



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**Efecto de la fertilización con diferentes fuentes de potasio en el estado nutricional del cultivo de Banano (*Musa spp.*).**

**MACAS PINTA ANGELLO DAVID  
INGENIERO AGRONOMO**

**ROMERO PACHECO PATRICIO LENIN  
INGENIERO AGRONOMO**

**MACHALA  
2023**



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**Efecto de la fertilización con diferentes fuentes de potasio en el estado nutricional del cultivo de Banano (*Musa spp*).**

**MACAS PINTA ANGELLO DAVID  
INGENIERO AGRONOMO**

**ROMERO PACHECO PATRICIO LENIN  
INGENIERO AGRONOMO**

**MACHALA  
2023**



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**ENSAYOS O ARTÍCULOS ACADÉMICOS**

**Efecto de la fertilización con diferentes fuentes de potasio en el estado nutricional del cultivo de Banano (*Musa spp*).**

**MACAS PINTA ANGELLO DAVID  
INGENIERO AGRONOMO**

**ROMERO PACHECO PATRICIO LENIN  
INGENIERO AGRONOMO**

**VILLASEÑOR ORTIZ DIEGO RICARDO**

**MACHALA  
2023**



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

El artículo científico:

**“Efecto de la fertilización con diferentes fuentes de potasio en el estado nutricional del cultivo de banano (Musa spp.)”**

De autoría:

**Patricio Lenin Romero Pacheco, Angello David Macas Pinta, Diego Ricardo Villaseñor Ortiz, Ángel Eduardo Luna Romero, Salomón Alejandro Barrezueta-Unda**

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 04 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

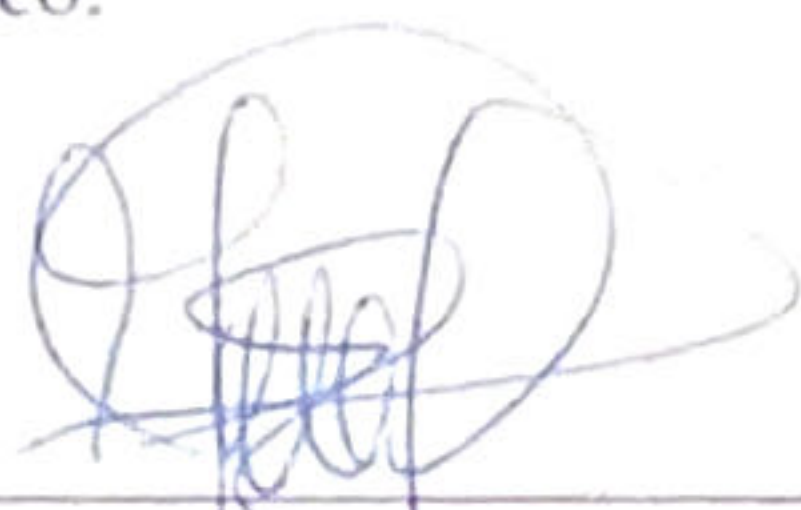
Los que suscriben, MACAS PINTA ANGELLO DAVID y ROMERO PACHECO PATRICIO LENIN, en calidad de autores del siguiente trabajo escrito titulado Efecto de la fertilización con diferentes fuentes de potasio en el estado nutricional del cultivo de Banano (*Musa spp.*), otorgan a la Universidad Técnica de Machala, 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.

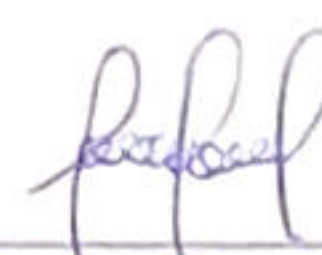
Los autores como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

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.



MACAS PINTA ANGELLO DAVID

0705715365



ROMERO PACHECO PATRICIO LENIN

0705714616

## **EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN CON DIFERENTES FUENTES DE POTASIO EN EL ESTADO NUTRICIONAL DEL CULTIVO DE BANANO (*Musa spp.*)**

EFFECT OF FERTILIZATION WITH DIFFERENT POTASSIUM SOURCES ON THE NUTRITIONAL STATUS OF BANANA CROP (*Musa spp.*)

Autor 1: Patricio Lenin Romero Pacheco

**E-mail: [promero6@utmachala.edu.ec](mailto:promero6@utmachala.edu.ec)**

**<https://orcid.org/0009-0002-6621-5752>**

Autor 2: Angello David Macas Pinta

**E-mail: [amacas9@utmachala.edu.ec](mailto:amacas9@utmachala.edu.ec)**

**<https://orcid.org/0009-0007-8698-3405>**

Autor 3: Diego Ricardo Villaseñor-Ortiz

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

**<https://orcid.org/0000-0001-5646-4451>**

Autor 4: Ángel Eduardo Luna Romero

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

**<https://orcid.org/0000-0002-4311-9445>**

Autor 5: Salomón Alejandro Barrezueta-Unda

**[sabarrezueta@utmachala.edu.ec](mailto:sabarrezueta@utmachala.edu.ec)**

**<https://orcid.org/0000-0003-4147-9284>**

Universidad Técnica de Machala, km ½ vía Machala-Pasaje, Machala, Ecuador.

### **RESUMEN**

La eficacia de la producción del cultivo de banano se ve influenciada por la fertilización, con la aplicación específica de potasio (K) como uno de los aspectos más críticos. El K desempeña un papel fundamental en diversos procesos fisiológicos, entre ellos la fotosíntesis, la translocación de azúcares, la regulación hídrica, así como la resistencia a enfermedades y plagas. Ante objetivo del estudio fue evaluar el impacto de la fertilización con diversas fuentes de potasio en el estado nutricional del banano. Para el desarrollo de la investigación se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) 4x4, los tratamientos utilizados fueron: Una mezcla estándar realizada por el productor (T1) y tres fuentes distintas de K (T2= Muriato de potasio, KCl, 60% de K<sub>2</sub>O), (T3= Sulfato de potasio, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 50% de K<sub>2</sub>O) y (T4= Nitrato de potasio, KNO<sub>3</sub>, 46% de K<sub>2</sub>O). Cada unidad experimental, contó con un promedio de 120 plantas por unidad experimental, espaciadas con 2,82 m entre líneas y 2,44 m entre hileras, a las que se les aplicaron los tratamientos. Se utilizaron 10 plantas por cada tratamiento para la toma de datos, la cual se efectuó a los 8 meses después de la aplicación. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para conocer si se presentan o no diferencias significativas entre cada tratamiento. El mejor tratamiento fue el de T3, mostrando un desempeño levemente superior respecto a los demás evaluados en relación a cantidad de nutrientes absorbidos por la hoja.

**Palabras clave:** Banano, Cavendish, nutrición, macro y micro nutrientes.

### **ABSTRACT**

Banana crop production efficiency is influenced by fertilization, with the specific application of potassium (K) as one of the most critical aspects. K plays a fundamental role in several physiological processes, including photosynthesis, sugar translocation, water regulation, as well as disease and pest resistance. The objective of the study was to evaluate the impact of fertilization with different potassium sources on the nutritional status of banana. The treatments used were: a standard mixture made by the producer (T1) and three different sources of K (T2= potassium muriate, KCl, 60% K<sub>2</sub>O), (T3= potassium sulfate, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 50% K<sub>2</sub>O) and (T4= potassium nitrate, KNO<sub>3</sub>, 46% K<sub>2</sub>O). Each experimental unit had an average of 120 plants per experimental unit, spaced 2.82 m between rows and 2.44 m between rows, to which the

treatments were applied. Ten plants per treatment were used for data collection, which was carried out 8 months after application. An analysis of variance (ANOVA) was performed to determine whether or not there were significant differences between each treatment. The best treatment was T3, showing a slightly better performance than the others evaluated in relation to the amount of nutrients absorbed by the leaf.

**Key words:** Banana, Cavendish, nutrition, macro and micro nutrients.

## INTRODUCCION

El banano (*Musa spp.*), una fruta ampliamente consumida y comercializada a nivel mundial, dado su relevancia para la subsistencia de millones de personas en todo el mundo. Este cultivo desempeña un papel fundamental en la seguridad alimentaria y la economía de diversos países (Martínez & Rey, 2021), misma que genera empleo a nivel mundial. La producción anual de banano se estima en aproximadamente 116 millones de toneladas (t), siendo India el principal productor con 30 millones, seguido por la República Popular China con 11.9 millones de t cada año (FAO, 2020),

En el caso de Ecuador, según la encuesta de superficie y producción agropecuaria continua (INEC SPAC, 2021) durante el año 2021 la industria de banano del país siguió creciendo. Las provincias con mayor producción bananera fueron: Los Ríos con una producción de 2,495,731.37 t correspondiente al 41% de la producción total del país, Guayas con una producción de 1,568,744.40 t correspondiente al 26% y El Oro con 1,481,451.53 t con el 25% de la producción total cuyo porcentaje sigue siendo bajo en comparación a las provincias mencionadas anteriormente (Miranda et al., 2022). Estas regiones, con su clima tropical y suelos fértiles, proporcionan las condiciones ideales para el cultivo.

La eficacia de la producción de este cultivo se ve influenciada por la fertilización, con la aplicación específica de potasio (K) como uno de los aspectos más críticos. El K desempeña un papel fundamental en diversos procesos fisiológicos, entre ellos la fotosíntesis, la translocación de azúcares, la regulación hídrica, así como la resistencia a enfermedades y plagas (Yepes, 2019).

Dentro de la industria bananera, se han explorado diversas fuentes de K disponibles en el mercado. Estas fuentes incluyen K de origen mineral, como el cloruro de potasio (KCl), el sulfato de potasio ( $K_2SO_4$ ) y el nitrato de potasio ( $KNO_3$ ) (Arana et al., 2018). El KCl es la fuente más utilizada debido a su bajo costo y alta concentración de K; sin embargo, su uso puede llevar a un aumento en la salinidad del suelo, lo que puede ser perjudicial para el cultivo (Zörb et al., 2014). Por otro lado, el  $K_2SO_4$  y el  $KNO_3$  son fuentes de K más costosas, pero pueden ser beneficiosas en suelos con alta salinidad o donde se requiere un aporte adicional de azufre (S) o nitrógeno (N) (Muschiatti Piana, 2011). La elección de la fuente de K puede tener un impacto significativo en el estado nutricional de las plantas, lo que a su vez puede influir en el rendimiento del cultivo y la calidad de la fruta (Kong et al., 2021).

En este contexto, existen estudios relacionados sobre el uso de diferentes dosis de potasio (K) que evalúan sus efectos sobre la producción, sin embargo, se limitan a indagar los niveles de N y K en a nivel foliar, lo que imposibilita conocer los niveles adecuados de estos nutrientes para el cultivo. Una investigación reportada por (Lahav & Turner, 1992) demostraron que el contenido de K en la lámina de la hoja 3 de la variedad Cavendish fue de  $30 \text{ g kg}^{-1}$ . Otro estudio sobre el cultivar de banano 'Thap Maeo' se encontró que las dosis de  $K_2O$  a  $502,7$  y  $658 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivamente, se asoció con los mejores resultados para las variables como, número de manos por racimos, número de frutos por mano, diámetro de fruto y longitud de fruto, respectivamente (Andrade et al., 2020). En otra investigación sobre banano 'Nanicão' cultivado en un suelo de clasificación Ferralsol Xántico, se observó que las dosis de N y  $K_2O$  de  $312$  y  $1,533 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivamente, resultaron en la máxima productividad de la planta ( $21 \text{ t ha}^{-1}$ ) y se asociaron con contenidos de N y K en las hojas de  $32$  y  $40 \text{ g kg}^{-1}$ , respectivamente (Fratoni et al., 2017).

Bajo el contexto de los antecedentes mencionados, resulta evidente la carencia de investigaciones acerca de las fuentes de fertilizantes potásicos para el cultivo de banano en Ecuador, lo cual se convierte en un obstáculo al buscar una respuesta óptima del cultivo a las prácticas de fertilización. Por esta razón, resulta imperativo llevar a cabo más estudios que aborden específicamente la diversidad de fertilizantes más empleados en la industria. En consecuencia, proponemos la siguiente hipótesis: (i) La selección de distintas fuentes de potasio en la fertilización del cultivo de banano incidirá de manera significativa en su estado nutricional, manifestándose en los niveles de nutrientes presentes en las hojas. El propósito de esta investigación se centra en evaluar el impacto de la fertilización con diversas fuentes de potasio en el estado nutricional del banano, con el fin de comprender cómo estas fuentes influyen en la absorción y disponibilidad de nutrientes esenciales para las plantas de banano.

## MATERIALES Y METODOS

### Ubicación y características del área experimental

El experimento se llevó a cabo en el periodo comprendido entre noviembre del 2022 hasta julio del 2023 en una finca de producción bananera, ubicada en el sitio La Unión Colombiana, parroquia El Retiro, cantón Machala, provincia de El Oro, Ecuador, sector ubicado dentro de las coordenadas 79° 52' 21.562" Oeste, 3° 17' 32.952" Sur, a 19 m snm. El suelo en la zona pertenece al orden de los Inceptisoles, del subgrupo de Aquic Dystrudepts (Soil Survey Staff, 2022). formado por sedimentos aluviales (Espinosa et al., 2018). Según la clasificación de Köppen-Geiger, el clima en la zona es del tipo sabana tropical (AW), siendo la estación seca de mayo a noviembre y la estación lluviosa de diciembre hasta abril. Las temperaturas promedio anuales son de 25 °C y 30 °C en las estaciones seca y lluviosa, respectivamente (Pourrut et al., 1995). El cultivar estudiado fue Musa AAA triploide, cv. 'Williams', del subgrupo Cavendish ('Williams Cavendish'). Los tratamientos culturales siguieron las recomendaciones de Robinson y Galán (2012).

### Diseño experimental y tratamientos

El experimento consistió en un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con cuatro tratamientos y 4 repeticiones. Los tratamientos consistieron en una mezcla estándar realizada por el productor (T1) y tres fuentes distintas de K (T2= Muriato de potasio, KCl, 60% de K<sub>2</sub>O), (T3= Sulfato de potasio, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 50% de K<sub>2</sub>O) y (T4= Nitrato de potasio, KNO<sub>3</sub>, 46% de K<sub>2</sub>O). Cada unidad experimental, contó con un promedio de 120 plantas por unidad experimental, espaciadas con 2,82 m entre líneas y 2,44 m entre hileras, a las que se les aplicaron los tratamientos, además de un balance nutricional con fuentes de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, CaO, MgO, Zn y B, para solventar necesidades nutricionales del experimento (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Fuentes fertilizantes y proporción.

Fuente de fertilizante	Proporción por planta (kg)			
	T1	T2	T3	T4
NAM	22,0	33,9	33,9	12,9
DAP	4,0	6,2	6,3	6,2
SOP	20,0	42,2		
NK			50,6	
Ca <sub>2</sub> NO <sub>3</sub>	25,0			55,0
Fórmula comercial	6,0	6,0	6,0	6,0
MgSO <sub>4</sub>	10,0			
ZnSO <sub>4</sub>	8,0	9,0	9,0	9,0
Borax 0-0-0-48(B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	2,0	2,0	2,0	2,0



NAM= Nitrato de amonio (34%N); DAP= Fosfato diamónico (18%N, 46%P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>); SOP= Sulfato de potasio (50% K<sub>2</sub>O, 18% S); NK= Nitrato de potasio (13,5%N, 46%K<sub>2</sub>O); Ca<sub>2</sub>NO<sub>3</sub>= Nitrato de calcio (15%N, 33%CaO); Fórmula comercial= (12%N, 11%P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 18%K<sub>2</sub>O, 2,7%MgO, 8%S); MgSO<sub>4</sub>=Sulfato de magnesio (27%MgO, 20%S); ZnSO<sub>4</sub>= Sulfato de zinc (13%S, 34%ZnO) Borax= Fuente de boro (48% B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

### **Manejo del ensayo**

Los tratamientos, aplicados de manera fraccionada una vez cada 15 días, incluyeron la incorporación de fuentes complementarias nutricionales a lo largo de toda la duración del ensayo. Se trabajó con un cultivo establecido a partir de la semana 21 del primer cultivo (R0), aplicando las dosis de fertilizantes directamente al suelo en intervalos de 7 y 15 días según la planificación nutricional anual del área experimental. Durante el desarrollo de la investigación, se implementaron las principales prácticas agronómicas requeridas por el cultivo. En cuanto a la evaluación, se seleccionaron 10 plantas por cada unidad experimental.

### **Análisis químicos de suelo y hojas antes de iniciar el experimento.**

Se realizó un muestreo de suelo (a una profundidad de 0-30 cm) en el área experimental, y se llevó a cabo un análisis químico para determinar los parámetros de la fertilidad del suelo (Tabla1).

**Tabla 1.** Propiedades físicas y químicas del suelo de la investigación (profundidad 0- 30 cm).

<b>Parámetros (unidades)</b>	<b>Resultados obtenidos</b>	<b>Niveles óptimos</b>
Textura	Arcilla limosa	Limo arenoso-limo arcilloso
CE (mS/cm)	1,65	0,3-0,6
pH (H <sub>2</sub> O)	6,9	
pH ( <b>KCl</b> )	5,9	5,5-7,0
Materia Orgánica (%)	5,9	3 - 12
(NO <sub>3</sub> + <b>NH<sub>4</sub></b> )- <b>N (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	142	35-60
Fósforo (P) (mg/kg <sup>-1</sup> )	23,7	25-40
Potasio (K) (mg/kg <sup>-1</sup> )	410	140-320
Magnesio (Mg) (mg/kg <sup>-1</sup> )	201	60-135
Calcio (Ca) (mg/kg <sup>-1</sup> )	1045	600-1200
Azufre (SO <sub>4</sub> - <b>S</b> ) (mg/kg <sup>-1</sup> )	68,1	15-25
Hierro (Fe) (mg/kg <sup>-1</sup> )	32,6	20-50
Manganeso (Mn) (mg/kg <sup>-1</sup> )	53,5	6-30
Cobre (Cu) (mg/kg <sup>-1</sup> )	3,2	1-4
Zinc (Zn) (mg/kg <sup>-1</sup> )	55,5	1,2-6,0
Boro (B) (mg/kg <sup>-1</sup> )	2,5	0,15-0,60
Sodio (Na) (mg/kg <sup>-1</sup> )	51	< 140
Cloruro (Cl) (mg/kg <sup>-1</sup> )	171	<210

CE= Conductividad eléctrica

### **Análisis químico de hojas**

Durante el desarrollo de la inflorescencia, se recolectó la tercera hoja desde el ápice de cada planta, eliminando la parte del tejido, a una medida de 10 × 10 cm en la región central de la hoja y a cada lado de la nervadura, según lo indicado por Martin-Prevel (1987). Posteriormente, las hojas se descontaminaron mediante lavado con agua destilada, solución de detergente y solución ácida, se secaron en un horno con circulación de aire forzado y se trituraron en un molino Wiley. Luego, se realizó el análisis químico de las hojas, determinando los niveles totales

de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn, Cl y Na. Las muestras se lavaron con agua corriente, luego se pasaron por una solución de agua desionizada y detergente neutro (0.1%), consecutivamente las muestras se lavaron con una solución de ácido clorhídrico (0.3%) y finalmente, nuevamente con agua desionizada. Posteriormente, las hojas lavadas se secaron en un horno de ventilación forzada a  $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , hasta obtener una masa constante de materia seca (MS) para las determinaciones químicas del contenido de nutrientes. Para determinar el contenido total de N, se utilizó la digestión húmeda con ácido sulfúrico mediante el método de determinación semi-micro Kjeldahl. Los elementos P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn y Zn se extrajeron mediante digestión con ácido nítrico-perclórico y se determinaron por espectrometría de absorción atómica. El B se determinó por vía seca y el Cl por digestión acuosa y agitación.

Adicionalmente, se evaluó la intensidad del color de la clorofila, mediante el uso del dispositivo SPAD-502 plus. Para ello, se tomaron 2 muestras de la hoja de la nervadura central de cada planta evaluada y se registró el dato proporcionado por el equipo en  $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$

### **Procedimiento estadístico**

Se llevo a cabo un análisis de varianza intergrupos (ANOVA), en el cual se aplicaron pruebas de normalidad y test de Levene para verificar la distribución normal y la homogeneidad de varianzas respectivamente. Para las comparaciones múltiples entre los grupos, se utilizaron la prueba de rango múltiple post hoc de Duncan. El nivel de significancia ( $p < 0,05$ ) fue el mismo para todas las pruebas estadísticas. El análisis de los datos se realizó haciendo uso de software IBM SPSS Statistic 26 (IBM, 2019).

Para medir la relación entre las diferentes fuentes de potasio aplicados, con los niveles de K obtenidos después de la evaluación en laboratorio y los niveles de clorofila medidos con el SPAD, se realizó un análisis de regresión simple y se obtuvieron los respectivos modelos de relación entre las diferentes fuentes de K aplicadas con el nivel de K absorbido por el banano y clorofila

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **MACRONUTRIENTES**

Los resultados proporcionados del laboratorio denotan que el contenido de Nitrógeno (N) foliar para todos los tratamientos en el estudio estuvo dentro del rango de 26,60 a 27,98  $\text{g kg}^{-1}$  los cuales concuerdan con una investigación previa de Robinson y Galán (2012) los cuales reportaron que el rango óptimo de este nutriente en la hoja esta entre 2,5 a 3  $\text{g kg}^{-1}$ , además cabe destacar que antes de realizar la aplicación de fertilizantes, el contenido de N total en el suelo ( $\text{NO}_3 + \text{NH}_4$ )-N se encontraba elevado (142  $\text{mg kg}^{-1}$ ) (Tabla 2).

**Tabla 2.** Contenido de nutrientes de la tercera hoja de las plantas de banano en función de las proporciones de fertilizantes potásicas utilizadas.

<b>Proporción K<sub>2</sub>O kg-ha<sup>1</sup></b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Mg</b>	<b>Ca</b>	<b>S</b>	<b>Cl</b>	<b>Na</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>B</b>
	-----g Kg <sup>-1</sup> -----							-----mg Kg <sup>-1</sup> -----					
<b>97.00</b>	27.28	2.05	39.65	2.18	5.18	1.73	9.80	0.10	106.95	346.00	10.90	20.03	40.75
<b>99.30</b>	26.75	2.13	40.93	2.10	5.40	1.53	12.15	0.10	99.55	356.50	11.13	19.28	38.15
<b>107.80</b>	26.60	2.13	40.40	2.15	5.70	1.63	9.95	0.10	101.75	395.50	11.25	21.13	37.95
<b>91.10</b>	27.98	2.05	40.50	2.33	5.63	1.58	9.65	0.10	104.50	370.00	11.00	20.25	39.45
<b>Test F</b>	1,241 <sup>NS</sup>	,462 <sup>NS</sup>	,200 <sup>NS</sup>	2,432 <sup>NS</sup>	,543 <sup>NS</sup>	1,019 <sup>NS</sup>	5,934 <sup>**</sup>	-	,312 <sup>NS</sup>	,533 <sup>NS</sup>	,061 <sup>NS</sup>	,993 <sup>NS</sup>	,961 <sup>NS</sup>
<b>CV%</b>	4,56	6,03	6,03	5,33	14,09	13,4	8,4		9,29	14,38	11,22	7,55	7,11

El contenido de Fósforo (P) foliar para todos los tratamientos evaluados se encontró ente los rangos de 2,05 a 2,13 g kg<sup>-1</sup>, resultados que concuerdan con los obtenidos por (Lahav & Turner, 1992) los cuales reportaron que el contenido del nutriente en la lámina de la hoja 3 de la variedad Cavendish fue de 2 g kg<sup>-1</sup>, ante ello, cabe destacar que el contenido de P en el suelo estuvo un poco por debajo (23,7 mg kg<sup>-1</sup>) del nivel óptimo recomendado (25-40 mg kg<sup>-1</sup>) reportado por Soil Science Society of America Inc (2001).

Con respecto al contenido de Potasio (K) foliar en todos los tratamientos el rango se encontró entre 39,65 y 40, 93 g kg<sup>-1</sup> resultados que concuerdan con los obtenidos por (Lahav & Turner, 1992) , los cuales reportaron que el contenido del nutriente en la lámina de la hoja 3 de la variedad Cavendish fue de 30 g kg<sup>-1</sup>, además otro estudio reportado por (López et al., 2001) menciona que el nivel crítico del nutriente se encuentra en 30 g kg<sup>-1</sup>, otro estudio reportado por (Vargas et al., 2007) en la finca Freeman Costa Rica utilizando la variedad Valery resulto en que el nivel crítico del nutriente fue de 38,90 g kg<sup>-1</sup>. Cabe destacar también que el contenido de (K) (mg kg<sup>-1</sup>) en el suelo estuvo por encima (410 mg kg<sup>-1</sup>) de los niveles óptimos recomendados para el cultivo (140-320 mg kg<sup>-1</sup>), causando de esta manera una pequeña alteración en los resultados obtenidos en comparación con los resultados previos proporcionados por otros autores.

El contenido de Magnesio (Mg) foliar para todos los tratamientos estuvo dentro del rango de 2,10 a 2,33 g kg<sup>-1</sup> un poco por debajo de los resultados reportados por (Lahav & Turner, 1992) de 30 gkg<sup>-1</sup> , aunque si bien es cierto autores como (López et al., 2001) reportaron que el nivel crítico de este nutriente en la hoja fue de 20 gkg<sup>-1</sup> y (Vargas et al., 2007) en la variedad Valery con un resultado de 25 g kg<sup>-1</sup>, estos resultados en comparación con los obtenidos en esta investigación son muy variantes, estos debido a las diferentes condiciones edafoclimáticas de cada región, también cabe destacar que en nivel de (Mg) (mg kg<sup>-1</sup>) en el suelo antes de realizar la aplicación de las proporciones de fertilizantes estuvo por encima (201 mg kg<sup>-1</sup>) de los niveles óptimos recomendados para el cultivo (60-135 mg kg<sup>-1</sup>), cuando de cierta forma el incremento de los valores referenciados por los autores mencionados.

Finalmente, el contenido de Calcio (Ca) foliar se encontró dentro los rangos de 5,18 a 5,70 g kg<sup>-1</sup> en los tratamientos evaluados, estos resultados concuerdan con el nivel crítico referencial obtenido por (Lahav & Turner, 1992) y (López et al., 2001) de 5,0 g kg<sup>-1</sup>, sin embargo, los resultados proporcionados por (Vargas et al., 2007) se incrementan a 6,5 g kg<sup>-1</sup>, niveles superiores incluso a los obtenidos en la presente

investigación. Con respecto al contenido de Calcio (Ca) en el suelo el nivel del nutriente se encontró dentro de los parámetros óptimos ( $1045 \text{ mg/kg}^{-1}$ ) requeridos por el cultivo ( $600\text{-}1200 \text{ mg kg}^{-1}$ ).

El contenido de Azufre ( $\text{SO}_4\text{-S}$ ) foliar para todos los tratamientos evaluados se encontró dentro del rango de  $1,53$  a  $1,73 \text{ g kg}^{-1}$ . Estos resultados se asemejan con el nivel crítico referencial obtenido por (Lahav & Turner, 1992) el cual obtuvo  $2,3 \text{ g kg}^{-1}$ , sin embargo, la información proporcionada por (Pachacama & Jibaja, 2014) en banano variedad dominica muestran que esta variedad puede absorber hasta  $4,8 \text{ g kg}^{-1}$  y la variedad maqueño hasta  $3,9 \text{ g kg}^{-1}$ , respectivamente. Cabe destacar también que el nivel de Azufre ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) en el suelo antes de realizar la aplicación de las proporciones de fertilizantes estuvo por encima ( $68,1 \text{ mg kg}^{-1}$ ) de los niveles óptimos recomendados para el cultivo ( $15\text{-}25 \text{ mg kg}^{-1}$ ). A pesar de eso esto el nivel absorbido estuvo muy por debajo de los niveles proporcionados por los autores mencionados.

## **MICRONUTRIENTES**

El contenido de Cloruro (Cl) foliar fue el único el cual sufrió variaciones entre los tratamientos, siendo el tratamiento 2 con una proporción de  $99,30 \text{ kg ha}^{-1}$  de fertilizante aplicado, el que arrojó un resultado de  $12,15 \text{ g kg}^{-1}$ , significativamente superior al demás tratamiento que rondan el rango de  $9,65$  a  $9,80 \text{ g kg}^{-1}$ , respectivamente. Los resultados obtenidos respecto a este nutriente son elevados en comparación al nivel crítico referencial obtenido por (Lahav & Turner, 1992) el cual obtuvo  $6,0 \text{ g kg}^{-1}$ . El nivel de Cloruro ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) en el suelo antes de realizar la aplicación de las proporciones de fertilizantes estuvo por dentro de los niveles óptimos ( $171 \text{ mg kg}^{-1}$ ) recomendados para el cultivo ( $< 210 \text{ mg kg}^{-1}$ ). A pesar de eso esto el nivel absorbido estuvo muy por encima de los niveles proporcionados por los autores mencionados.

Con respecto al Hierro (Fe) foliar no existieron variaciones significativas entre los tratamientos empleados, el rango estuvo de  $99,55$  a  $106,95 \text{ mgkg}^{-1}$ . En comparación con lo obtenido por (Lahav & Turner, 1992) el cual obtuvo  $80,0 \text{ mg kg}^{-1}$  el cual se encuentra un poco por debajo de los resultados obtenidos en la investigación. El nivel de hierro ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) en el suelo antes de realizar la aplicación de las proporciones de fertilizantes estuvo por dentro de los niveles óptimos ( $32,6 \text{ mg kg}^{-1}$ ) recomendados para el cultivo ( $20\text{-}50 \text{ mg kg}^{-1}$ ).

Los niveles de Manganeso (Mn) foliar no presentaron variaciones entre los diferentes tratamientos utilizados con rangos que van desde los  $346$  a  $395 \text{ mg kg}^{-1}$ . Pero que en comparación con el nivel crítico proporcionado por (Lahav & Turner, 1992) de  $25 \text{ mg kg}^{-1}$ , el valor obtenido excede por mucho al de la investigación previa. Sin embargo, este exceso tiene por mucha relación con el contenido de Manganeso ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) en el suelo ya que antes de realizar la aplicación de las proporciones de fertilizantes estuvo por encima de los niveles óptimos ( $53,5 \text{ mg kg}^{-1}$ ) recomendados para el cultivo ( $6\text{-}30 \text{ mg kg}^{-1}$ ), explicando de esta manera el exceso de este nutriente en la hoja.

Con respecto al Cobre (Cu) foliar, los valores se mantuvieron entre los  $10,90$  a  $11,25 \text{ mg kg}^{-1}$ . En comparación con el nivel crítico proporcionado por (Lahav & Turner, 1992) de  $9 \text{ mg kg}^{-1}$ , el valor obtenido se encuentra muy cerca de ese nivel. El contenido de Cobre ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) en el suelo antes de realizar la aplicación de las proporciones de fertilizantes estuvo dentro de los niveles óptimos ( $3,2 \text{ mg kg}^{-1}$ ) recomendados para el cultivo ( $1\text{-}4 \text{ mg kg}^{-1}$ ), explicando de esta manera la similitud con los resultados obtenidos.

El contenido de Zinc (Zn) foliar se encuentra entre los rangos de  $19,28$  a  $21,13 \text{ mg kg}^{-1}$  para todos los tratamientos evaluados en la investigación. El nivel crítico proporcionado por (Lahav & Turner, 1992) fue de  $18 \text{ mg kg}^{-1}$ , el valor obtenido se encuentra muy cerca de ese nivel. El contenido de Zn ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) en el suelo antes de realizar la aplicación de las proporciones de fertilizantes estuvo un poco por encima de los niveles óptimos ( $55,5 \text{ mg kg}^{-1}$ ) recomendados para el cultivo ( $6,30 \text{ mg kg}^{-1}$ ), explicando de esta manera el elevado contenido del nutriente en la hoja.

Finalmente, el contenido de Boro (B) foliar, no presente diferencias estadísticamente significativas en todos los tratamientos utilizados. El rango de valores obtenidos estuvo ente 37,95 a 40,75 mg kg<sup>-1</sup>. En comparación con el nivel crítico proporcionado por (Lahav & Turner, 1992) y (López et al., 2001) de 11 mg kg<sup>-1</sup>, el valor obtenido excede por mucho al de la investigación previa. Sin embargo, otro estudio proporcionado por (Vargas et al., 2007) en la finca Freeman Costa Rica utilizando la variedad Valery resulto en que el nivel crítico del nutriente fue de 13 mg kg<sup>-1</sup>, valor que sigue siendo significativamente menor al obtenido en la investigación. Este exceso se puede explicar al exceso del nutriente en el suelo ya que estuvo un poco por encima de los niveles óptimos (2,5 mg kg<sup>-1</sup>) recomendados para el cultivo (0,15-0,60 mg kg<sup>-1</sup>), explicando de esta manera el elevado contenido del nutriente en la hoja.

Se evidenció que el contenido de Ca, Mg S, Cl, Mn Zn y B en las hojas depende de las proporciones de potasio. Aunque el potasio puede tener una relación antagonista con el Ca y el Mg, lo que podría desequilibrar la nutrición de las plantas (Bhalerao et al., 2018), este efecto no fue evidente en la investigación, especialmente con altas proporciones de K (hasta 1.125 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O) según Villaseñor (2022). Esto se debe a que solo las dosis de K superiores a estos valores disminuyen el contenido de Ca en la hoja (Torres et al., 2017). Este efecto antagonista del K y Ca no se observó con altas proporciones de K, y tampoco se observó ningún efecto sobre los contenidos de Mg en las hojas, ya que los contenidos de Ca y Mg en el suelo no fueron bajos (Tabla 1). Esta interacción antagónica del K con el Ca y Mg solo es relevante cuando los niveles de Ca y Mg en el suelo son bajos.

La fertilización con K, particularmente en sus formas de KCl, provoco un aumento en el contenido de Cl foliar, que alcanzó un rango de eficiencia de 10.84 g kg<sup>-1</sup> del cual se considera aceptable el (6 -10 g kg<sup>-1</sup>) (Jones et al., 1999) sin embargo, no se observaron síntomas de toxicidad por Cl en el cultivo, lo que concuerda con mencionado por Lahav y Turner (1989) quienes indicaron que el cultivo de banano es tolerante al Cl debido a que cuenta con mecanismos de exclusión de Cl en las raíces disminuyendo sus niveles en las hojas.

Los niveles de K adecuados para el cultivo de banano difieren de los indicados por Jones et al. (1991) (K: 30 a 50 g kg<sup>-1</sup>) y también los propuesto por Lavah y Turner (1989) (K: 30 g kg<sup>-1</sup>), que se utilizan tradicionalmente en el sistema de producción del Ecuador. Los niveles reportados en el presente estudio también difirieron de los indicados por Fratoni et al (2017) (K: 40 g kg<sup>-1</sup>) y Moreira et (2009) (K: 28 g kg<sup>-1</sup>). Esta diferencia de estudios previos fue consecuencia de diferentes condiciones edafoclimáticas y diferentes materiales genéticos, lo que reflejo diferencias en el contenido de clorofila en las hojas y rangos de suficiencia.

Esto hace que se proponga el uso de fertilizantes potásicos en el cultivo de banano de manera equilibrada solo en zonas donde los contenidos foliares de este nutriente se encuentren por debajo de sus rangos adecuados.

La aplicación de nitrato de amonio, ya que incrementa el contenido de clorofila, incidiendo de manera positiva sobre el desarrollo fisiológico, mejor asimilación de nutrientes en la planta (Roman Brites et al., 2023).

Con respecto a los niveles de la intensidad del color de la clorofila (Tabla 3) una proporción de 102.7 kg estimada mediante la ecuación cuadrática, fue la que generó la media más alta (65,01 µg.cm<sup>-2</sup>), a pesar de que estadísticamente el T2 y T3 son similares pero diferentes de manera significativa, la proporción de 97 kg correspondiente al T1 registro una media general inferior (64 µg.cm<sup>-2</sup>). Actualmente son muy poco los autores que mencionan el nivel crítico foliar de nutrientes para el cultivo de banano. Sanmartín-Galván (2023) hizo el intento por determinar el nivel crítico de Si foliar en banano aunque no logro obtener un resultado específico las dosis recomendaba fue de 750 cm<sup>3</sup>, por otro lado Cervantes (2022) determinó que el punto máximo de desarrollo foliar se logra con una aplicación de 418 kg N ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>, a ello se suma lo mencionado por Lawlor (2002) & Corrales-González (2016) quienes explican que tanto el N como

K son nutrientes esenciales para el desarrollo de la hoja debido a la función de las proteínas en el crecimiento de las paredes celulares por lo tanto en la expansión de las células.

La información es escasa de nivel crítico foliar con potasio (K), lo que justifica la relevancia de estos resultados para futuras investigaciones.

**Tabla 3.** Relación entre la variable independiente (proporciones de K<sub>2</sub>O), la variable dependiente (nivel de clorofila) y el respectivo nivel crítico de la tercera hoja.

SPAD (µg.cm <sup>-2</sup> )	Ecuación	R <sup>2</sup>	y max <sup>NC</sup> (SPAD µg.cm <sup>-2</sup> )	x max en (Proporción de K <sub>2</sub> O en kg. ha <sup>-1</sup> )
<b>Lineal<sup>1</sup></b>	SPAD = -0.0533K <sub>2</sub> O + 70.614	0.12 <sup>NS</sup>	64.87	K <sub>2</sub> O = 107.8
<b>Cuadrática<sup>2</sup></b>	SPAD = 0.0086K <sub>2</sub> O <sup>2</sup> - 1.7666K <sub>2</sub> O + 155.73	0.22 <sup>NS</sup>	65.01	K <sub>2</sub> O = 102.7
<b>Cubica<sup>3</sup></b>	SPAD = -0.0153K <sub>2</sub> O <sup>3</sup> + 4.5544K <sub>2</sub> O <sup>2</sup> - 451.09K <sub>2</sub> O + 14926	1	-	K <sub>2</sub> O

<sup>NS</sup> = No existe significancia estadística. 1 = Modelo de regresión lineal. 2 = Modelo de regresión cuadrática. 3 = Modelo de regresión cubica. NC = Valores del nivel crítico o contenido adecuado, extraídos asignando valor nulo a los niveles de clorofila. SPAD = Nivel de clorofila (µg.cm<sup>-2</sup>)

## CONCLUSIONES

A pesar de que estadísticamente todos los tratamientos evaluados no tuvieron efectos significativos en el estado nutricional, se evidencio que a una aplicación de dosis de proporciones potásicas de 107.80 kg/ha<sup>-1</sup> correspondiente al tratamiento 3 se mejoró levemente el estado nutricional y nivel de clorofila del cultivo de banano variedad 'Williams Cavendish' en la parroquia El cambio, cantón Machala, Ecuador. Aplicando la ecuación lineal, se evidencio que es necesaria una proporción elevada de fuentes potásicas para obtener los mejores resultados. Sin embargo, cabe destacar también que la mayoría del macro y micro nutrientes en el suelo se encontraron dentro del rango optimo establecido para el cultivo por lo que es importante destacar que es necesario seguir evaluando las proporciones en futuras investigaciones con la finalidad de poder establecer un contenido adecuado de cada nutriente por separado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Andrade, M., Lima, S., Vendruscolo, E., Ávila, J., Martins, J., & Lima, A. (2020). Nitrogen and potassium fertilization affects banana production. *Society and Development*, 9(7), 1–12.
- Arana, Á. L., Navarrete, E. C., Arteaga, C. C., Aragone, D. S., Vásquez, G. G., Castro, O. M., Vélez, M. U., Paredes, J. L., & Cabezas, M. G. (2018). Fertilización Con Potasio Y Fosfitos, Sobre El Rendimiento De Maíz Duro (Zea Mays) En La Zona Subcentral Litoral. *European Scientific Journal, ESJ*, 14(15), 46. <https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n15p46>
- Bhalerao, V. P., Deshpande, A. N., & Bansal, S. K. (2018). Potassium Dynamics in Inceptisols as Influenced by Graded Levels of Potash for Banana: I. Potassium Fractions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 49(15), 1886–1895. <https://doi.org/10.1080/00103624.2018.1485929>
- Cervantes, A., Sigcha, L., Villaseñor, D., Maldonado Mora, T., Alava, C., Cañar, S., Ortiz, V., & Mora, M. (2022). Efecto de la interacción del nitrógeno con el potasio sobre la intensidad de la clorofila en el cultivo del banano. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 3(2), 192–198.
- Corrales-González, M., Rada, F., & Jaimez, R. (2016). Efecto del nitrógeno en los parámetros fotosintéticos y de producción del cultivo de la gerbera (*Gerbera jamesonii* H. Bolus ex Hook. F.). *Acta Agronomica*, 65(3). <https://doi.org/10.15446/acag.v65n3.49555>
- Fratoni, M. M. J., Moreira, A., Moraes, L. A. C., Almeida, L. H. C., & Pereira, J. C. R. (2017). Effect of Nitrogen and Potassium Fertilization on Banana Plants Cultivated in the Humid Tropical Amazon. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 48(13), 1511–1519. <https://doi.org/10.1080/00103624.2017.1373791>
- IBM. (2019). Guía del usuario de IBM SPSS Statistics 26 Core System. *IBM SPSS Statistic*, 338.
- INEC SPAC. (2021). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*. [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac-2021/Principales%20resultados-ESPAC\\_2021.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2021/Principales%20resultados-ESPAC_2021.pdf)
- Jones, J., J.B., Wolf, B., & Mills, H. A. (1999). *Plant Analysis Handbook: A Practical Sampling, Preparation, Analysis, and Interpretation Guide*. Micro-Macro.
- Kong, Q. B., Li, F. L., & Zhang, Q. (2021). Effect of potassium fertilizer reduction on banana yield and soil potassium balance under dripping irrigation. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizers*, 27(2), 312–321. <https://doi.org/10.11674/zwyf.20369>
- Lahav, E., & Turner, D. (1992). Fertilización del banano para rendimientos altos. *Not Available*, 1–71.
- Lahav, E., & Turner, D. W. (1989). *Fertilising for high yield banana*. Intl. Potash Institute.
- Lawlor, D. W. (2002). Limitation to photosynthesis in water-stressed leaves: Stomata vs. Metabolism and the role of ATP. *Annals of Botany*, 89(SPEC. ISS.), 871–885. <https://doi.org/10.1093/aob/mcf110>
- López, V., Espinoza, J., & Vargas, R. (2001). Síntomas de deficiencias nutricionales y otros desórdenes fisiológicos en el cultivo de banano (*Musa AAA*). In *Instituto de la Potasa y el Fósforo* (p. 53).
- Miranda, F., Garzon, V., Carvajal, H., & Renteria, J. (2022). Análisis de la producción y exportaciones del sector bananero ecuatoriano en el periodo 2010 - 2020. *Polo Del Conocimiento*, 7(8), 625–640. <https://doi.org/10.23857/pc.v7i8>



- Muschietti Piana, M. P. (2011). El sulfato de potasio para mitigar los efectos adversis de los cultivos en condiciones de estrés salino. *Fertilizar*, 18, 16–21.
- Pachacama, A., & Jibaja, Y. (2014). Determinación de azufre, boro y fosforo en tejido foliar por espectrofotometría de emisión por acoplamiento de plasma inductivo y detección óptica. *InfoANALITICA*, 21–39. Dialnet-DeterminacionDeAzufreBoroYFosforoEnTejidoFoliarPor-8382669.pdf
- Pourrut, P., Gomez, G., Bermeo, A., & Segovia, A. (1995). Factores condicionantes de los regimenes climaticos e hidrológicos. In *El agua en el Ecuador: clima, precipitaciones, escorrentia* (pp. 7–12). Corporacion Editora Nacional; Colegio de Geografos del Ecuador; ORSTOM. <https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010014826>
- Robinson, J. C., & Galán, V. S. (2012). *Plátanos y Bananas*. Wallington: CAB Intl.
- Roman Britez, P. A., Rasche Alvarez, J. W., & Fatecha Fois, D. A. (2023). Fertilización nitrógenada y potásica en el cultivo del banano (*Musa paradisiaca* L.) en el Distrito de Guajayvi, Departamento de San Pedro. *Revista Científica de La UCSA*, 10(2), 3–13. <https://doi.org/10.18004/ucsa/2409-8752/2023.010.02.003>
- Sanmartín-Galván, J., Cuenca-Moreno, A., Luna-Romero, Á., Jaramillo-Aguilar, E., & Villaseñor-Ortiz, D. (2023). Efecto nutricional foliar de silicio para el cultivo de banano (*Musa* spp.) en Ecuador. *Agronomía Costarricense*, 47(2), 47–56. <https://doi.org/10.15517/rac.v47i2.56131>
- Soil Science Society of America Inc. (2001). *Methods of Soil Analysis*. (p. 1390).
- Soil Survey Staff. (2022). Keys to soil taxonomy. In *USDA Natural Resources Conservation Service* (Vol. 12).
- Torres, J., Sanchez, J. D., & Salinas, G. C. (2017). Nutrient accumulation models in the banana (*Musa* AAA Simmonds cv Williams) plant under nitrogen doses. *Acta Agronomica*, 66(3). <https://doi.org/10.15446/acag.v66n3.58238>
- Vargas, A., Arias, F., Serrano, E., & Arias, O. (2007). Toxicidad de boro en plantaciones de banano (*Musa* AAA) en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 31(2), 21–29. [www.mag.go.cr/rev\\_agr/inicio.htm](http://www.mag.go.cr/rev_agr/inicio.htm)
- Villaseñor-Ortiz, D., De Mello Prado, R., Luna-Romero, E., Jaramillo-Aguilar, E., & Agurto-Rodriguez, L. (2022). Critical nitrogen and potassium levels and sufficiency ranges for banana cultivation in Ecuador. *Fruits*, 77(1), 1–8. <https://doi.org/10.17660/th2022>
- Yepes, R. (2019). Nutrición y fertilización con micronutrientes y su efecto en palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jack). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 4(2), 93–110. <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/rcyta/article/view/1068/1127>
- Zörb, C., Senbayram, M., & 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>