

Evaluación de dosis crecientes de potasio en suelos franco limosos en Banano Cavendish variedad Valery

Frank Abner Angueta Travez

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2017

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Evaluación de dosis crecientes de potasio en suelos franco limosos en Banano Cavendish variedad Valery

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Frank Abner Angueta Travez

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2017

Evaluación de dosis crecientes de potasio en suelos franco limosos en Banano Cavendish variedad Valery

Frank Abner Angueta Travez

Resumen. El objetivo fue evaluar el efecto de dosis crecientes de potasio en el rendimiento del banano y su análisis económico. Se realizó en una plantación de 25 años de producción continua, variedad Valery, en condiciones de la Hacienda San Sebastián, Mocache, Los Ríos, Ecuador. Fueron cuatro tratamientos en BCA: K_2O -150-217-283 y $350\text{ kg ha}^{-1}\text{ periodo}^{-1}$, aplicados durante cuatro meses fraccionado por mes. Variables agronómicas: diferencia de altura y tasa semanal de crecimiento del hijo, diferencia en el diámetro del pseudotallo del hijo, tasa de crecimiento semanal del pseudotallo del hijo, hojas perdidas. Variables de producción: semanas de embolse a cosecha, número de manos por racimo, calibre y longitud del dedo central de la segunda mano de arriba hacia abajo y de abajo hacia arriba, peso del racimo, peso exportable, peso del raquis, banano rechazado (merma), semanas de cosecha a cosecha y productividad. Se realizó análisis de suelo y foliar antes y después del tratamiento. Se analizó mediante un ANDEVA con separación de medias por el método de Duncan ($P < 0.05$), con el programa SAS®9.4. Se realizó un análisis marginal de costos. Existe una respuesta positiva en la producción de banano a la aplicación incremental de potasio. La mejor productividad para las condiciones de este experimento fue aplicar $350\text{ kg ha}^{-1}\text{ periodo}^{-1}$ de K_2O , con un rendimiento de $25.5\text{ t ha}^{-1}\text{ periodo}^{-1}$ que generó un beneficio marginal de \$ 743 respecto al testigo comercial ($150\text{ kg ha}^{-1}\text{ periodo}^{-1}$ de K_2O).

Palabras clave: Cloruro de potasio, *Musa acuminata*, rendimiento.

Summary. The objective this study was to evaluate the effect of increasing doses of potassium on banana yield and its economic return on investment. The study was conducted in a twenty-five-year-old plantation, planted with Valery variety, under the conditions of Hacienda San Sebastián, Mocache, Los Ríos, Ecuador. There were four treatments in RCB experimental design: K_2O -150-217-283 and $350\text{ kg ha}^{-1}\text{ period}^{-1}$, applied monthly during four months. The agronomic variables measured were: difference in height and difference in the diameter of the follower, pseudo-stem, weekly growth rate of the follower, pseudo-stem and leaves lost. Production variables measured were: weeks from fruit bagged to harvest, number of hands per cluster, caliper and length of the central fingers of the second basal hand from top to bottom and from bottom to top, exportable weight, rachis weight, rejected bananas (mal formation), weeks from harvest to harvest and productivity, soil and leaf analysis were also performed before and after application of treatments. Statistical analysis performed using ANOVA with separation of means by the Duncan method with a probability < 0.05 , the SAS statistical program 9.4 was used. A marginal cost analysis was performed. There was a positive response in banana production due to the incremental application of potassium. The best productivity for the conditions of this experiment was achieved with $350\text{ kg ha}^{-1}\text{ period}^{-1}$ of K_2O , with a yield of $25.5\text{ t ha}^{-1}\text{ period}^{-1}$ which generated a marginal benefit of \$ 743 with respect to the commercial control ($150\text{ kg ha}^{-1}\text{ period}^{-1}$ of K_2O).

Key words: *Musa acuminata*, potassium chloride, follower and yield.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros y Figuras	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. METODOLOGÍA.....	4
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	10
4. CONCLUSIONES	22
5. RECOMENDACIONES	23
6. LITERATURA CITADA.....	24

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadros	Página
1. Descripción de los tratamientos evaluados, en el cultivo de banano Cavendish variedad Valery, Hacienda San Sebastián, Mocache, Los Ríos, Ecuador.....	8
2. Efecto de la aplicación de cuatro dosis de K_2O en la diferencia de altura del pseudotallo del hijo, en el cultivo de Banano Cavendish variedad Valery, Hacienda San Sebastián, Mocache, Los Ríos, Ecuador.	10
3. Efecto de la aplicación de cuatro dosis de K_2O en la tasa de crecimiento de altura del pseudotallo del hijo, en el cultivo de Banano Cavendish variedad Valery, Hacienda San Sebastián, Mocache, Los Ríos, Ecuador.	11
4. Efecto de la aplicación de cuatro dosis de K_2O en la diferencia del diámetro del pseudotallo del hijo, en el cultivo de Banano Cavendish variedad Valery, Hacienda San Sebastián, Mocache, Los Ríos, Ecuador.	12
5. Efecto de la aplicación de cuatro dosis de K_2O en la tasa de crecimiento del diámetro del pseudotallo del hijo, en el cultivo de Banano Cavendish variedad Valery, Hacienda San Sebastián, Mocache, Los Ríos, Ecuador.....	13
6. Efecto de la aplicación de cuatro dosis de K_2O en el número de hojas perdidas, en el cultivo de Banano Cavendish variedad Valery, Hacienda San Sebastián, Mocache, Los Ríos, Ecuador.....	14
7. Análisis de suelo antes del tratamiento y con los tratamientos 150, 217, 283 y 350 $kg\ ha^{-1}\ periodo^{-1}$ de K_2O después del tratamiento, en el cultivo de Banano Cavendish variedad Valery, Hacienda San Sebastián, Mocache, Los Ríos, Ecuador.	155
8. Análisis foliar antes del tratamiento y con los tratamientos 150, 217, 283 y 350 $kg\ ha^{-1}\ periodo^{-1}$ de K_2O después del tratamiento, en el cultivo de Banano Cavendish variedad Valery, Hacienda San Sebastián, Mocache, Los Ríos, Ecuador.....	15
9. Efecto de la aplicación de cuatro dosis de K_2O en el tiempo de embolse a cosecha y número de manos por racimo, en el cultivo de Banano Cavendish variedad Valery, Hacienda San Sebastián, Mocache, Los Ríos, Ecuador.....	16
10. Efecto de la aplicación de cuatro dosis de K_2O en el calibre y longitud del dedo central de las segundas manos del racimo de banano, en el cultivo de Banano Cavendish variedad Valery, Hacienda San Sebastián, Mocache, Los Ríos, Ecuador.....	17

11. Efecto de la aplicación de cuatro dosis de K_2O en el peso del racimo, peso exportable, peso de raquis y merma, en el cultivo de Banano Cavendish variedad Valery, Hacienda San Sebastián, Mocache, Los Ríos, Ecuador.....	18
12. Efecto de la aplicación de cuatro dosis de K_2O el tiempo calculado entre cosechas y productividad, en el cultivo de Banano Cavendish variedad Valery, Hacienda San Sebastián, Mocache, Los Ríos, Ecuador.	19
13. Ecuaciones para predecir variables de producción y agronómicas a partir de dosis de potasio, en el cultivo de Banano Cavendish variedad Valery, Hacienda San Sebastián, Mocache, Los Ríos, Ecuador.	199
14. Cálculo de los beneficios brutos obtenidos en el estudio sobre el efecto de la aplicación de cuatro dosis de K_2O , en el cultivo de Banano Cavendish variedad Valery, Hacienda San Sebastián, Mocache, Los Ríos, Ecuador.....	20
15. Análisis de dominancia sobre beneficio neto, en respuesta a la aplicación de dosis diferenciales de K_2O , en el cultivo de Banano Cavendish variedad Valery, Hacienda San Sebastián, Mocache, Los Ríos, Ecuador.....	21
16. Tasa marginal de retorno (TMR), de los tratamientos dominantes en la aplicación de cuatro dosis de K_2O en el cultivo de Banano Cavendish variedad Valery, en la Hacienda San Sebastián, Mocache, Los Ríos, Ecuador.....	21

Figura	Página
1. Ubicación y área del experimento, en la Hacienda San Sebastián, Mocache, Los Ríos, Ecuador.	4

1. INTRODUCCIÓN

El banano es la fruta más consumida en el mundo y el cuarto cultivo después del trigo, arroz y el maíz, siendo un motor indispensable en la economía de varios países como Ecuador, Costa Rica, Filipinas, Colombia, Panamá, Guatemala y uno de sus principales ingresos. En el mundo anualmente se produce un promedio de 78,8 millones de toneladas de banano, de las cuales 16,3 millones de toneladas se exportan y el restante es para auto consumo. A nivel mundial los principales países exportadores son: Ecuador, Filipinas, Costa Rica, Colombia y Guatemala, mientras que los principales importadores son: Estados Unidos, Alemania, Bélgica y Japón. En el mundo el consumo promedio de banano es de 9,51 kg persona⁻¹ año⁻¹ y los países que mayor consumo poseen por habitante son los asiáticos. En Ecuador la cadena tiene una importancia relevante ya que en promedio representa el 26% del PIB agrícola del país y aporta en un 2% al PIB total, siendo uno de los productos tradicionales en las exportaciones de Ecuador (INEC s.f). El sector bananero genera alrededor de 2 a 2.5 millones de empleos directos e indirectos (PRO ECUADOR 2016).

Ecuador es el principal exportador de banano en el mundo, suple el 30% de la oferta mundial y es el segundo rubro de mayor exportación del país después del petróleo. La exportación de banano ecuatoriano ha tenido un constante crecimiento en los últimos tres años. En el año 2015 el valor de mercado de las exportaciones de mercancías y otros bienes (FOB) alcanzó los US\$ 2,706 millones de dólares, que representa 9.56% más que en el 2014, dado por el aumento de productividad en número de cajas por hectárea de los productores, con una productividad promedio en el 2015 de 1938 cajas por hectárea al año (PRO ECUADOR 2016). A pesar que Ecuador ha mejorado el manejo y la productividad no basta para ubicar a Ecuador en forma competitiva. Es por eso que mediante dosificaciones óptimas de fertilización se busca mejorar la productividad.

Cavendish es la especie de banano que principalmente exporta Ecuador, debido a su resistencia a la enfermedad conocida como "Mal de Panamá". Esta variedad es originaria de Vietnam y China, conocida por ser grande y robusta. Esta especie presenta cuatro sub-variedades de banano: Lacatán, Valery, Gran Cavendish y Cavendish Enano. El banano en Ecuador es cultivado de 0 a 300 metros sobre el nivel del mar. La temperatura promedio para su desarrollo es de 25°C y requiere de 100 mm a 180 mm de agua durante todos los meses del año. Cavendish es la especie de banano que principalmente exporta Ecuador, debido a su resistencia a la enfermedad conocida como "Mal de Panamá". Esta variedad es originaria de Vietnam y China, conocida por ser grande y robusta. Esta especie presenta cuatro sub-variedades de banano: Lacatán, Valery, Gran Cavendish y Cavendish Enano.

El banano en Ecuador es cultivado de 0 a 300 metros sobre el nivel del mar. La temperatura promedio para su desarrollo es de 25°C y requiere de 100 mm a 180 mm de agua durante

todos los meses del año. Las condiciones del suelo óptimas para la producción de banano son los suelos de tipo franco y que sean profundos, con un buen drenaje y rico en materia orgánica (>3%). El rango ideal de pH debe ser de 6 a 7.5, la densidad de siembra por hectárea es de 1470 plantas.ha⁻¹ a 2.8 m en triangulo o tres bolillos (INEC s.f).

El potasio es considerado uno de los elementos más importantes para la producción agrícola, aunque no es parte de la estructura orgánica de la planta desempeña funciones fundamentales: cataliza procesos como la fotosíntesis, respiración, regula el agua dentro de las hojas, transporte de azúcares lo cual provoca el engrosamiento adecuado de la fruta (Ortiz et al. 2010). El nitrógeno (N) es el nutriente más importante para incrementar rendimientos, pero el potasio es el que estabiliza notablemente el rendimiento, demanda de grandes cantidades para un crecimiento vigoroso y saludable de la planta (INFOPOS 1997). La deficiencia de potasio se muestra por medio de síntomas, el más común son manchas o quemaduras en las puntas de las hojas y enrollado de las hojas bajas hacia la parte de adentro, también la planta se hace sensible a enfermedades y al clima (López et al. 2001), retrasa el crecimiento en la planta, es susceptible al arpillamiento, los racimos se enconchan y la fruta baja de peso (Ortiz et al. 2010).

El potasio es un cofactor para más de 40 enzimas, interfiere en el movimiento de los estomas mediante el mantenimiento del electro-neutralidad en las células de las plantas. Es requerido para realizar funciones fisiológicas como: formación de azúcares y almidones, síntesis de proteínas, división celular normal, crecimiento y neutralización de los ácidos orgánicos. Tiene que ver con las reacciones enzimáticas, regula el suministro de dióxido de carbono mediante el control de la apertura de los estomas y mejora la eficiencia del uso del azúcar. Asimismo, incrementa la resistencia de la planta al estrés biótico y abiótico en procesos como tolerancia al congelamiento mediante la disminución del potencial osmótico de la savia celular, debido a una mayor relación de ácidos grasos saturados y no saturados, tolerancia a sequías, regulación del equilibrio interno de agua y turgencia, regula la entrada y la salida de sodio, en el plasmalema de las células de la raíz, la eliminación de cloruro a través de la selectividad de las raíces fibrosas de potasio sobre el sodio, ayuda a tolerar la sal en las células mediante el incremento de la capacidad de retención de potasio en la vacuola, evita pérdidas cuando el sodio ha llegado al medio externo (HAIFA s.f).

La cantidad de potasio que se requiere para obtener un racimo ya cosechado es muy alta, existe un estimado de 400 kg ha⁻¹ año⁻¹ de potasio removidos solamente por la fruta en una producción de 70 t ha⁻¹, debido a esto así el banano tenga niveles alto de potasio en el suelo, se requiere de un buen suplemento de este elemento (López y Espinosa 1998). En plantaciones con rendimientos promedio se cosechan 50 t de fruta ha⁻¹ año⁻¹ y en plantaciones con altos rendimientos se llega a una producción de 70 t ha⁻¹ año⁻¹, con esta cantidad fácilmente la fruta puede remover 400, 125 y 15 kg ha⁻¹ año⁻¹ de potasio, nitrógeno (N) y fósforo (P) (López y Espinosa 1995). En 50 t ha⁻¹ el cultivo requeriría 1625 kg ha⁻¹ de potasio (Munson 1985).

La exigencia e importancia en la cantidad y aplicabilidad de este elemento cada vez es mayor. La información sobre fertilización de banano, en especial de niveles de potasio para determinar el beneficio en variables agronómicas y sobre todo de producción óptima (costo-

beneficio) no es fácil de encontrar. Estos inconvenientes han hecho que en la Hacienda San Sebastián se tenga la necesidad de determinar el efecto del potasio en el mejoramiento de la productividad.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de dosis crecientes de potasio en el rendimiento del banano y su análisis económico en condiciones del cantón Mocache, Provincia de Los Ríos en Ecuador.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización.

El estudio se realizó en la Hacienda San Sebastián, ubicada en la Latitud 1°15'39.74"S Longitud 79°31'7.29"O, en la planicie aluvial del Río Quevedo, Cantón Mocache, Provincia de Los Ríos, Ecuador (Figura 1). El cantón Mocache posee un clima Subhúmedo-Tropical y está a una altitud entre 4 y 460 msnm (CLIRSEN et al. 2012). La Hacienda San Sebastián tiene una altitud de 80 msnm, la temperatura promedio anual es de 25.2°C, con una precipitación anual de 1792 mm y evapotranspiración potencial anual de 1375 mm lo cual indica un déficit hídrico de 338 mm en verano, en los meses de junio y diciembre (CLIRSEN et al. 2012), los suelos de esta zona son de textura franco limoso.



Figura 1. Ubicación y área del experimento, en la Hacienda San Sebastián, Mocache, Los Ríos, Ecuador.

Manejo del cultivo.

Esta plantación de banana Cavendish Valery tiene 25 años de edad, con una densidad de 1570 plantas ha⁻¹, ubicada en el terreno con una pendiente de 2 al 5%. Con un sistema de producción continuo y un rendimiento promedio de 3050 cajas ha⁻¹ año⁻¹ (59.5 t ha⁻¹ año⁻¹). Las prácticas culturales rutinarias son: deshije, riego, deshoje, control de maleza, desmane o deschive en el racimo fue falsa más tres (eliminación de cuatro manos de abajo hacia arriba) al momento del enfunde, apuntalamiento o amarre de la planta que sirve para darle soporte a la planta debido al peso del racimo, cosecha y empaque.

Selección de plantas para el experimento.

El criterio de selección de las plantas para este estudio fue que sean las mejores en vigor y sanidad, que estuvieran lejos de drenajes u orillas de la plantación con la finalidad de que no tengan ventaja una de otra por motivo de que existe mayor luminosidad en estos espacios abiertos. La planta seleccionada fue una madre próxima a floración, ya que a partir de este tiempo y hasta la cosecha es cuando ocurre la mayor absorción del potasio (Martínez y Cayón 2011). En campo esta etapa se identifica cuando la planta desde la parte de arriba (sistema foliar) hasta abajo, ya no existe emisión de hojas nuevas, lo que significa que la planta está en la transición entre la etapa reproductiva y productiva. En esta etapa cada planta seleccionada contaba con un hijo en desarrollo seleccionado en el deshije, los hijos de esta etapa no tenían una altura similar.

Fertilización.

Las dosis de fertilización anuales para esta hacienda son N-450, P₂O₅-46, CaO-84, MgO-50, S-60, B-13, Zn-4 kg ha⁻¹ año⁻¹. Los micro elementos (Cu, Fe, Mn, B) son suplidos por el producto foliar Basfoliar Algae, aplicado por vía foliar cuatro veces al año en la época de verano entre junio y diciembre. La fertilización edáfica se realiza mensualmente durante todo el año. En este estudio se siguió el criterio de fertilización de un cultivo de producción continua ya que en plantaciones perennes existe una adecuada cantidad de raíces en un radio de 30 hasta 60 cm de distancia de la planta, la fertilización se hizo entre la planta madre y el hijo¹. El fertilizante que se utilizó para las dosis de potasio de este estudio fue el muriato o cloruro de potasio (60% K₂O) es el fertilizante potásico más usado en banano, contiene (47% Cl) por eso no es usado en cultivos sensibles al cloro (López y Espinosa 1995). Sin embargo, el banano tiene una baja sensibilidad a los niveles altos de cloro o por la gran cantidad de drenaje que se usa en este cultivo, se lava el exceso (Molina 2017). También es el más usado debido a que esta fuente es de bajo precio (López y Espinosa 1995). Las dosis de los tratamientos se aplicaron a las plantas seleccionadas, una vez seleccionadas se realizó la primera aplicación en un periodo de cuatro meses (inicia en octubre del 2016 y finaliza en enero 2017) bajo los mismos criterios expuestos.

Variables evaluadas.

Agronómicas. Las variables agronómicas se midieron en el hijo de la planta seleccionada y solamente la variable de hojas perdidas se tomó de la planta seleccionada.

Diferencia de altura del pseudotallo del hijo: Con un metro se midió la altura del hijo desde el ras del suelo hasta la base del peciolo de la última hoja. Esta variable se midió en el hijo de la planta seleccionada, debido a que la altura inicial de los hijos fue variable, se determinó analizar los datos de la diferencia de altura del pseudotallo referida a la altura del

¹ Gauggel C. Ph.D. en suelos. Profesor Adjunto EAP Zamorano. Comunicación personal (15/09/2016).

hijo al momento de la primera aplicación de los tratamientos y la altura medida a las semanas 4, 8 y 12 después del tratamiento (DDT).

Tasa de crecimiento del hijo (cm semana⁻¹): Con los datos de la diferencia de altura se calculó la tasa de crecimiento semanal del hijo a las semanas cuatro, ocho y 12 después del tratamiento (DDT).

Diferencia de diámetro del pseudotallo del hijo: Con una cinta métrica se midió el diámetro del hijo de la base del suelo a un metro de altura y allí se midió el diámetro del pseudotallo. Esta variable se midió en el hijo de la planta seleccionada, debido a que el diámetro inicial de los hijos fue variable, se determinó analizar los datos de la diferencia de diámetro del pseudotallo referida al diámetro del hijo al momento de la primera aplicación de los tratamientos y el diámetro medido a las semanas 8 y 12 después del tratamiento (DDT).

Tasa de crecimiento del diámetro del pseudotallo del hijo (cm semana⁻¹): Con los datos de la diferencia de diámetro se calculó la tasa de crecimiento semanal del diámetro del pseudotallo del hijo a las semanas 8 y 12 después del tratamiento (DDT).

Hojas perdidas: Este dato se obtuvo de la resta del número de hojas a parición (emisión floral o bellota) con el número de hojas a cosecha.

Análisis de suelo y análisis foliar: Antes de iniciar el estudio se realizó un análisis de suelo en el lote, con el cual se determinó el nivel inicial de nutrientes. Las muestras para el análisis de suelo se realizaron con la toma de 20 submuestras en la zona de fertilización de la planta, a una profundidad de 30 cm, se recorrió el lote en zigzag en toda el área. De igual manera al finalizar el estudio se realizaron cuatro análisis de suelo, uno por cada tratamiento siguiendo el mismo criterio. En el muestreo final en los tratamientos, las muestras para el análisis de suelo se realizaron con la toma de cinco submuestras en zigzag de cada repetición, las cuales hicieron un total de 15 submuestras por tratamiento, las submuestras fueron tomadas en la zona de fertilización de las plantas a una profundidad de 0 a 30 cm (López et al. 2001). Para las muestras foliares al inicio del estudio se tomaron 15 submuestras al azar y al finalizar el estudio se tomaron cinco submuestras al azar de cada repetición. Estas muestras fueron realizadas en plantas próximas a floración o recién florecidas tomando un área de 15×15 cm el tejido en el centro de la hoja tres, contada de arriba hacia abajo (López et al. 2001).

Los análisis de suelo y foliares se realizaron en el laboratorio de análisis agrícola NEMALAB S.A, Machala, Ecuador.

Producción: Las variables de producción se midieron en las plantas seleccionadas.

Tiempo de embolse a cosecha (semanas): Aproximadamente a los siete días que la planta emitió su bellota floral, se realizó el embolse del racimo para su protección y se identificó con cintas de colores que de acuerdo al color indica la semana del año en que empezó el

desarrollo el racimo. Basándose en esta marcación, se cuentan las semanas desde el embolse a cosecha de cada racimo.

Número de manos por racimo: A la cosecha se contaron el número de manos de cada racimo.

Calibre de los dedos centrales de la segunda mano de arriba hacia abajo y de abajo hacia arriba: Con un calibrador (pie de rey) se midió el diámetro mayor del dedo central de la segunda mano contada de arriba hacia abajo y del dedo central de la segunda mano contada de abajo hacia arriba en cada racimo el día de la cosecha, esto fue medido como parámetro de la empresa exportadora.

Longitud del dedo central de la segunda mano de arriba hacia abajo: El día de la cosecha se midió la longitud del dedo central de la segunda mano de arriba hacia abajo con una cinta métrica.

Peso del racimo: Se cosecharon los racimos y se pesó el racimo en una balanza comercial en s el día de la cosecha.

Peso exportable: El racimo se desmanó quedando únicamente las manos, a cada mano se realizó el saneamiento que consiste en dejar las manos bien conformadas y libres de daños físicos o mecánicos (merma). Estas manos son exportadas en cajas de cartón.

Peso de merma: Se entiende como merma la fruta que no cumple con los parámetros de calidad de exportación por razones como: daño mecánico, enfermedades o madurez precoz. Esta fruta se retiró en la cosecha de cada racimo y se pesó.

Peso de raquis: Una vez se desmanó, se desechó la merma del racimo y se pesó el raquis que es el eje donde se sostienen las manos del racimo.

Tiempo entre cosechas: Es el tiempo que transcurre en semanas desde el momento que se cosecha una planta hasta que se cosecha el hijo de la planta. Según Martínez et al. (2014) el tiempo que transcurre hasta la finalización de la etapa vegetativa es de 16.5 semanas y en la etapa reproductiva son 8.5 semanas, dando 25 semanas entre estas dos fases. El tiempo que transcurre en la etapa productiva se determinó en este estudio referido como las semanas de embolse a cosecha. La suma de estas tres etapas o fases determinan las semanas de cosecha a cosecha, ecuación [1].

$$TC_C = 25 + SEC \quad [1]$$

Donde:

TC_C: Tiempo entre cosechas

SEC: Semanas de embolse a cosecha

Productividad (t ha⁻¹ periodo⁻¹): Para referir la información de producción anual se calculó la productividad mediante la ecuación [2]. Este dato se obtuvo tomando las 16 semanas del periodo y multiplicándolo por el peso comercial del racimo planta⁻¹ que está dividido con las semanas de cosecha a cosecha, esto se multiplica por la densidad de la plantación y se divide en 1,000 que es un factor de conversión para expresar el resultado en toneladas por hectárea, ecuación [2].

$$P = \left(16 \text{ sem. año}^{-1} \times \frac{PCR}{SCC} \right) \times \frac{\text{densidad (plantas ha}^{-1}\text{)}}{1,000} \quad [2]$$

Donde:

P: Productividad (t ha⁻¹ periodo⁻¹)

PCR: Peso comercial de racimo planta⁻¹ (kg)

SCC: Semanas de cosecha a cosecha

1,000: Factor de conversión de kg a t

Periodo analizado en 16 semanas

Relación de variables medidas y dosis de potasio: Se realizaron modelos de regresión lineal para establecer las dosis de potasio con variables agronómicas y de producción.

Tratamientos.

Fueron cuatro tratamientos 150, 217, 283 y 350 kg ha⁻¹ periodo⁻¹ de K₂O. Cada tratamiento con tres repeticiones (Cuadro 1).

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos evaluados, en el cultivo de banano Cavendish variedad Valery, Hacienda San Sebastián, Mocache, Los Ríos, Ecuador.

kg ha ⁻¹ periodo ⁻¹		g planta ⁻¹ mes ⁻¹	
K ₂ O	KCl	K ₂ O	KCl
150	250	24	40
217	361	34	57
283	472	45	75
350	583	55	93

Diseño Experimental.

Se marcaron 18 plantas por tratamiento, seleccionadas aleatoriamente dentro de un área de 972 m². Fue un diseño de bloques completamente al azar con cuatro tratamientos (150, 217, 283 y 350 kg ha⁻¹ periodo⁻¹ de K₂O), con tres repeticiones y 12 unidades experimentales. El área de cada unidad experimental fue de 324 m² y el número de plantas por unidad experimental fue de 51. El número plantas a evaluar por unidad experimental fue de seis,

distanciadas a 2.53m×2.53m. El área total del estudio fue de 3,888 m², con un total de 612 plantas.

Análisis Estadístico.

A cada variable se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) mediante Modelo Lineal General (GLM) ($P < 0.05$), con separación de medias por Duncan mediante el procedimiento LSMeans, con el programa “Statistical Analysis System” (SAS versión 9.3®).

Análisis marginal de costos.

Para evaluar la rentabilidad de cada tratamiento, se calculó el costo diferencial de cada tratamiento respecto al tratamiento control. En este caso fue el costo del fertilizante cloruro de potasio (KCl) referido en kg ha⁻¹ periodo⁻¹. Solo se considera costo adicional de cada tratamiento, el costo del fertilizante y no se tomó en consideración la mano de obra, ya que no hubo incrementos del costo por este rubro. El costo de transporte tampoco se consideró, ya que ese lo asume el proveedor. Con el rendimiento de cada uno de los tratamientos y con la resta de los costos totales se obtuvo el ingreso bruto por tratamiento. Este dato se utilizó para hallar el análisis de dominancia, comparando el beneficio bruto de los tratamientos con sus costos totales. Se ordenaron los datos de dosis de menor a mayor con los ingresos brutos de cada uno. Los tratamientos que costaron menos que el anterior son los dominados, siendo excluidos del análisis de retorno. Con los tratamientos dominantes, se calculó la tasa marginal de retorno (TMR) iniciando con los tratamientos de menor precio, seguidos por el próximo más alto. La TMR fue calculada por la división de la diferencia del ingreso entre la diferencia de los costos totales que varían. La tasa marginal de retorno calculada es un indicador de lo que se espera recibir al cambiar de tratamiento (Evans 2015).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diferencia de altura del pseudotallo del hijo. El tratamiento con 350 kg ha⁻¹ periodo⁻¹ de K₂O obtuvo mayor altura del hijo a las semanas 4, 8 y 12 después de aplicar el tratamiento (DDT), los tratamientos fueron estadísticamente diferentes a los demás (P<0.05). Los tratamientos con 217 y 283 kg ha⁻¹ periodo⁻¹ de K₂O no mostraron diferencia entre ellos (Cuadro 2). Este resultado confirma el efecto del potasio en la acumulación de materia seca durante todo el crecimiento de las plantas de banano (Martínez y Cayón 2011). Cuando hay deficiencia en potasio se genera una obstrucción foliar o arropollamiento en la planta, esto disminuye el crecimiento de los entrenudos de las hojas y ocasiona crecimiento lento, además afecta el desarrollo de raíces lo cual no permite la absorción de nutrientes (López y Espinosa 1995).

Cuadro 2. Efecto de la aplicación de cuatro dosis de K₂O en la diferencia de altura del pseudotallo del hijo, en el cultivo de Banano Cavendish variedad Valery, Hacienda San Sebastián, Mocache, Los Ríos, Ecuador.

K ₂ O kg ha ⁻¹ periodo ⁻¹	Diferencia de altura del hijo (cm)		
	4 SDDT	8 SDDT	12 SDDT
150	27.32 c [‡]	56.19 c	90.63 c
217	28.90 bc	62.31 b	115.06 b
283	31.21 b	66.06 b	118.44 b
350	38.34 a	76.88 a	149.75 a
R ²	0.65	0.60	0.69
CV	10.67	10.59	12.39
P	***	***	***

[‡] Valores con diferentes letras en la misma columna, estadísticamente son diferentes entre sí (P<0.05).

R² Coeficiente de determinación

CV Coeficiente de variación,

*** Altamente significativo (P<0.001)

SDDT Semanas después de la aplicación del tratamiento

Periodo analizado en 16 semanas

Tasa de crecimiento del pseudotallo del hijo. El tratamiento con 350 kg ha⁻¹ periodo⁻¹ de K₂O obtuvo un rápido crecimiento del hijo cada vez que se midió, los tratamientos fueron estadísticamente diferentes entre sí (P<0.05) (Cuadro 3). En todos los tratamientos se observa que disminuye la tasa de crecimiento entre la semana 8 y 12, debido a que en esta etapa ocurre la transición entre la etapa vegetativa a reproductiva. Cuando las

concentraciones de potasio en la planta son adecuadas, reducen el estrés debido a que existe mayor concentración de potasio en el estroma, también existe una mayor tasa de fotosíntesis lo cual se refleja en una alta producción de biomasa de la planta (Marschner 2003). El desarrollo y crecimiento de la planta son producto de complejos mecanismos fisiológicos como la respiración y la fotosíntesis, los cuales permiten la formación de carbohidratos proteína y otros compuestos que constituyen el racimo (López y Espinosa 1995).

Cuadro 3. Efecto de la aplicación de cuatro dosis de K₂O en la tasa de crecimiento de altura del pseudotallo del hijo, en el cultivo de Banano Cavendish variedad Valery, Hacienda San Sebastián, Mocache, Los Ríos, Ecuador.

K ₂ O kg ha ⁻¹ periodo ⁻¹	Tasa de crecimiento (cm semana ⁻¹)		
	4 SDDT	8 SDDT	12 SDDT
150	6.83 c [‡]	7.02 a	5.66 c
217	7.22 bc	7.79 b	7.19 b
283	7.80 b	8.26 b	7.40 b
350	9.58 a	9.61 a	9.36 a
R ²	0.65	0.61	0.69
CV	10.67	10.59	12.38
P	***	***	***

[‡] Valores con diferentes letras en la misma columna, estadísticamente son diferentes entre sí (P<0.05).

R² Coeficiente de determinación

CV Coeficiente de variación,

*** Altamente significativo (P<0.001)

SDDT Semanas después de la aplicación del tratamiento

Periodo analizado en 16 semanas

Diferencia en el diámetro del pseudotallo del hijo. El aumento de las dosis de potasio se refleja en el aumento del diámetro del pseudotallo del hijo. En esta variable el tratamiento de 350 kg ha⁻¹ periodo⁻¹ de K₂O presentó una diferencia significativa respecto a dosis inferiores (P<0.05), siendo este el tratamiento con mayor diámetro (Cuadro 4). La extensión celular y mayor turgencia en la planta en la mayoría de casos es consecuencia de la acumulación de potasio en las vacuolas, además estabiliza el pH en el citoplasma y aumento del potencial osmótico en las vacuolas (Marschner 2003). Existe una relación entre el diámetro del tallo y el tamaño del racimo, lo cual se verá reflejado en el peso del racimo (Simmonds 1973).

Cuadro 4. Efecto de la aplicación de cuatro dosis de K₂O en la diferencia del diámetro del pseudotallo del hijo, en el cultivo de Banano Cavendish variedad Valery, Hacienda San Sebastián, Mocache, Los Ríos, Ecuador.

K ₂ O kg ha ⁻¹ periodo ⁻¹	Diferencia diámetro del hijo (cm)	
	8 SDDT	12 SDDT
150	4.25 d [‡]	10.56 d
217	5.37 c	12.40 c
283	6.00 b	15.38 b
350	6.88 a	16.63 a
R ²	0.79	0.71
CV	9.34	11.85
P	***	***

[‡] Valores con diferentes letras en la misma columna, estadísticamente son diferentes entre sí (P<0.05).

R² Coeficiente de determinación

CV Coeficiente de variación, *** Altamente significativo (P<0.001)

SDDT Semanas después de la aplicación del tratamiento

Periodo analizado en 16 semanas

Tasa de crecimiento del diámetro del pseudotallo del hijo. Se determinó que el aumento de las dosis de potasio genera un incremento en la velocidad de crecimiento del diámetro del pseudotallo del hijo, logrando una significancia en los resultados obtenidos. El mejor tratamiento fue aplicar 350 kg ha⁻¹ periodo⁻¹ de K₂O, que presentó una diferencia significativa respecto a dosis inferiores (P<0.05) (Cuadro 5). A pesar que en la fase vegetativa (día 0 al 116 después de la siembra) el crecimiento es lento, las dosis incrementales de potasio tuvieron efecto positivo (Martínez y Cayón 2011).

Cuadro 5. Efecto de la aplicación de cuatro dosis de K₂O en la tasa de crecimiento del diámetro del pseudotallo del hijo, en el cultivo de Banano Cavendish variedad Valery, Hacienda San Sebastián, Mocache, Los Ríos, Ecuador.

K ₂ O kg ha ⁻¹ periodo ⁻¹	Tasa de crecimiento del diámetro del pseudotallo (cm semana ⁻¹)	
	8 SDDT	12 SDDT
150	1.06 d [‡]	1.32 d
217	1.34 c	1.55 c
283	1.50 b	1.93 b
350	1.72 a	2.08 a
R ²	0.79	0.71
CV	9.34	11.84
P	***	***

[‡] Valores con diferentes letras en la misma columna, estadísticamente son diferentes entre sí (P<0.05).

R² Coeficiente de determinación

CV Coeficiente de variación *** Altamente significativo (P<0.001)

SDDT Semanas después de la aplicación del tratamiento

Periodo analizado en 16 semanas

Hojas perdidas. Las hojas son las principales responsables de la mayor absorción de asimilados entre la siembra y la diferenciación floral (Martínez y Cayón 2011). Existen varias prácticas culturales como el deshoje, despunte y la cirugía que se realiza a la hoja retirando las partes afectadas por Sigatoka, lo cual influye en que la pérdida de las hojas es casi similar en todas las plantas. Es por ello que el estudio determinó que los tratamientos no muestran una diferencia significativa en el número de hojas perdidas y el bajo R² indica que esta práctica es aleatoria y no sigue un patrón fisiológico (Cuadro 6).

Esta variable depende del manejo cultural y del índice de infección de la plantación. Cuando el potasio es deficiente, el crecimiento es retrasado y la translocación neta de K⁺ se supe en la planta a partir de hojas y tallos maduros generando deficiencia, estos órganos se convierten en cloróticos y necróticos dependiendo de la intensidad luminosa a la que se exponen las hojas (Marschner 2003).

Cuadro 6. Efecto de la aplicación de cuatro dosis de K₂O en el número de hojas perdidas, en el cultivo de Banano Cavendish variedad Valery, Hacienda San Sebastián, Mocache, Los Ríos, Ecuador.

K ₂ O kg ha ⁻¹ periodo ⁻¹	Número de hojas perdidas planta ⁻¹
150	1.88
217	2.31
283	2.09
350	2.13
R ²	0.20
CV	16.79
P	ns

R² Coeficiente de determinación CV Coeficiente de variación

ns No significativo

Periodo analizado en 16 semanas

Análisis de suelo y foliares.

Condiciones químicas del suelo. El análisis realizado antes del tratamiento presentó un pH de 6.3, la materia orgánica está debajo de los niveles normales, en general se obtuvieron niveles altos de P, Ca, Mg y valores bajos de NH₄⁺. Comparado con los análisis realizados en cada uno de los tratamientos después del estudio, los cuales presentaron un pH entre 5.8-6.0, la materia orgánica continuó debajo de los niveles normales en todos los tratamientos, el NH₄⁺ fue alto en los tratamientos de 217 y 283 kg ha⁻¹ periodo⁻¹ de K₂O y valores bajos en los tratamientos de 150 y 350 kg ha⁻¹ periodo⁻¹ de K₂O. El fósforo fue alto en todos los tratamientos, Ca alto en todos los tratamientos a excepción de valor obtenido en el tratamiento de 283 kg ha⁻¹ periodo⁻¹ de K₂O que fue bajo y niveles altos de Mg en todos los tratamientos (Cuadro 7).

Basándose en el contenido de potasio en el suelo se observa que, al análisis realizado antes del tratamiento comparado con los cuatro tratamientos, fue mayor. La saturación de potasio en los tratamientos de 217 y 350 kg ha⁻¹ periodo⁻¹ de K₂O se encuentra medio y los tratamientos de 150 y 283 kg ha⁻¹ periodo⁻¹ de K₂O están debajo del rango. Posiblemente se deba a que la planta absorbe este nutriente (Cuadro 7) y se ve reflejado en el contenido de potasio en las hojas (Cuadro 8).

Cuadro 7. Análisis de suelo antes del tratamiento y con los tratamientos 150, 217, 283 y 350 kg ha⁻¹ periodo⁻¹ de K₂O después del tratamiento, en el cultivo de Banano Cavendish variedad Valery, Hacienda San Sebastián, Mocache, Los Ríos, Ecuador.

K ₂ O kg ha ⁻¹ periodo ⁻¹	p.H (H ₂ O)	M.O [‡]	mg kg ⁻¹		cmol kg ⁻¹			%SB ^α		
			NH ₄	P	K	Ca	Mg	K	Ca	Mg
ADT	6.3	2.5 B	12 B	29 A	0.9 M	8.5 A	3.0 A	8 A	68 M	24 A
150	5.9	2.7 B	15 B	37 A	0.4 M	11 A	5.5 A	2 B	65 M	33 A
217	6.0	2.8 B	41 A	70 A	0.4 M	4.0 B	4.3 A	3 M	68 M	29 A
283	5.8	2.8 B	57 A	157 A	0.3 B	9.9 A	3.6 A	2 B	71 M	26 A
350	5.9	2.7 B	30 M	43 A	0.4 M	9.5 A	3.8 A	3 M	69 M	28 A

A Alto M Medio B Bajo ADT Antes del tratamiento
[‡]M.O Materia orgánica ^α%SB Porcentaje de saturacion de bases

Condiciones químicas foliares. En el análisis realizado antes del tratamiento, la planta presentó niveles bajos de N, P, K y niveles medios de Ca y Mg. Comparado con los análisis realizados en cada uno de los tratamientos después del estudio, nitrógeno sigue presentando niveles bajos en todos los tratamientos. Fósforo subió en todos los tratamientos a nivel medio lo que indica su absorción, calcio sigue manteniendo nivel medio en todos los tratamientos y el magnesio mantuvo su nivel medio en todos los tratamientos con excepción de tratamiento con 283 kg ha⁻¹ periodo⁻¹ de K₂O que está en nivel bajo (Cuadro 8).

Al observar los resultados en el análisis foliar del del potasio se determina un incremento en todos los tratamientos, pero solo los tratamientos de 150 y 283 kg ha⁻¹ periodo⁻¹ de K₂O están en el rango adecuado, comparado con análisis realizado antes de la aplicación del tratamiento (Cuadro 8).

Cuadro 8. Análisis foliar antes del tratamiento y con los tratamientos 150, 217, 283 y 350 kg ha⁻¹ periodo⁻¹ de K₂O después del tratamiento, en el cultivo de Banano Cavendish variedad Valery, Hacienda San Sebastián, Mocache, Los Ríos, Ecuador.

K ₂ O kg ha ⁻¹ periodo ⁻¹	% en Materia Seca				
	N	P	K	Ca	Mg
ADT [‡]	1.63 B	0.17 B	2.45 B	0.93 M	0.25 M
150	1.89 B	0.23 M	3.06 M	0.90 M	0.25 M
217	1.95 B	0.21 M	2.96 B	0.92 M	0.25 M
283	1.95 B	0.20 M	3.05 M	0.94 M	0.23 B
350	1.99 B	0.20 M	2.90 B	0.78 M	0.25 M

A Alto M Medio B Bajo
[‡]ADT Antes del tratamiento

Variables a cosecha.

Tiempo de embolse a cosecha (semanas). El tratamiento que mostró menor tiempo en el desarrollo del racimo desde embolse a cosecha fue el tratamiento de 283 kg ha⁻¹ periodo⁻¹ de K₂O, con diferencia significativa (P<0.05) (Cuadro 9). Esto lo comprueba un estudio realizado por Sathiamoorthy y Jeyabaskaran (2001) que altos niveles de potasio acortan el tiempo de la madurez de la fruta.

Número de manos por racimo. El incremento de las dosis de potasio mostró efecto en el número de manos, en el tratamiento de 350 kg ha⁻¹ periodo⁻¹ que fue menor (Cuadro 9). En el estudio realizado por López y Espinosa (1995) determinó una evaluación del estado de la plantación fundamentándose en el número de manos, a partir de lo cual los datos obtenidos en este estudio en todos los tratamientos entran en la categoría tres (bueno 8 a 8.9 manos).

Cuadro 9. Efecto de la aplicación de cuatro dosis de K₂O en el tiempo de embolse a cosecha y número de manos por racimo, en el cultivo de Banano Cavendish variedad Valery, Hacienda San Sebastián, Mocache, Los Ríos, Ecuador.

K ₂ O kg ha ⁻¹ periodo ⁻¹	Tiempo de embolse a cosecha (semanas)	Número de manos
150	10.73 a [‡]	8.08 b
217	10.35 ab	8.11 b
283	10.12 b	8.33 b
350	10.35 ab	8.57 a
R ²	0.15	0.36
CV	7.79	4.07
P	*	*

[‡] Valores con diferentes letras en la misma columna, estadísticamente son diferentes entre sí (P<0.05)

R² Coeficiente de determinación * Significativo (P<0.05)

CV Coeficiente de variación

Periodo analizado en 16 semanas

Calibre de dedos. Para las variables de diámetro del dedo arriba y diámetro del dedo abajo, el tratamiento de 350 kg ha⁻¹ periodo⁻¹ de K₂O presentó una diferencia superior y significativa comparado a los demás tratamientos (P<0.05) (Cuadro 10). Ortiz et al. (2010) determinó que, con suficiente potasio el banano mejora el peso de la fruta conjuntamente con el diámetro.

Longitud del dedo central de segunda mano de arriba hacia abajo. La aplicación de potasio generó un aumento en la longitud del dedo central de la segunda mano de arriba hacia abajo, siendo mayor la longitud del dedo a mayor dosis de potasio aplicado. El

tratamiento de 350 kg ha⁻¹ periodo⁻¹ de K₂O fue el que presentó mayor longitud (Cuadro 10). Trocmé (1972) determinó que cultivos con deficiencia de potasio producen frutos pequeños y que el tamaño de los frutos aumenta a medida se aumentan las dosis de potasio.

Cuadro 10. Efecto de la aplicación de cuatro dosis de K₂O en el calibre y longitud del dedo central de las segundas manos del racimo de banano, en el cultivo de Banano Cavendish variedad Valery, Hacienda San Sebastián, Mocache, Los Ríos, Ecuador.

K ₂ O kg ha ⁻¹ periodo ⁻¹	Calibre del dedo central (mm)		Longitud del dedo central segunda mano arriba hacia abajo (cm)
	Segunda mano arriba hacia abajo	Segunda mano abajo hacia arriba	
150	43.58 b [‡]	40.00 b	21.79 b
217	43.67 b	40.33 ab	22.35 a
283	44.08 ab	40.58 ab	22.76 a
350	44.79 a	41.00 a	22.89 a
R ²	0.60	0.30	0.48
CV	1.00	4.19	2.44
P	***	*	***

[‡] Valores con diferentes letras en la misma columna, estadísticamente son diferentes entre sí (P<0.05).

R² Coeficiente de determinación

* Significativo (P<0.05)

CV Coeficiente de variación

*** Altamente significativo (P<0.001)

Periodo analizado en 16 semanas

Peso del racimo, peso del raquis y peso de fruta exportable. La aplicación de potasio generó un aumento en el peso total del racimo, peso del raquis y peso de fruta exportable, siendo mayor el peso a mayor dosis de potasio aplicado. El tratamiento de 350 kg ha⁻¹ periodo⁻¹ de K₂O fue el que presentó mayor peso (Cuadro 11). López y Espinosa (1998) afirman que una de las funciones primordiales del potasio es la acumulación y transporte de carbohidratos en la planta, lo cual ocasiona el llenado de la fruta y aumenta los rendimientos. El bajo contenido de potasio tiene un impacto en la formación de frutos delgados, longitud, curvatura, diámetro de dedos y racimos frágiles, fenómeno frecuentemente observado en el campo, así como en experimentos controlados (Sathiamoorthy y Jeyabaskaran 2001). Las concentraciones adecuadas de potasio en la planta reducen el estrés debido a que existe mayor concentración de potasio en el estroma, también existe una mayor tasa de fotosíntesis lo cual se refleja en mejores rendimientos (Marschner 2003).

Banano rechazado (merma). El tratamiento de 350 kg ha⁻¹ periodo⁻¹ de K₂O presentó menos merma en la cosecha (P<0.05) (Cuadro 11). Un estudio realizado por IFA (2000) determinó que el potasio mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a sequía, heladas y salinidad, las plantas bien provistas con potasio sufren menos de enfermedades y aumenta su peso. El bajo R² es debido a que esta variable no es dependiente

de una condición agronómica ya que la merma se puede incrementar debido a otras condiciones como: daños mecánicos inducidos por plagas, enfermedades y manejo en la cosecha.

Cuadro 11. Efecto de la aplicación de cuatro dosis de K₂O en el peso del racimo, peso exportable, peso de raquis y merma, en el cultivo de Banano Cavendish variedad Valery, Hacienda San Sebastián, Mocache, Los Ríos, Ecuador.

K ₂ O kg ha ⁻¹ periodo ⁻¹	kg racimo ⁻¹			
	Racimo cortado	Racimo exportable	Raquis	Banano rechazado (merma)
150	32.26 c [‡]	28.57 c	3.31 d	0.41 a
217	33.27 bc	29.42 bc	3.45 c	0.42 ab
283	34.19 b	30.16 b	3.63 b	0.40 b
350	35.86 a	31.90 a	3.67 a	0.31 c
R ²	0.64	0.48	0.88	0.78
CV	3.22	5.28	1.56	6.20
P	***	***	***	***

[‡] Valores con diferentes letras en la misma columna, estadísticamente son diferentes entre sí (P<0.05).

R² Coeficiente de determinación

*** Altamente significativo (P<0.001)

CV Coeficiente de variación

Periodo analizado en 16 semanas

Tiempo entre cosechas. El tratamiento que gastó menor tiempo entre una a otra cosecha fue el de 283 kg ha⁻¹ periodo⁻¹ de K₂O (Cuadro 12), lo cual indica que altos niveles de potasio acortan el tiempo de la madurez de la fruta (Sathiamoorthy y Jeyabaskaran 2001), e influyen directamente en la reducción del tiempo de desarrollo de la planta, lo cual mejora la productividad.

Productividad. El estudio mostró que a medida incrementa las dosis de potasio, incrementa la productividad de fruta. El tratamiento que mayor rendimiento alcanzó fue 350 kg ha⁻¹ periodo⁻¹ de K₂O, lo cual confirma que adecuadas concentraciones de potasio en la planta reducen el estrés, debido a que existe mayor concentración de potasio en el estroma, también existe una mayor tasa de fotosíntesis lo cual se refleja en mejores rendimientos (Marschner 2003).

Cuadro 12. Efecto de la aplicación de cuatro dosis de K₂O el tiempo calculado entre cosechas y productividad, en el cultivo de Banano Cavendish variedad Valery, Hacienda San Sebastián, Mocache, Los Ríos, Ecuador.

K₂O kg ha⁻¹ periodo⁻¹	Tiempo entre cosechas (semanas)	Productividad t ha⁻¹ periodo⁻¹
150	35.73 a [‡]	22.84 d
217	35.45 ab	23.62 c
283	35.12 b	24.41 b
350	35.35 c	25.55 a
R ²	0.35	0.82
CV	0.84	2.12
P	***	***

[‡] Valores con diferentes letras en la misma columna, estadísticamente son diferentes entre sí (P<0.05).

R² Coeficiente de determinación *** Altamente significativo (P<0.001)

CV Coeficiente de variación

Periodo analizado en 16 semanas

Relación entre variables. Se estableció una relación entre la dosis de K₂O en kg ha⁻¹ periodo⁻¹ con variables agronómicas y de producción, obteniendo en las tres relaciones realizadas un R² arriba del 70%.

Cuadro 13. Ecuaciones para predecir variables de producción y agronómicas a partir de dosis de potasio, en el cultivo de Banano Cavendish variedad Valery, Hacienda San Sebastián, Mocache, Los Ríos, Ecuador.

Formula	R²
Peso comercial (kg) = 0.0162(x ^α) + 25.955	0.71
Altura del hijo (cm) = 0.2716(x) + 50.565	0.72
[‡] Díámetro del pseudotallo del hijo (cm) = 0.0319(x) + 5.8231	0.75

[‡] A 1 metro de altura desde el ras del suelo a 12 semanas después del tratamiento.

^α Dosis de K₂O kg ha⁻¹ periodo⁻¹

R² Coeficiente de determinación

Análisis marginal de costos.

Beneficio bruto para este estudio. El tratamiento con mayor beneficio bruto fue el de 350 kg ha⁻¹ periodo⁻¹ de K₂O (\$7,866) y el que obtuvo un valor más bajo fue el tratamiento de 150 kg ha⁻¹ periodo⁻¹ de K₂O (\$7,122) (Cuadro 14).

Cuadro 14. Cálculo de los beneficios brutos obtenidos en el estudio sobre el efecto de la aplicación de cuatro dosis de K₂O, en el cultivo de Banano Cavendish variedad Valery, Hacienda San Sebastián, Mocache, Los Ríos, Ecuador.

Actividades	Unidad	Dosis			
		1	2	3	4
K ₂ O		150	217	283	350
Producción	t ha ⁻¹ periodo ⁻¹	22.8	23.6	24.4	25.5
Ingreso Bruto	\$ ha ⁻¹	7,205	7,458	7,710	8,058
Valor unitario KCl	\$ kg ⁻¹	0.33	0.33	0.33	0.33
Cantidad KCl	kg ha ⁻¹ periodo ⁻¹	250	361	472	583
Costo KCl	\$ ha ⁻¹	82.50	119.13	155.76	192.39
Costos totales que varían	\$ ha ⁻¹	83	119	156	192
Beneficio bruto solo de esta variable	\$ ha ⁻¹	7,122	7,338	7,555	7,866

[‡] El precio de venta de banano a Sabrostart Fruit Company™ fue de \$316 por tonelada².

^α El precio de KCl granulado, según Ferpacific S.A. es de \$0,33 por kg³.

Periodo analizado en 16 semanas

Análisis de dominancia. Resultó en que todas las dosis probadas (150, 217, 283 y 350 kg ha⁻¹ periodo⁻¹ de K₂O) son dominantes (Cuadro 15), por tal motivo se realizó la evaluación de la tasa marginal de retorno (TMR) a todas (Cuadro 16).

² Sabrostart Fruit Company™. Exportadora de fruta fresca. Comunicación personal (10/06/2017).

³ Ferpacific S.A. Venta de Fertilizantes, Agroquímicos, Herramientas Agrícolas. Comunicación personal (09/06/2017).

Cuadro 15. Análisis de dominancia sobre beneficio neto, en respuesta a la aplicación de dosis diferenciales de K₂O, en el cultivo de Banano Cavendish variedad Valery, Hacienda San Sebastián, Mocache, Los Ríos, Ecuador.

Dosis	Tratamiento kg ha ⁻¹ periodo ⁻¹	Costos totales que varían (\$)	Beneficio Bruto (\$)	Evaluación
1	150	83	7,122	Dominante
2	217	119	7,338	Dominante
3	283	156	7,555	Dominante
4	350	192	7,866	Dominante

Periodo analizado en 16 semanas

Tasa marginal de retorno (TMR). La mayor TMR la obtuvo el tratamiento de 350 kg ha⁻¹ periodo⁻¹, fue de 676%. Con este tratamiento el benéfico marginal por haber aplicado 200 kg ha⁻¹ periodo⁻¹ más que el tratamiento inicial, fue de \$ 743 (Cuadro 16).

Cuadro 16. Tasa marginal de retorno (TMR), de los tratamientos dominantes en la aplicación de cuatro dosis de K₂O en el cultivo de Banano Cavendish variedad Valery, en la Hacienda San Sebastián, Mocache, Los Ríos, Ecuador.

Dosis	Tratamiento kg ha ⁻¹ periodo ⁻¹	Costos totales que varían		Beneficio bruto (\$ ha ⁻¹)	TMR	
		(\$ ha ⁻¹)	(\$/cambio)		(\$/cambio)	(%)
1	150	83	0	7,122		
2	217	119	37	7,338	216	590
3	283	156	73	7,555	432	590
4	350	192	110	7,866	743	676

Periodo analizado en 16 semanas

4. CONCLUSIONES

- La mejor productividad para las condiciones del estudio fue aplicar 350 kg ha⁻¹ periodo de K₂O durante un periodo de 16 semanas, esta dosis es suficiente para tener un respaldo económico justificado siempre que los demás costos de producción permanezcan constantes.
- Hay una respuesta diferencial en productividad al aumentar las dosis de potasio.
- El efecto de la fertilización se observa desde el primer mes después de la aplicación del tratamiento.

5. RECOMENDACIONES

- Para próximos estudios medir el tiempo del periodo vegetativo y reproductivo del banano.
- Realizar estudios con otros nutrientes para ver cómo afecta la absorción del potasio.
- Realizar este mismo estudio, pero con diferentes fuentes potásicas.
- Realizar este estudio en otras variedades de banano.
- Continuar el estudio a través del año.

6. LITERATURA CITADA

- CLIRSEN (Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos), MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca), SINAGAP (Sistema Nacional de Información de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca). 2012. Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1:25.000. Mocache, Ecuador: CLIRSEN y MAGAP (SINAGAP); [consultado 2016 oct 24]. http://app.sni.gob.ec/sni-ink/sni/PDOT/ZONA5/NIVEL_DEL_PDOTCANTONAL/LOS_RIOS/MOCACHE/IEE/MEMORIAS_TECNICAS/mt_mocache_geomorfologia.pdf
- Evans A. 2015. Análisis marginal: Un procedimiento económico para seleccionar tecnologías o prácticas alternativas. Gainesville, Estados Unidos: Universidad de la Florida (UF/IUFAS); [consultado 2017 jul 8]. <http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/FE/FE57300.pdf>
- HAIFA. s.f. Nutritional recommendations for Banana. [consultado 2016 oct 26] <http://www.haifa-group.com/files/Guides/Banana.pdf>
- IFA (International Fertilizer Association). 2002. Los Fertilizantes y su Uso. Cuarta edición, revisada. Roma: FAO e IFA; [consultado 2017 jun 10]. <http://www.fao.org/3/a-x4781s.pdf>
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos). (s.f). Análisis del Sistema Agroalimentario del Banano en el Ecuador; [consultado 2016 oct 14]. <https://www.academia.edu/10210392/Banano>
- INFOPOS (Instituto de la Potasa y el Fósforo). 1997. Potasa su Necesidad y Uso en Agricultura Moderna. Canadá, Canadá: INPOFOS, 44p.
- López A, Espinosa J. 1995. Manual de nutrición y fertilidad del banano. International Plant Nutrition Institute. Quito, Ecuador: IPNI (International Plant Nutrition Institute), 77 p.
- López A, Espinosa J. 1998. Respuesta del banano al potasio. Quito, Ecuador: IPNI (International Plant Nutrition Institute); [consultado 2016 oct 15]. [http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/02788fd8caeaf69705257a370058dad2/\\$FILE/Respuestabanano.pdf](http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/02788fd8caeaf69705257a370058dad2/$FILE/Respuestabanano.pdf)

- López A, Vargas J, Espinoza J, Vargas R. 2001. Guía de Campo. Síntomas de Deficiencias Nutricionales y otros Desórdenes Fisiológicos en el Cultivo del Banano (Musa AAA). San José, Costa Rica: IPNI (International Plant Nutrition Institute); [consultado 2017 may 15]. [http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/c093707b0327c2fe05257a40005f359f/\\$FILE/G%20Banano.pdf](http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/c093707b0327c2fe05257a40005f359f/$FILE/G%20Banano.pdf)
- Marschner H. 2003. Mineral nutrition of higher plants. Segunda edición. London: Academic Press, 889 p.
- Martínez A, Cayón D. 2011. Dinámica del crecimiento y desarrollo del banano (Musa AAA Simmonds cvs. Gran Enano y Valery). Bogotá, Colombia: Fac. Nal. Agr. Medellín; [consultado 2017 jul 8]. https://www.academia.edu/30854938/Din%C3%A1mica_del_Crecimiento_y_Desarrollo_del_Banano_Musa_AAA_Simmonds_cvs
- Martínez A, Cayón D, Torres J. 2014. Distribución de los nutrientes durante el crecimiento de la planta de banano. Bogotá, Colombia: Fac. Nal. Agr. Medellín; [consultado 2017 jul 9]. <https://www.researchgate.net/publication/303692380>
- Molina E. 2017. Nutrición en Banano. sexto Congreso de Fisiología y Nutrición Vegetal, Mexico: INTAGRI, 2017 jul 14.
- Munson R. 1985. Potassium in Agriculture. Madison, USA: American Society of Agronomy. 1223 p.
- Ortiz R, Morales A, Poncher S, Segura A. 2010. El cultivo del banano. San José, Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia, 186 p.
- PRO ECUADOR (Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones). 2016. Análisis sectorial banana 2016, Ecuador: PRO ECUADOR; [consultado 2016 oct 18]. http://www.proecuador.gob.ec/wp_content/uploads/2016/09/PROEC_AS2016_BANANO.pdf
- Sathiamoorthy S, Jeyabaskaran K. 2001. Potassium Management of Banana. Tamil Nadu, India: National Research Centre for Banana; [consultado 2017 jul 11]. <https://www.ipipotash.org/udocs/Potassium%20Management%20of%20Banana.pdf>
- Simmonds N. 1973. Los Plátanos. Barcelona, España: Editorial Blume. 539 p.
- Trocmé S. 1972. Suelo y fertilización en fruticultura. Madrid, España: Mundi Prensa.