de Köppen (Farr et al., 2007; Beck et al., 2018). La humedad relativa media en la zona de estudio fue de 73%, la temperatura media máxima fue de 28,98 °C y la mínima de 23,11 °C, según datos obtenidos de la plataforma Nasa Power (White et al., 2008). Los suelos de la zona de estudio corresponden al subgrupo Aquic Dystrustepts (Villaseñor et al., 2016; Espinosa et al., 2022).

La clase textural se determinó mediante el método de Bouyoucos. El pH en H₂O, pH en KCl y conductividad eléctrica (CE) del suelo se determinaron en una proporción 1:2 de suelo: agua destilada utilizando un potenciómetro y un medidor de CE, respectivamente. Los contenidos de NH₄-N y NO₃-N se determinaron en extractos de agua y extractos de NaCl 0,05 M, respectivamente. Los contenidos de P, por medio del extractante Olsen-Modificado y de los principales cationes (K, Ca, Mg, Na) se determinaron mediante espectroscopia de absorción atómica. Los contenidos de azufre (S) y boro (B) se determinaron mediante fotometría de llama y extractos de fosfato cálcico. El contenido de micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn) se determinó mediante espectroscopia de absorción atómica y extractos de fosfato cálcico y extractos de DTPA (Tabla 1).

Tabla 1. Atributos fisicoquímicos del suelo (profundidad 0-30 cm) en una plantación comercial de banano (*Mussa spp.*), en la provincia de El Oro, Machala, sur de Ecuador.

Parámetros	UM	Niveles
Materia Orgánica	%	6
Clase textural		Arcillo limosa
Conductividad eléctrica	mS cm ⁻¹	0,45
pH (en H ₂ O)		5,5
pH (en KCl)		4,6
Nitrato (NO ₃ -N)	mg kg ⁻¹	47,9
Amonio (N-NH ₄)	mg kg ⁻¹	4,1
Nitrógeno (N) Total	mg kg ⁻¹	52,0
Fósforo (P)	mg kg ⁻¹	55,7
Potasio (K)	mg kg ⁻¹	175
Magnesio (Mg)	mg kg ⁻¹	200
Calcio (Ca)	mg kg ⁻¹	1090
Azufre (S)	mg kg ⁻¹	13,6
Hierro (Fe)	mg kg ⁻¹	62,5
Manganeso (Mn)	mg kg ⁻¹	71,0
Cobre (Cu)	mg kg ⁻¹	3,4
Zinc (Zn)	mg kg ⁻¹	7,2
Boro (B)	mg kg ⁻¹	0,63
Sodio (Na)	mg kg ⁻¹	32,3
Cloruro (Cl ⁻)	mg kg ⁻¹	29,1
Sales totales	mg kg ⁻¹	372

UM= unidad de medida

Como material vegetativo se utilizó un triploide AAA subgrupo Cavendish, clon Williams (Soto Ballester, 2014). Las prácticas agronómicas se limitaron a las actividades comúnmente realizadas en esta plantación, con el propósito de ajustarnos a la realidad de las operaciones, entre ellas es importante mencionar el deshije que consiste en la selección oportuna de los hijos de sucesión, retorno o planta de sucesión, lo que permite acortar los intervalos de floración (Lozano, 2023). Este ensayo se vio afectado en su totalidad por el conjunto de labores que se realizaron excepto por la fertilización que fue el factor de intervención.

Diseño experimental

Este experimento se llevó a cabo utilizando un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Estos tratamientos incluyeron una mezcla preparada por el productor (T1) y tres fuentes diferentes de potasio: KCl con un 60-63% de K₂O (T2), K₂SO₄ con un 50% de K₂O (T3) y KNO₃ con un 45% de K₂O (T4). Cada unidad experimental (UE) consistió en un promedio de 120 plantas, con una distancia de siembra de 2.82 m metros entre líneas y 2.44 metros entre hileras. Además de la aplicación de los tratamientos mencionados, se suministraron fuentes de nitrógeno (N), fósforo (P₂O₅), calcio (CaO), magnesio (MgO), zinc (Zn) y boro (B) para lograr un equilibrio nutricional en el experimento (Tabla 2).

Tabla 2. Composición de los distintos tratamientos.

Fuentes	Proporción (Kg)			
	T1	T2	T3	T4
NAM	22,0	33,9	33,9	12,9
DAP	4,0	6,2	6,2	6,2
KCl	20,0	42,2	-	-
K ₂ SO ₄	-	-	50,6	-
KNO ₃	25,0	-	-	55,0
Ca ₂ NO ₃	6,0	6,0	6,0	6,0
FC	10,0	-	-	-
MgSO ₄	8,0	9,0	9,0	9,0
ZnSO ₄	2,0	2,0	2,0	2,0
Borax	3,0	3,0	3,0	3,0
Total	100,0	102,3	110,7	94,1

T1= mezcla del productor, T2= mezcla con KCl, T3= mezcla con K₂SO₄, T4= mezcla con KNO₃, NAM= Nitrato de amonio (34% N), DAP= Fosfato diamónico (18% N, 46% P₂O₅), KCl= Cloruro de potasio (60-63% K₂O), K₂SO₄= Sulfato de potasio (50% K₂O), KNO₃= Nitrato de potasio (13,5% N, 45% K₂O), Ca₂NO₃= Nitrato de calcio (15% N, 33% CaO), FC= Fórmula comercial (12% N, 11% P₂O₅, 18% K₂O, 2,7% MgO, 8% S), MgSO₄=Sulfato de magnesio (27% MgO, 20% S), ZnSO₄= Sulfato de zinc (13% S, 34% ZnO), Borax= Fuente de boro (48% B₂O₃).

Todos los datos se analizaron utilizando el software estadístico SPSS (versión 25.0 SPSS, Chicago, EE. UU.) y se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) de dos factores. Se utilizó la prueba de rangos múltiples de Duncan (DMRT) para comparar la media con un nivel de significancia del 5%.

La aplicación de los tratamientos abarcó un período de 8 meses y dos días, equivalente a 244 días, desde la fase vegetativa hasta la etapa de floración, comenzando el 23 de noviembre de 2022 y concluyendo el 25 de julio de 2023. Inicialmente, los tratamientos se administraron semanalmente hasta el 17 de febrero de 2023; posterior a esta fecha, se aplicaron cada 15 días hasta la culminación de la fase de floración. Se utilizó una plantilla de banano en donde el estado de las plantas es homogéneo. Los tratamientos fueron aplicados directamente al suelo, en medio de lo que se conoce como corona, que corresponde al área de mayor actividad radical (Wuyts et al., 2006).

VARIABLES EVALUADAS Y RECOLECCIÓN DE DATOS

Las distintas variables se evaluaron en etapa de floración y cosecha. En las variables de desarrollo de cultivo al momento de la floración (Tabla 3) se seleccionaron únicamente plantas de sucesión con un ancho de hoja superior a 20 cm, el número de plantas evaluadas por UE fue superior a 12. En las variables de desarrollo de cultivo al momento de la cosecha y variables de rendimiento productivo (Tabla 3) el número de plantas evaluadas por UE fue superior a 30.

Se evaluaron tres grupos de variables en el experimento. El primer grupo consistió en parámetros de desarrollo del cultivo al momento de la floración (a 213 días después de la primera fertilización) en el primer retorno (R1) considerado como planta madre y en el segundo retorno (R2) considerado como planta de sucesión. El segundo grupo de variables fueron relacionadas al desarrollo del cultivo al momento de la cosecha (a 256 días después de la primera fertilización) tanto en R1 y R2. El tercer grupo consistió en variables de rendimiento productivo (a 256 días después de la primera fertilización) en R1. Las variables antes expuestas se presentan en la (Tabla 3).

Tabla 3. Agrupación de los parámetros evaluados durante el experimento con distintas fuentes de K en el cultivo de banano (*Mussa spp.*), en la provincia de El Oro, sur de Ecuador.

Grupos de variables	Variables evaluadas	Abreviatura
Desarrollo de cultivo al momento de la floración	Número de hojas R2	H2
	Altura de la planta R2 (cm)	A2
	Perímetro del pseudotallo a la altura del cormo R2 (cm)	P2
	Índice de clorofila R2	C2
	Número de hojas R1	H1
	Perímetro del pseudotallo a un metro de altura R1 (cm)	P1
Desarrollo de cultivo al momento de la cosecha	Altura de planta R2 (cm)	AC2
	Número de hojas R2	HC2
	Perímetro del pseudotallo a la altura del cormo R2 (cm)	PC2
	Número de hojas R1	HC1
Rendimiento productivo	Número de manos del racimo R1	MR
	Calibre del dedo medio de la segunda mano comercial R1 (mm)	CD
	Longitud del dedo medio de la segunda mano comercial R1 (cm)	LD
	Masa del racimo R1 (kg)	RA
	Masa del raquis R1 (kg)	RQ

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desarrollo de cultivo al momento de la floración

Nuestros hallazgos revelaron que las variables H2, C2 y H1 no presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos aplicados, evidenciando que las distintas fuentes de K, incluido el tratamiento tradicional de la finca (T1), no generaron un incremento en los valores medidos (Tabla 4). Por un lado, estos resultados concuerdan con Najihah et al. (2022) en el cultivo de *Elaeis guineensis*, donde no hubo diferencia significativa entre las fuentes de K en el contenido de clorofila.

Por otro lado, estos valores contradicen lo expuesto por Silva (2013), donde el mejor desarrollo de *Solanum tuberosum* se obtuvo con la fuente K_2SO_4 . También se pudo observar que A2, P1 y P2 si presentaron diferencias estadísticas entre los distintos tratamientos (Tabla 4). Estos datos concuerdan con Grangeiro y Filho (2006), en el cultivo de *Citrullus lanatus* donde los mejores resultados de desarrollo se mostraron con la fuente KCl. Es posible que se necesiten más estudios relacionados con el efecto del K, bajo distintas fuentes, y analizar su impacto en variables de desarrollo. Sin embargo, Martineau et al. (2017) concluyen que el efecto del K está directamente relacionado con procesos fisiológicos, como el transporte de fotoasimilados desde la parte aérea de la planta hacia los órganos de reserva.

Tabla 4. Parámetros de desarrollo de cultivo al momento de la floración evaluados en una plantación comercial de banano (*Musa spp.*), en la provincia de El Oro, Machala, sur de Ecuador.

Tratamientos	Número hojas R2	Altura de la planta R2 (cm)	Perímetro pseudotallo a la altura del corno R2 (cm)	Intensidad color de la clorofila (SPAD)	Número hojas R1	Perímetro pseudotallo a un metro de altura R1 (cm)
T1	2,51 a	157,60 ab	46,61 b	39,86 a	12,13 a	86,53 ab
T2	2,46 a	162,49 a	49,05 a	39,89 a	12,24 a	87,30 a
T3	2,67 a	160,09 ab	48,04 ab	39,66 a	12,21 a	87,48 a
T4	2,45 a	155,30 b	46,87 b	39,89 a	12,11 a	85,59 b
Prueba F	0,211	0,019	0,008	0,926	0,811	0,007
CV %	53,13	13,89	14,04	9,75	9,25	5,93

T1= mezcla del productor, T2= mezcla con KCl, T3= mezcla con K_2SO_4 , T4= mezcla con KNO_3 , CV= coeficiente de variación. Las medias de la misma letra no presentan diferencias significativas, determinado mediante prueba post hoc Duncan a 5% de probabilidad.

Desarrollo de cultivo al momento de la cosecha

Nuestros resultados arrojaron que las variables AC2, HC2, PC2 y HC1 no presentaron diferencias significativas entre los distintos tratamientos aplicados, evidenciando que las fuentes de K, incluido tratamiento tradicional de la finca (T1), no generaron un incremento en los valores medidos (Tabla 5). Estos resultados concuerdan con Maia et al., (2011), en cultivo de *Raphanus sativus*, en donde no se mostraron diferencias significativas entre las distintas fuentes de K en parámetros de crecimiento o desarrollo.

Tabla 5. Parámetros de desarrollo de cultivo al momento de la cosecha evaluados en una plantación comercial de banano (*Mussa spp.*), en la provincia de El Oro, Machala, sur de Ecuador.

Tratamientos	Altura de la planta R2 (cm)	Número de hojas R2	Perímetro del pseudotallo a la altura del corno R2 (cm)	Número de hojas R1
T1	229,26 a	6,94 a	69,34 a	7,39 a
T2	229,03 a	7,11 a	69,68 a	7,53 a
T3	228,61 a	6,89 a	67,91 a	7,39 a
T4	228,19 a	6,77 a	68,18 a	7,23 a
Prueba F	0,980	0,435	0,260	0,376
CV %	14,54	26,85	13,29	17,758

T1= mezcla del productor, T2= mezcla con KCl, T3= mezcla con K₂SO₄, T4= mezcla con KNO₃, CV= coeficiente de variación. Las medias de la misma letra no presentan diferencias significativas, determinado mediante prueba post hoc Duncan, a 5% de probabilidad.

Rendimiento productivo

Los hallazgos encontrados muestran que las variables MR, CD, LD y RQ no presentaron diferencias significativas entre los distintos tratamientos aplicados, evidenciando que las fuentes de K, incluido el tratamiento tradicional de la finca (T1) no generaron un incremento en los valores medidos (Tabla 6). Estos resultados concuerdan con estudios mencionados anteriormente Maia et al., (2011) y Najihah et al. (2022) donde no se presentaron diferencias entre las distintas fuentes de K. En la variable RA si se mostraron diferencias significativas entre los distintos tratamientos aplicados, estas diferencias están relacionadas con lo mencionado por Martineau et al. (2017) y Sardans y Peñuelas (2021) donde se refieren a que el K está relacionado con el rendimiento al permitir el transporte de fotoasimilados hacia los órganos de reserva.

Tabla 6. Parámetros de rendimiento productivo evaluados en una plantación comercial de banano (*Mussa spp.*), en la provincia de El Oro, Machala, sur de Ecuador.

Tratamientos	Número de manos del racimo	Calibre del dedo medio de la segunda mano comercial (mm)	Longitud del dedo medio de la segunda mano comercial (cm)	Masa del racimo (kg)	Masa del Raquis (kg)
T1	9,88 a	41,97 a	26,14 a	37,31 b	4,21 a
T2	9,89 a	42,23 a	26,09 a	37,19 b	4,21 a
T3	9,75 a	42,06 a	25,93 a	38,88 a	4,23 a
T4	9,91 a	41,77 a	25,78 a	37,53 ab	4,24 a
Prueba F	0,545	0,416	0,144	0,073	0,982
CV %	11,93	5,68	5,88	16,63	18,98

T1= mezcla del productor, T2= mezcla con KCl, T3= mezcla con K₂SO₄, T4= mezcla con KNO₃, CV= coeficiente de variación. Las medias de la misma letra no presentan diferencias significativas, determinado mediante prueba post hoc Duncan, a 5% de probabilidad.

Los resultados muestran que las distintas fuentes de K generaron un efecto positivo en el desarrollo del cultivo de banano al momento de la floración y cosecha, así como también en el rendimiento productivo. Todas las variables cumplieron con el supuesto de homocedasticidad, pero la variable RA cumplió tanto con el supuesto de normalidad y homocedasticidad, lo que permite realizar inferencias precisas y confiables. Se observaron diferencias significativas, destacándose los tratamientos T3 (mezcla con K_2SO_4) y T4 (mezcla con KNO_3) con una masa de racimo de 38,88 y 37,53 kg, respectivamente, en comparación con los tratamientos T1 (mezcla del productor) y T2 (mezcla con KCl) con una masa de 37,31 y 37,19 kg, respectivamente.

Al analizar los resultados, es fundamental considerar las condiciones climáticas presentes en este experimento. La solubilidad de las fuentes potásicas está principalmente determinada por la temperatura (Tabla 7).

Tabla 7. Propiedades químicas de las fuentes de potasio.

Fuente de Potasio	Fórmula Química	Contenido de K	Solubilidad
		Peso en % de K_2O	$g L^{-1}$ at $20\ ^\circ C$
MOP	KCl	60-63	344
SOP	K_2SO_4	50	111
NOP	KNO_3	45	316

Tabla adaptada a partir de Mikkelsen & Roberts (2020).

La cantidad de precipitación estimada alcanzó los 436,35 mm (White et al., 2008). Las precipitaciones influyen en la disponibilidad de los diferentes tratamientos al causar la pérdida de nutrientes por lixiviación en el suelo (Acón-Ho et al., 2013). Se infiere que, debido a este fenómeno, una fuente menos soluble como K_2SO_4 persistirá por más tiempo en la franja de profundidad (0-0,9 metros), que representa la máxima extensión radicular en el cultivo de banano (Allen et al., 2005).

Además, los resultados coinciden con las investigaciones realizadas en el cultivo de *Ipomoea batatas* en donde K_2SO_4 supero a KCl (Da Silva et al., 2022). También coinciden con los resultados obtenidos en el cultivo de *Citrullus lanatus* en donde se utilizaron las mismas fuentes de K usadas en este estudio, la fertilización con K_2SO_4 obtuvo los mejores rendimientos, seguido de KCl y KNO_3 (Grangeiro y Filho, 2006).

CONCLUSIONES

Los resultados resaltan la influencia de las diversas fuentes de potasio en el desarrollo y rendimiento productivo del cultivo de banano, presentándose un efecto positivo. La variable masa de racimo mostró diferencias significativas, evidenciando que la mezcla con sulfato de Potasio (K_2SO_4) y mezcla con nitrato de potasio (KNO_3) ofrecieron los mejores rendimientos con 38,88 y 37,53 kg respectivamente, seguido por la mezcla del productor y la mezcla con cloruro de potasio (KCl) con 37,31 y 37,19 kg respectivamente. La obtención de estos resultados se explica por las condiciones climáticas y la solubilidad de las fuentes potásicas, que desempeñaron un papel crucial al afectar la disponibilidad de nutrientes en el suelo y, por ende, la traslocación de fotoasimilados para el llenado del fruto. Estos hallazgos proporcionan información valiosa que puede ser utilizada para la toma de decisiones informada. Establecen una base sólida para futuras investigaciones, contribuyendo significativamente al conocimiento en el ámbito de la fertilización y el desarrollo del banano.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por la empresa SQM Ecuador, a través de convenios institucionales de apoyo económico para investigación entre empresas privadas e instituciones de enseñanza pública superior.

REFERENCIAS

- Akon-Ho, J., Alpízar-Oses, L., y WingChing-Jones, R. (2013). Percolación y lixiviación de nutrientes en suelos bananeros al este del río Reventazón, Costa Rica. *Agronomía mesoamericana*, 24(2), 329. <https://doi.org/10.15517/am.v24i2.12532>
- Al-Harathi, K., y Al-Yahyai, R. (2009). Effect of NPK fertilizer on growth and yield of banana in northern Oman. *Journal of Horticulture and Forestry*, 1(8), 160-167. <https://doi.org/10.5897/jhf.9000035>
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Smith, M., Raes, D., y Wright, J. L. (2005). FAO-56 Dual Crop Coefficient Method for estimating evaporation from soil and application extensions. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering-asce*, 131(1), 2-13. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9437\(2005\)131:1\(2](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9437(2005)131:1(2)
- Beck, H. E., Zimmermann, N. E., McVicar, T. R., Vergopolan, N., Berg, A., y Wood, E. F. (2018). Present and Future Köppen-Geiger climate Classification maps at 1-km resolution. *Scientific Data*, 5(1). <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>
- Bonadeo, E., Moreno, I., Bongiovanni, M., Marzari, R., y Gorriz, M. J. G. (2017). El sistema suelo-planta Principios generales. UniRío editora. <http://www.unirioeditora.com.ar/wp-content/uploads/2018/08/978-987-688-204-0.pdf>
- Da Silva, L. D. R., De Oliveira, A. P., Cruz, J. C. R., De Oliveira Sousa, V. F., Da Silva, A. J., y Da Silva, M. C. (2022). Sweet potato yield in response to different potassium sources and splitting of fertilization. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 26(7), 527-532. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n7p527-532>
- De Oliveira Andrade, M. G., De Lima, S. F., Vendruscolo, E. P., De Ávila, J., Martins, J. D., y De Lima, A. P. L. (2020). Nitrogen and potassium fertilization affects banana production. *Research, Society and Development*, 9(7), e227973753. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i7.3753>
- Elbehri, A., Calberto, G., Staver, C., Hospido, A., Skully, D., Roibás, L., y Bustamante, A. (2015). Cambio climático y sostenibilidad del banano en el Ecuador. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación
- Espinosa, J., Mite, F., Alvarado, S., y Moreno Izquierdo, Julio. (2022). Suelos Ecuador - Características, Uso y Manejo.
- Espinosa, J., y Mite, F. (2002). Estado actual y futuro de la nutrición y fertilización del banano. *Revista Informaciones Agronómicas*, 48, 4-9.
- FAOSTAT. (2022). Cultivos y productos de ganadería.
<https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- Farr, T. G., Rosen, P. A., Caro, E., Crippen, R., Duren, R., Hensley, S., ... y Alsdorf, D. (2007). The shuttle radar topography mission. *Reviews of geophysics*, 45(2).
- Grangeiro, L. C., y Filho, A. B. C. (2006). Características de produção de frutos de melancia sem sementes em função de fontes e doses de potássio. *Horticultura Brasileira*, 24(4), 450-454. <https://doi.org/10.1590/s0102-05362006000400011>

- He, Y., Li, R., Lin, F., Xiong, Y., Wang, L., Wang, B., et al. (2020). Transcriptome changes induced by different potassium levels in banana roots. *Plants* 9, 1–24. doi: 10.3390/plants9010011
- Hussien, M. A., y Kareem, M. G. E. (2021). Effect of soil potassium fertilization and foliar spray of different potassium sources on growth, yield and fruit quality of william banana plants. الوليامز الموز ثمار وصفات والمحصول النمو على البوتاسيوم من مختلفة بمصادر والورقي الارضى التسميد تأثير. *Journal of Plant Production*, 12(10), 1119-1124. <https://doi.org/10.21608/jpp.2021.102326.1071>
- Lepsch, I. F. (2021). 19 lições de pedologia. Oficina de textos.
- Lozano Vergara, J. (2023). Seguimiento y evaluación del desarrollo en etapa vegetativa según el tipo de desmache en el cultivo de banano (*Mussa AAA simmonds*) en la finca Chinita, Apartadó, Antioquia. Universidad de Córdoba.
- Maia, P. D. M. E., Aroucha, E. M. M., da Silva, O. M. D. P., da Silva, R. C. P., y de Assis Oliveira, F. (2011). Desenvolvimento e qualidade do rabanete sob diferentes fontes de potássio. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 6(1), 31.
- Martineau, E., Domec, J., Bosc, A., Dannoura, M., Gibon, Y., Bénard, C., & Jordan-Meille, L. (2017). The role of potassium on maize leaf carbon exportation under drought condition. *Acta Physiologiae Plantarum*, 39(10). <https://doi.org/10.1007/s11738-017-2515-5>
- Mikkelsen, R. L., y Roberts, T. L. (2020). Inputs: Potassium sources for agricultural systems. En *Springer eBooks* (pp. 47-73). https://doi.org/10.1007/978-3-030-59197-7_2
- Najihah, T. S., Ibrahim, M. H., Nulit, R., & Wahab, P. E. M. (2022). Growth analysis, leaf gas exchange and biochemical response of *Elaeis guineensis* to irrigation regimes and... ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/365660975_Growth_analysis_leaf_gas_exchange_and_biochemical_response_of_Elaeis_guineensis_to_irrigation_regimes_and_different_sources_of_potassium_fertilisers
- Piana, M. D. P. M. (2011). El sulfato de potasio para mitigar los efectos adversos de los cultivos en condiciones de estrés salino. *Revista Fertilizar*, (18).
- Prado, Renato De Mello. (2021). Mineral nutrition of tropical plants. En *Springer eBooks*. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-71262-4>
- Sardans, J., y Peñuelas, J. (2021). Potassium Control of plant functions: ecological and agricultural implications. *Plants*, 10(2), 419. <https://doi.org/10.3390/plants10020419>
- Silva, G. S. P. (2013). Concentração de amido e estimativa de rendimento de álcool em batata doce cultivada com diferentes fontes e doses de potássio. *Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação em Bioenergia Guarapuava*.
- Soto Ballesteros, M. (2014). *Banano I: Conceptos Básicos*. Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Soumaré, A., Sarr, D., y Diédhiou, A. (2023). Potassium Sources, Microorganisms and Plant Nutrition: Challenges and future research Directions. *Pedosphere*, 33(1), 105-115. <https://doi.org/10.1016/j.pedsph.2022.06.025>
- Torabian, S., Farhangi-Abriz, S., Qin, R., Noulas, C., Sathuvalli, V., Charlton, B. A., y Loka, D. A. (2021). Potassium: a vital macronutrient in Potato Production—A Review. *Agronomy*, 11(3), 543. <https://doi.org/10.3390/agronomy11030543>
- Villaseñor, D., Chabla, J., y Luna, E. P. (2016). Caracterización física y clasificación taxonómica de algunos suelos dedicados a la actividad agrícola de la provincia de El Oro. *Cumbres*, 1(2), 28-34. <https://doi.org/10.48190/cumbres.v1n2a5>

- Villaseñor, D., Noblecilla-Romero, Y., Luna-Romero, E., Molero-Naveda, R., Unda, S. B., Huarquilla-Henriquez, W., González-Porras, C., y Garzón-Montealegre, J. (2020). RESPUESTA ÓPTIMA ECONÓMICA DE LA FERTILIZACIÓN POTÁSICA SOBRE VARIABLES PRODUCTIVAS DEL BANANO (*Musa spp.*). *Chilean journal of agricultural & animal science*, 36(2), 161-170. <https://doi.org/10.29393/chjaas36-14rodv80014>
- White, J. W., Hoogenboom, G., Stackhouse, P. W., y Hoell, J. M. (2008). Evaluation of NASA satellite- and assimilation model-derived long-term daily temperature data over the continental US. *Agricultural and Forest Meteorology*, 148(10), 1574-1584. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2008.05.017>
- Wuyts, N., De Waele, D., y Swennen, R. (2006). Extraction and partial characterization of polyphenol oxidase from banana (*Musa acuminata grande naine*) roots. *Plant Physiology and Biochemistry*, 44(5-6), 308-314. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2006.06.005>
- Zheng, C., Yang, X., Liu, K., y Huang, Y. (2022). Effects of different potassium supply levels on potassium fertilizer of bananas under drip irrigation. *Applied Engineering in Agriculture*, 38(1), 155-163.
- Zörb, C., Şenbayram, M., y Peiter, E. (2014). Potassium in agriculture – Status and Perspectives. *Journal of Plant Physiology*, 171(9), 656-669. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2013.08.008>