

**Efecto de aplicación de cuatro dosis de potasio
en el rendimiento de banano, en suelo con alto
contenido de potasio, subsolado y no
subsolado**

Juan Diego Restrepo Jaramillo

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2015

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Efecto de la aplicación de cuatro dosis de potasio en el rendimiento de banano, en suelo con alto contenido de potasio, subsolado y no subsolado

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

Presentado por

Juan Diego Restrepo Jaramillo

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2015

Efecto de la aplicación de cuatro dosis de potasio en el rendimiento de banano, en suelo con alto contenido de potasio, subsolado y no subsolado

Presentado por:

Juan Diego Restrepo Jaramillo

Aprobado:

Gloria Arévalo de Gauggel, Dra.
Asesor principal

John Jairo Hincapié, Ph.D.
Director
Departamento de Ciencia y
Producción Agropecuaria

Dennis Roberto Ramírez. Ph.D.
Asesor

Raúl Zelaya, Ph.D.
Decano Académico

Ulises Barahona. Ing. Agr.
Asesor

Efecto de la aplicación de cuatro dosis de potasio en el rendimiento de banano, en suelo con alto contenido de potasio, subsolado y no subsolado

Juan Diego Restrepo Jaramillo

Resumen. Estudio realizado en la unidad de Olericultura de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. Objetivos, evaluar el efecto de la aplicación de cuatro dosis de potasio en el rendimiento de banano, en un suelo con alta concentración de potasio, subsolado y no subsolado, evaluar el efecto de la aplicación de cuatro dosis de potasio en el rendimiento de banano, evaluar el efecto del rendimiento de banano con subsoleo profundo en un suelo compactado y realizar un análisis marginal de costos. El banano fue de la variedad Gran Enano. Se aplicaron ocho tratamientos con un DCA, arreglo factorial de dos por cuatro: dos sistemas de labranza y cuatro dosis de K_2O . Los tratamientos fueron suelo subsolado cuatro años atrás y no subsolado con aplicación de 0, 300, 600 y 900 $kg.ha^{-1}$ de K_2O . Se evaluaron las variables de días: Desde siembra a embolse, embolse a cosecha y siembra a cosecha, porcentaje de parición, número de hojas a cosecha, peso del racimo, peso del raquis, peso comercial, peso de fruta ($t.ha^{-1}$), peso promedio de manos, número de manos por racimo, de la primera y cuarta mano: Número de dedos, longitud y diámetro del dedo central. Se realizó un ANDEVA con un GLM, ($P<0.05$), LSMMeans, analizado con SAS[®] 9.3. Existe una respuesta positiva en la producción de banano a la aplicación de potasio. En suelos ricos en potasio y compactados, es necesario subsolar para hacer disponible el elemento. Existe una respuesta positiva al subsolar cuando los suelos están compactados. Al no subsolar implica subir la dosis de K_2O desde 300 hasta 600 $kg.ha^{-1}$ para tener una respuesta en la producción. La mayor tasa marginal de retorno fue en 0 kg de K_2O subsolado.

Palabras clave: Costos, cultivo tropical, rendimiento.

Abstract. This study was conducted in the olericulture unit at the Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. The objectives were to evaluate the effects in the performance of banana production by applying four doses of potassium, to a soil high in potassium, ripping soils and not ripping soils, evaluate the effects in banana production in deep ripping soils, compacted soils, and perform a cost analysis using the variety of banana Gran Enano. The eight treatments were analyzed in a completely randomized experimental design and a factorial arrangement two by four: two tillage systems and four doses of potassium K₂O. The treatments were in ripping soils four years ago and not ripping soils applying a dose of 0, 300, 600 and 900 kg.ha⁻¹ of K₂O. The established variables were: days from planting to bagging, days from bagging to harvest, days from planting to harvest, germination percentage, number of leaves, bananas bunch weight, Rachis weight, commercial weight, fruit weight in tons per hectare, average hand weight, number of hands, number of fingers of the first and fourth hand, central finger length of the first and fourth hand, and central finger diameter of the first and fourth hand. The results were analyzed with the statistical program SAS[®] 9.3 with a probability of P<0.05. As a conclusion to this research there is a positive response in banana production by applying potassium. In the other hand compacted soils with high contents of potassium, have to be subsoiled in order for potassium to be available, otherwise it is necessary to raise the K₂O dose up to 600 kg.ha⁻¹ to obtain better results in production.

Key words: Costs, performance, tropical crop.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	v
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos.....	vi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	9
4. CONCLUSIONES	20
5. RECOMENDACIONES	21
6. LITERATURA CITADA.....	22
7. ANEXOS	24

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Marcación por color de cinta a racimos de banano, de acuerdo a la semana de embolsado, lote 0, unidad de Olericultura, EAP, Zamorano, Honduras.....	5
2. Tratamientos realizados en la investigación, lote 0, unidad de Olericultura, EAP, Zamorano, Honduras.....	8
3. Efecto de la aplicación de cuatro dosis de K_2O , bajo dos sistemas de labranza, en rendimiento de banano sobre las variables agronómicas de días a embolsado, días a cosecha y días totales, lote 0, unidad de Olericultura, EAP, Zamorano, Honduras.....	10
4. Efecto de la aplicación de cuatro dosis de K_2O , bajo dos sistemas de labranza, en las variables agronómicas de número de hojas funcionales y no funcionales en planta de banano al momento de la cosecha, lote 0, unidad de Olericultura, EAP, Zamorano, Honduras.....	11
5. Efecto de la aplicación de cuatro dosis de K_2O , bajo dos sistemas de labranza, en las variables de producción de racimo, raquis y peso comercial de banano, lote 0, unidad de Olericultura, EAP, Zamorano, Honduras.....	12
6. Efecto de la aplicación de cuatro dosis de K_2O , bajo dos sistemas de labranza, en las variables agronómicas de peso promedio de mano y número de manos de banano, lote 0, unidad de Olericultura, EAP, Zamorano, Honduras.....	13
7. Efecto de la aplicación de cuatro dosis de K_2O , bajo dos sistemas de labranza, en las variables agronómicas de número de dedos, longitud del dedo central y diámetro del dedo central de la primera mano, lote 0, unidad de Olericultura, EAP, Zamorano, Honduras.....	14
8. Efecto de la aplicación de cuatro dosis de K_2O , bajo dos sistemas de labranza, en las variables agronómicas de número de dedos, longitud del dedo central y diámetro del dedo central de la cuarta mano, lote 0, unidad de Olericultura, EAP, Zamorano, Honduras.....	15
9. Efecto de la aplicación de cuatro dosis de K_2O , bajo dos sistemas de labranza, en la variable de rendimiento de banano, lote 0, unidad de Olericultura, EAP, Zamorano, Honduras.....	16
10. Cálculo de los beneficios netos obtenidos sobre el efecto de la aplicación de cuatro dosis de K_2O , bajo dos sistemas de labranza, en el rendimiento de banano, lote 0, unidad de Olericultura, EAP, Zamorano, Honduras.....	17
11. Efecto de la aplicación de cuatro dosis de K_2O , bajo dos sistemas de labranza, en la variable de rendimiento de banano, lote 0, unidad de Olericultura, EAP, Zamorano, Honduras.....	18

12. Tasa marginal de retorno (TMR), sobre el efecto de la aplicación de cuatro dosis de K_2O , bajo dos sistemas de labranza, en rendimiento de banano, lote 0, unidad de Olericultura, EAP, Zamorano, Honduras.....	19
--	----

Figuras	Página
1. Ubicación y área del experimento, en el lote 0, unidad de Olericultura, EAP Zamorano, Honduras.	3
2. Distribución de tratamientos subsolado y no subsolado, en el lote 0, unidad de Olericultura, EAP Zamorano, Honduras.	4
3. Ubicación de los tratamientos en la investigación sobre el efecto de K_2O y labranza profunda en el rendimiento de banano, lote 0, unidad de Olericultura, EAP Zamorano, Honduras.....	8

Anexos	Página
1. Dosificación y fraccionamiento de KCl en banano, lote 0, unidad de Olericultura, EAP Zamorano, Honduras.	24
2. Análisis de suelo del lote 0, unidad de Olericultura, EAP Zamorano, Honduras. .	24

1. INTRODUCCIÓN

El banano hoy en día se ha convertido en la fruta fresca más exportada en el mundo. Su mayor exportación se realiza desde los países en vía de desarrollo hacia los países más industrializados es el caso de Estados Unidos y Rusia, quienes importan alrededor de un 90% del total mundial. Con una cifra de exportación global superior a los USD 5,000 millones en el 2008, el banano se convierte en un rubro muy importante en los países en desarrollo donde es una importantísima fuente de ingresos y empleo para miles de familias, especialmente en América Latina, el Caribe, Sudeste asiático y África occidental (FAO 2015).

En el proceso de crecimiento vegetativo la planta de banano aprovecha al máximo los nutrientes que el suelo le pueda brindar para su desarrollo, su aprovechamiento comienza desde el momento en que la planta es trasplantada, hasta el inicio de la floración en donde comienza con la etapa reproductiva, con el inicio de esta etapa la planta se encarga de depositar todo su almacén de nutrientes en el fruto, para obtener una buena producción se recomienda fertilizar antes de la etapa de floración (Walmsley y Twyford 1968).

El nutriente más importante en la producción de banano es sin duda alguna el Potasio, el (K) es el catión que se encuentra con mayor abundancia en las células de la planta y es un componente importante al momento de catalizar reacciones dentro de la planta como la respiración, la fotosíntesis, la formación de clorofila y la regulación del movimiento de agua (López y Espinosa 1995).

Los síntomas más notorios en la planta con deficiencia de K son el amarillamiento en las puntas de las hojas bajas ó más viejas, a medida que la planta crece la hoja se curva hacia adentro y luego muere, existe deformaciones del racimo, siendo estos de bajo tamaño, con deformidades y delgados en su mayoría, debido al mal llenado de la fruta, es muy común también que las plantas presenten un crecimiento lento y que tomen una apariencia “achaparrada”, esto se debe al marcado acortamiento entrenudos (López y Espinosa 1998).

El siguiente documento complementa los resultados obtenidos por Chávez Reyes (2013), en la parcela experimental dentro de la unidad de Olericultura en el Valle de Yeguaré de la EAP Zamorano, quien tuvo como objetivo principal evaluar el efecto de cuatro dosis de potasio en banano, bajo dos sistemas de labranza en suelos ricos en potasio en el desarrollo vegetativo directamente en campo, donde midió las variables de altura del pseudotallo, diámetro del pseudotallo, número de hojas y realizó análisis de B, Zn, K foliar y K soluble. Chávez Reyes (2013), concluyó que la dosis de 600 kg/ha de K₂O en el lote subsolado fue el único que alcanzó niveles adecuados de nutrientes, la dosis de 900

kg/ha de K_2O tuvo mejor resultado en las variables altura y diámetro del pseudotallo y la variable número de hojas en los lotes subsolados obtuvo un mejor resultado, demostrando de esta manera que en suelos con alta concentración de potasio hay respuesta en banano a las dosis altas de K_2O . El presente estudio tomó como base la información obtenida, la complementó con el análisis de producción y aseguró de esta forma un estudio más profundo tomando variables de crecimiento vegetativo y rendimiento de banano en suelos con alta concentración de potasio.

En este estudio se establecieron como objetivos, evaluar el efecto de la aplicación de cuatro dosis de potasio en el rendimiento de banano, en un suelo con alta concentración de potasio, subsolado y no subsolado, evaluar el efecto de la aplicación de cuatro dosis de potasio en el rendimiento de banano, evaluar el efecto en la producción de banano del subsoleo profundo en un suelo compactado y realizar un análisis marginal de los tratamientos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio. Esta investigación se llevó a cabo en la plantación de banano ubicada dentro de la unidad de Olericultura de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano en el Valle de Yeguaré a 30 km de Tegucigalpa. Con una temperatura promedio anual de 24 °C y una precipitación promedio de 1100 mm al año, distribuidos entre mayo y noviembre, con una pendiente de 3-4%. Figura 1.



Figura 1. Ubicación y área del experimento, en el lote 0, unidad de Olericultura, EAP Zamorano, Honduras.

Fuente: Chávez Reyes (2013).

Establecimiento de la plantación. Galarza Brito (2011), refiere que en marzo de 2010 se subsoló el Lote 0, de la unidad de Olericultura de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. En esta actividad se realizaron dos pases de subsolador, el primero fue con dirección Oeste-Este con dos ganchos de 1.10 m de longitud y 1.20 m de espacio entre ganchos, operado por un tractor D8 de oruga. El segundo pase se realizó con un tractor D6 de oruga con menor potencia que el anterior y con dos ganchos de 0.8 m de longitud espaciados a 1.10 m, llevando dirección Noroeste-Sureste a 45° del primero. Ubicación del terreno subsolado y no subsolado. Figura 2.



Figura 2. Distribución de tratamientos subsollado y no subsollado, en el lote 0, unidad de Olericultura, EAP Zamorano, Honduras.

Fuente: Galarza Brito (2011).

Se utilizaron plantas meristemáticas de banano de la variedad Gran Enano, las mismas crecieron durante 97 días en vivero, después se trasplantaron a campo al día 98 en el mes de abril del 2013 y comenzaron su etapa reproductiva desde el 20 de noviembre del mismo año, cuando se reporta la primera aparición de bellota. En este ensayo se utilizó un área total de 2,983 m², con un total de 730 plantas/experimento, sembradas con una alta densidad de 5,200 plantas.ha⁻¹ con una distancia de 3.5 m de centro a centro de la cama, 1.25 m entre líneas y 1.2 m entre plantas, a tresbolillo en cama doble (Chávez Reyes 2013).

Base de la investigación. Este estudio está basado en el trabajo realizado por Chávez Reyes (2013), en el cual evaluó la mejor dosis de potasio y la mejor labranza de suelo, en el cultivo de banano durante la fase de crecimiento, en la primera fase del estudio, se concluyó que la dosis de 600 kg.ha⁻¹ de K₂O en el lote subsollado fue el único que alcanzó niveles adecuados de nutrientes, la dosis de 900 kg.ha⁻¹ de K₂O tuvo mejor resultado en las variables altura y diámetro del pseudotallo y la variable número de hojas en los lotes subsollados obtuvo un mejor resultado. En el presente estudio se dio continuidad al análisis ya iniciado para determinar si existe alguna diferencia en la producción de banano.

Este estudio se inició tomando los datos de embolse y color de cinta de cada racimo. El embolse consistió en una vez parida la fruta y formada las manos se cubre con una bolsa de polietileno que cumplió con la función de proteger al racimo contra el efecto abrasivo de hojas, bajas temperaturas, plagas y productos químicos (Vargas *et al.* 2010). Este embolse se realizó semanalmente durante nueve semanas. Para llevar un mejor control de

los racimos que se deben cosechar cada semana, al momento del embolse de cada racimo, éste se marcó con una cinta plástica de diferente color, según la semana en que se embolsa (Cuadro 1). La posterior cosecha se registra tomando en cuenta el número de semanas en que se realizó la cosecha, después de embolse. La cosecha se programó durante dos días de cada semana, comenzando el 18 de febrero de 2014 y terminando el 18 de abril de 2014. Este dato es importante para medir productividad del cultivo, ya que involucra el tiempo en que la producción tarda en cosecharse y posee una implicación económica.

Cuadro 1. Marcación por color de cinta a racimos de banano, de acuerdo a la semana de embolse, lote 0, unidad de Olericultura, EAP, Zamorano, Honduras

Semana de embolse	Color de Cinta
1	Amarillo pálido
2	Azul
3	Blanca
4	Amarillo
5	Verde
6	Crema
7	Azul cielo
8	Café
9	Amarillo pálido

Variables determinadas.

- **Días desde siembra a embolse:** se tomaron los días desde la siembra a embolse de cada racimo.
- **Días desde embolse a cosecha:** se tomaron los días desde el embolse a cosecha de cada racimo.
- **Días desde siembra a cosecha:** se sumaron las variables días a embolse y días a cosecha para tener los días totales desde la siembra a cosecha del racimo.
- **Porcentaje de parición:** se obtuvo contando el número de plantas paridas al momento de la cosecha dividido el número total de plantas de la parcela experimental, este valor se multiplico por cien para obtener un porcentaje de parición, Ecuación [1].

$$\% \text{ parición} = (PPC/PT) \times 100 \quad [1].$$

Dónde:

PPC= Plantas paridas al momento de cosecha.

PT= Plantas totales en la parcela.

- **Número de hojas:** se contaron las hojas funcionalmente activas (más del 50% de área verde) al momento de la cosecha, de igual forma se contaron las hojas no funcionales (más del 50% de área necrótica) al momento de la cosecha.
- **Peso del racimo:** se cosecharon los racimos de acuerdo a los días de parición y se evaluó el peso del racimo con una balanza comercial en kg el día de la cosecha
- **Peso del raquis:** al momento de la cosecha se separaron las manos del raquis y se pesó el raquis de cada racimo con una balanza comercial en kg.
- **Peso comercial:** se tomó el peso del racimo y se restó el peso del raquis para obtener esta variable tomando en cuenta que todas las manos se aprovecharon.
- **Peso de fruta (t.ha⁻¹):** esta variable se obtuvo multiplicando el porcentaje de parición de la parcela por la densidad total de plantas por hectárea del experimento dividido entre cien y a este valor se le multiplicó por el peso comercial de las manos dividido entre mil para obtener las toneladas por hectárea, Ecuación [2].

$$\text{Peso de la fruta t/ha} = ((\%P * DT)/100)(PC/1000) \quad [2]$$

Dónde:

%P= Porcentaje de parición.

DT= Densidad total.

PC= Peso comercial.

- **Peso promedio de las manos:** se tomó el peso de las manos y se dividió para el número de mano por racimo para obtener esta variable, Ecuación [3].

$$\text{Peso prom. de manos} = (PM/NM) \quad [3].$$

Dónde:

PM= Peso de manos.

NM= Número de manos.

- **Número de manos:** los racimos no contaban con un número estándar de manos ya que no se había realizado una labor cultural previa de desmane, por lo cual se contó el número de manos de cada racimo el día de la cosecha.
- **Número de dedos de la primera mano:** se contó la cantidad de dedos de la primera mano de cada racimo, tomando como referencia la primera mano más pronta al ápice del racimo, al día de la cosecha
- **Número de dedos de la cuarta mano:** se contó la cantidad de dedos de la cuarta mano de cada racimo, tomando como referencia la cuarta mano más pronta al ápice del racimo, al día de la cosecha
- **Longitud del dedo central de la primera mano:** se midió la longitud del dedo central de la primera mano de cada racimo con una cinta métrica en centímetros, al día de la cosecha, tomando como referencia la primera mano más pronta al ápice del racimo

- **Longitud del dedo central de la cuarta mano:** se midió la longitud del dedo central de la cuarta mano de cada racimo con una cinta métrica en centímetros, al día de la cosecha, tomando como referencia la cuarta mano más pronta al ápice del racimo
- **Diámetro del dedo central de la primera mano:** se midió el diámetro del dedo central de la primera mano de cada racimo con un pie de rey en milímetros, al día de la cosecha, tomando como referencia la primera mano más pronta al ápice del racimo.
- **Diámetro del dedo central de la cuarta mano:** se midió el diámetro del dedo central de la cuarta mano de cada racimo con un pie de rey en milímetros, al día de la cosecha, tomando como referencia la cuarta mano más pronta al ápice del racimo.
- **Análisis marginal:** para esta variable se tomó como dato la cantidad de KCl utilizado en el estudio de Chávez Reyes (2013). Se dio valor económico en 2015 al igual que al subsolado utilizado y se procedió al análisis. Para la evaluación de rentabilidad del estudio, se realizaron los cálculos de rendimiento de los tratamientos y se restaron con los costos totales, para obtener los beneficios netos, este dato se utilizó para realizar el análisis de dominancia, comparando el beneficio neto de cada tratamiento con sus costos totales, ordenando de menor a mayor los tratamientos con base en sus costos totales. Los tratamientos que costaron más que el anterior, pero que tuvieron un beneficio neto asociado más bajo que el anterior, se dice que son dominados y se excluyeron de la parte del análisis de retorno. Con los tratamientos dominantes, se calculó la TMR (Tasa Marginal de Retorno) se procedió comenzando con los tratamientos de menor costo, siguiendo con el próximo más alto, la TMR fue calculada expresando la diferencia entre los beneficios netos de ambas como un porcentaje del costo total adicional. La tasa marginal de retorno calculada le da al agricultor una indicación de lo que puede esperar recibir, en promedio, al cambiar de tratamiento (Evans 2015)

Tratamientos. Se evaluó una parcela en la que se utilizó un sistema de labranza profunda con subsolador comparada a una parcela que no tuvo esta labranza profunda, además se utilizaron cuatro dosis de K_2O (0, 300, 600 y 900 kg/ha) cada uno con cuatro repeticiones en cada sistema de labranza profunda completando ocho tratamientos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Tratamientos realizados en la investigación, lote 0, unidad de Olericultura, EAP, Zamorano, Honduras

Tratamientos	
Suelo	Dosis de K ₂ O (kg.ha ⁻¹)
Subsolado	0
Subsolado	300
Subsolado	600
Subsolado	900
No subsolado	0
No subsolado	300
No subsolado	600
No subsolado	900

Diseño Experimental. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar (DCA) con un arreglo factorial de dos por cuatro, dos sistemas de labranza profunda y cuatro dosis de K₂O con cuatro repeticiones, completando un total de 32 unidades experimentales (Figura 2).

Rep	Dosis de potasio : kg de K ₂ O/ha							
4	0	300	600	900	0	300	600	900
3	300	600	900	0	300	600	900	0
2	600	900	0	300	600	900	0	300
1	900	0	300	600	900	0	300	600

Parcela subsolada

Parcela no subsolada

Figura 3. Ubicación de los tratamientos en la investigación sobre el efecto de K₂O y labranza profunda en el rendimiento de banano, lote 0, unidad de Olericultura, EAP Zamorano, Honduras.

Análisis Estadístico. Para analizar la información obtenida se utilizó el programa “Statistical Analysis System” (SAS versión 9.3[®]), se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) con un Modelo Lineal General (GLM), el nivel de significancia fue de (P<0.05) y como separación de media se recurrió a LSMeans.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Días desde siembra a embolse. Los tratamientos que tuvieron menos días a embolse fueron los tratamientos con 0 kg de K_2O subsolado, de igual forma que el tratamiento con 300 kg de K_2O subsolado a diferencia del tratamiento 900 kg de K_2O el cual obtuvo más días a embolse, estos tratamientos fueron estadísticamente diferentes a los demás $P < 0.05$ (Cuadro 3).

Días desde embolse a cosecha. El tratamiento en el cual el racimo se desarrolló con menos días desde el embolse de la planta a la cosecha fue el tratamiento con 900 kg de K_2O subsolado, el mismo que obtuvo una diferencia significativa $P < 0.05$ (Cuadro 3).

Días desde siembra a cosecha. Los tratamientos con menos días totales, desde la siembra a la cosecha fueron los tratamientos de 0 kg de K_2O subsolado y el tratamiento con 300 kg de K_2O subsolado. El tratamiento que obtuvo el mayor número de días fue el de 900 kg de K_2O subsolado, siendo estos estadísticamente diferentes a los demás tratamientos $P < 0.05$ (Cuadro 3).

Para las variables agronómicas mencionadas anteriormente se encontró que el subsolado no tuvo significancia, sin embargo las dosis de K_2O y la interacción de subsolado con dosis de K_2O fue alta en los resultados de dichas variables (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto de la aplicación de cuatro dosis de K₂O, bajo dos sistemas de labranza, en rendimiento de banano sobre las variables agronómicas de días a embolse, días a cosecha y días totales, lote 0, unidad de Olericultura, EAP, Zamorano, Honduras.

Tratamientos		Variables Agronómicas		
Subsolado	K ₂ O kg.ha ⁻¹	Días desde siembra a embolse	Días desde embolse a cosecha	Días desde siembra a cosecha
NO	0	242 b [‡]	89 b	332 b
NO	300	237 c	90 ab	327 c
NO	600	235 c	91 ab	326 c
NO	900	238 c	90 b	327 c
SI	0	224 e	90 ab	315 e
SI	300	229 d	91 a	320 d
SI	600	240 bc	90 ab	331 b
SI	900	257 a	87 c	345 a
R ²		0.79	0.28	0.81
CV		3.08	2.93	1.89
Subsolado		ns	ns	ns
Dosis K ₂ O		***	***	***
Subs*Dosis		***	**	***

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

R² Coeficiente de determinación; CV Coeficiente de variación

ns No significativo ** Moderadamente significativo *** Altamente significativo

Número de hojas por planta. Esta variable es dependiente del manejo cultural de la plantación y del índice de infección de la misma. Al momento de la cosecha se busca que la planta tenga el mayor número de hojas funcionales. Esto lo confirman Calvo *et al.* (2001) quienes demostraron que técnicas alternas al deshoje tradicional, como cirugía, despunte y deslaminado, la deshoja moderada y deshoja leve, son métodos de defoliación abióticos que disminuyen la severidad de la Sigatoka negra en forma diferencial, sin afectar el peso del racimo. En la plantación del estudio se encontró que los tratamientos no poseen una diferencia significativa en las variables agronómicas de número de hojas funcionales y hojas no funcionales, de igual forma que las dosis de K₂O y la interacción subsolado con dosis de K₂O no influyeron en el resultado de las variables, sin embargo el subsolado si mostró diferencia significativa con la variable número de hojas funcionales (Cuadro 4).

Cuadro 4. Efecto de la aplicación de cuatro dosis de K₂O, bajo dos sistemas de labranza, en las variables agronómicas de número de hojas funcionales y no funcionales en planta de banano al momento de la cosecha, lote 0, unidad de Olericultura, EAP, Zamorano, Honduras.

Tratamientos		Variables Agronómicas	
Subsolado	K ₂ O kg.ha ⁻¹	Hojas funcionales	Hojas no funcionales
NO	0	3.3 abc [‡]	1.7 ab
NO	300	2.8 c	1.6 ab
NO	600	3.0 bc	1.6 ab
NO	900	3.2 abc	1.9 ab
SI	0	3.1 abc	2.0 a
SI	300	3.3 abc	1.9 ab
SI	600	3.3 ab	1.8 ab
SI	900	3.7 a	1.4 b
R ²		0.12	0.09
CV		35.80	54.91
Subsoleo		*	ns
Dosis K ₂ O		ns	ns
Subs*Dosis		ns	ns

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

R² Coeficiente de determinación; CV Coeficiente de variación

ns No significativo * Significativo

Peso del racimo, peso del raquis y peso comercial (kg). En las tres variables agronómicas de peso del racimo, peso comercial y peso del raquis, se observa el mismo comportamientos siendo el tratamiento de 0 kg de K₂O subsolado el que presentó una diferencia significativa entre tratamientos P<0.05 siendo el tratamiento con mayor peso, al contrario del tratamiento de 900 kg de K₂O subsolado que presentó una diferencia significativa P<0.05 menor a los demás, esto lo comprueba Espinosa y Mite (2002) quienes concluyeron que el punto más alto de la curva de rendimiento se encontró entre 600 a 700 kg de K₂O, después de esta cantidad, el exceso de fertilizante tiene un efecto negativo en la curva, haciendo que descienda. Esta es la tendencia que se observó en las variables (Cuadro 5).

Peso fruta (t/ha). En esta variable no se encontró una diferencia significativa amplia entre tratamientos, a diferencia del tratamiento 0 kg de K₂O no subsolado que presentó una diferencia significativa en comparación con los otros tratamientos, siendo este el valor más bajo P<0.05 (Cuadro 5).

En las variables de producción mencionadas anteriormente se encontró que el subsoleo no obtuvo una diferencia significativa en los resultados de las variables peso de racimo, peso de raquis y peso comercial (kg), sin embargo, en la variable peso comercial en t.ha⁻¹ si tuvo una relación en los resultados. Las dosis de K₂O y la interacción de subsolado con dosis de K₂O si obtuvieron una significancia en los resultados obtenidos (Cuadro 5).

Cuadro 5. Efecto de la aplicación de cuatro dosis de K₂O, bajo dos sistemas de labranza, en las variables de producción de racimo, raquis y peso comercial de banano, lote 0, unidad de Olericultura, EAP, Zamorano, Honduras.

Tratamientos		Variables de Producción			
Subsolado	K ₂ O kg.ha ⁻¹	Racimo (kg)	Raquis (kg)	Peso comercial	
				(kg)	(t.ha ⁻¹)
NO	0	15.3 b [‡]	0.8 c	14.5 b	37.5 b
NO	300	15.8 b	0.9 c	14.9 b	71.5 a
NO	600	16.5 b	0.9 bc	15.6 b	75.0 a
NO	900	16.4 b	1.0 b	15.4 b	67.8 a
SI	0	18.3 a	1.4 a	16.9 a	69.3 a
SI	300	16.7 b	1.0 b	15.7 ab	70.0 a
SI	600	15.8 b	0.8 c	15.0 b	74.3 a
SI	900	13.5 c	0.7 d	12.8 c	65.3 a
R ²		0.29	0.51	0.26	0.76
CV		18.29	27.88	18.5	12.38
Subsoleo		ns	ns	ns	*
Dosis K ₂ O		*	***	**	**
Subs*Dosis		***	***	***	**

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

R² Coeficiente de determinación; CV Coeficiente de variación; ns No significativo
 * Significativo ** Medianamente significativo *** Altamente significativo

Peso promedio de mano (kg). El tratamiento 900 kg de K₂O subsolado, presentó el peso más bajo siendo significativamente diferente a los demás tratamientos P<0.05, (Cuadro 6).

Número de mano. Los tratamientos no tuvieron diferencias significativas entre sí (P>0.05), (Cuadro 6).

Para las dos variables mencionadas anteriormente se encontró, que el subsolado no poseía una diferencia significativa en los resultados obtenidos, sin embargo para la variable peso promedio de manos (kg) se obtuvo que las dosis de K₂O y la interacción de dosis de K₂O con subsolado presentaron una alta significancia en los resultados de la variable, en diferencia con la variable número de manos en la cual no tuvieron diferencia significativa.

Cuadro 6. Efecto de la aplicación de cuatro dosis de K₂O, bajo dos sistemas de labranza, en las variables agronómicas de peso promedio de mano y número de manos de banano, lote 0, unidad de Olericultura, EAP, Zamorano, Honduras.

Tratamientos		Variables Agronómicas	
Subsolado	K ₂ O kg.ha ⁻¹	Peso promedio de mano (kg)	Número de manos
NO	0	2.1 d [‡]	6.8 abc
NO	300	2.2 bcd	6.8 abc
NO	600	2.3 abc	6.7 bc
NO	900	2.2 bcd	7.0 a
SI	0	2.5 a	6.9 abc
SI	300	2.4 ab	6.7 c
SI	600	2.2 cd	7.1 a
SI	900	1.8 e	7.1 a
R ²		0.34	0.14
C.V.		17.29	8.99
Subsoleo		ns	ns
Dosis K ₂ O		***	ns
Subs*Dosis		***	ns

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

R² Coeficiente de determinación; CV Coeficiente de variación,

ns No significativo *** Altamente significativo

Número de dedos de la primera y cuarta mano. Los resultados del análisis estadístico determinaron que no existe una diferencia significativa entre los tratamientos de ambas variables (Cuadro 7; Cuadro 8).

Longitud del dedo central de la primera y cuarta mano (cm). Los resultados del análisis estadístico determinaron que no existe una diferencia significativa entre los tratamientos de ambas variables (Cuadro 7; Cuadro 8).

Diámetro del dedo central de la primera y cuarta mano (mm). Para la variable de diámetro del dedo central de la cuarta mano se concluyó que el tratamiento 0 kg de K₂O subsolado, presentó una diferencia significativa con respecto a los demás tratamientos P<0.05 (Cuadro 7; Cuadro 8).

La plantación establecida tuvo un mal manejo de desmane en los racimos, esto, se ve reflejado en los resultados de las variables de número de dedos, longitud y diámetro de los dedos centrales de la primera y cuarta mano, ya que como lo confirma Sierra (1993). El desmane es una práctica cultural que consiste en eliminar o podar una o varias manos durante la labor de protección de fruta. Se eliminan las manos apicales que generalmente no cumplen con las especificaciones del largo del dedo exigidas en los mercados para bananos de exportación. De otra forma Rodríguez *et al.* (1988), establecen que la práctica de desmane se entiende como la eliminación de varias manos distales, para que la materia seca no utilizable comercialmente se distribuya entre las manos que permanecen en el racimo, que deben aumentar su tamaño. De esta forma al realizar una práctica de desmane en la plantación, el peso de los racimos incrementa notoriamente.

Cuadro 7. Efecto de la aplicación de cuatro dosis de K₂O, bajo dos sistemas de labranza, en las variables agronómicas de número de dedos, longitud del dedo central y diámetro del dedo central de la primera mano, lote 0, unidad de Olericultura, EAP, Zamorano, Honduras.

Tratamientos		Variables agronómicas		
Subsolado	K ₂ O kg.ha ⁻¹	Número de dedos	Longitud del dedo central (cm)	Diámetro del dedo central (mm)
NO	0	20 ab [‡]	18.4 b	29.3 bcd
NO	300	20 ab	18.6 b	28.6 cd
NO	600	21 ab	18.5 b	29.9 ab
NO	900	20 b	19.0 ab	29.7 bc
SI	0	20 ab	19.5 a	31.1 a
SI	300	22 a	19.0 ab	29.0 bcd
SI	600	21 ab	18.5 b	28.7 bcd
SI	900	19 b	18.3 b	28.4 d
R ²		0.05	0.12	0.19
C.V.		24.21	9.94	8.56
Subsoleo		ns	ns	ns
Dosis K ₂ O		ns	ns	*
Subs/Dosis		ns	ns	**

[‡] Valores con diferentes letras en la misma columna, estadísticamente son diferentes entre sí (P<0.05) R² Coeficiente de determinación; CV Coeficiente de variación, ns No significativo * Significativo. ** Medianamente significativo

Cuadro 8. Efecto de la aplicación de cuatro dosis de K₂O, bajo dos sistemas de labranza, en las variables agronómicas de número de dedos, longitud del dedo central y diámetro del dedo central de la cuarta mano, lote 0, unidad de Olericultura, EAP, Zamorano, Honduras.

Tratamientos		Variables agronómicas		
Subsolado	K ₂ O kg.ha ⁻¹	Número de dedos	Longitud del dedo central (cm)	Diámetro del dedo central (mm)
NO	0	16 b [‡]	17.9 ab	28.4 bc
NO	300	16 ab	17.8 b	28.1 bc
NO	600	16 ab	18.2 ab	28.6 bc
NO	900	16 b	19.0 a	29.0 b
SI	0	17 ab	18.3 ab	30.4 a
SI	300	18 a	18.2 ab	28.5 bc
SI	600	17 ab	17.7 b	28.7 bc
SI	900	16 ab	17.2 b	27.8 c
R ²		0.07	0.12	0.21
C.V.		22.24	12.42	8.71
Subsoleo		*	ns	ns
Dosis K ₂ O		ns	ns	ns
Subs/Dosis		ns	*	*

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

R² Coeficiente de determinación; CV Coeficiente de variación

ns No significativo * Significativo

Análisis marginal de costos. Se asignó un nombre a cada tratamiento para referirlo como tecnología asociado al rendimiento en toneladas por hectárea (Cuadro 9),

Cuadro 9. Efecto de la aplicación de cuatro dosis de K_2O , bajo dos sistemas de labranza, en la variable de rendimiento de banano, lote 0, unidad de Olericultura, EAP, Zamorano, Honduras.

Tecnología	Descripción tratamiento	Rendimiento t.ha ⁻¹
1	Si Subsoleo 0 K_2O	69.25
2	Si Subsoleo 300 K_2O	70.00
3	Si Subsoleo 600 K_2O	74.25
4	Si Subsoleo 900 K_2O	65.25
5	No Subsoleo 0 K_2O	37.50
6	No Subsoleo 300 K_2O	71.50
7	No Subsoleo 600 K_2O	75.00
8	No Subsoleo 900 K_2O	67.75

El cálculo de beneficio neto con mayor resultado fue el tratamiento con 600 kg de K_2O en un suelo no subsolado y el que obtuvo un valor más bajo fue el tratamiento de 0 kg de K_2O (cuadro 10)

Cuadro 10. Cálculo de los beneficios netos obtenidos sobre el efecto de la aplicación de cuatro dosis de K₂O, bajo dos sistemas de labranza, en el rendimiento de banano, lote 0, unidad de Olericultura, EAP, Zamorano, Honduras.

Actividad	Unidad	Tecnologías							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Subsoleo		Si	Si	Si	Si	No	No	No	No
K ₂ O		0	300	600	900	0	300	600	900
Producción	t.ha ⁻¹	69.3	70.0	74.3	65.3	37.5	71.5	75.0	67.8
Beneficio Bruto en campo	\$.ha ⁻¹	7,217.1	7,295.2	7,738.1	6,800.2	3,908.2	7,451.5	7,816.3	7,060.7
Cantidad KCl	kg.ha ⁻¹	-	500.0	1,000.0	1,500.0	-	500.0	1,000.0	1,500.0
Costo KCl	\$.ha ⁻¹	-	290.7	581.4	872.0	-	290.7	581.4	872.0
Costo Subsoleo	\$.ha ⁻¹	120.0	120.0	120.0	120.0	-	-	-	-
Costos Totales que varían	\$.ha ⁻¹	120.0	410.7	701.4	992.0	-	290.7	581.4	872.0
Beneficio neto	\$.ha ⁻¹	7,097.1	6,884.5	7,036.8	5,808.1	3,908.2	7,160.9	7,234.9	6,188.7

[¥] El precio de venta de banano internamente EAP, Zamorano, Honduras fue de \$ 0.05 por libra.

^ª El precio de KCl granulado, según el sistema de información de mercados de productos agrícolas de Honduras (SIMPAH) al 02 de octubre de 2015 fue de \$ 25 el saco de 43 kg.

El análisis de dominancia resultó en que las tecnologías 5 (No subsolado, 0 kg de K₂O), 1 (Si subsolado, 0 kg de K₂O), 6 (No subsolado, 300 kg de K₂O) y 7 (No subsolado, 600 kg de K₂O) son dominantes ante las demás tecnologías (Cuadro 11), por tal motivo las tecnologías dominadas se excluyeron para la evaluación de la tasa marginal de retorno (TMR), (Cuadro 12).

Cuadro 11. Efecto de la aplicación de cuatro dosis de K₂O, bajo dos sistemas de labranza, en la variable de rendimiento de banano, lote 0, unidad de Olericultura, EAP, Zamorano, Honduras.

Tecnología	Tratamiento	Costos totales que varían (\$)	Beneficio Neto (\$)	Evaluación
5	No 0	-	3,908	Dominante
1	Si 0	120	7,097	Dominante
6	No 300	291	7,161	Dominante
2	Si 300	411	6,885	Dominado
7	No 600	581	7,235	Dominante
3	Si 600	701	7,037	Dominado
8	No 900	872	6,189	Dominado
4	Si 900	992	5,808	Dominado

Para recomendar una tecnología al productor es aconsejable que el investigador conozca lo que el productor considera una tasa de retorno mínima aceptable, los estudios previos vieron que la tasa mínima esta entre 50% y 100%. Si la tecnología es nueva y requiere del aprendizaje de nuevas habilidades, entonces el límite superior es el adecuado, en casos donde el cambio de tecnología simplemente represente un ajuste, ya sea la utilización de una nueva dosis de fertilizante, el límite inferior es el recomendable (Evans 2015). Para el presente estudio se tomó una tasa de retorno mínima aceptable (TRMA) del 50%, por tal motivo el único tratamiento que cumple con la TRMA es el tratamiento de 0 kg de K₂O subsolado, sin embargo si la TMRA del productor se encuentra al 37% se recomienda el tratamiento de 300 kg de K₂O no subsolado (Cuadro 12).

Cuadro 12. Tasa marginal de retorno (TMR), sobre el efecto de la aplicación de cuatro dosis de K₂O, bajo dos sistemas de labranza, en rendimiento de banano, lote 0, unidad de Olericultura, EAP, Zamorano, Honduras.

Tecnología	Tratamiento	Costos totales que varían		Beneficio neto (\$·ha ⁻¹)	TMR	
		(\$·ha ⁻¹)	(\$/cambio)		(\$/cambio)	(%)
5	No 0	-	0	3,908		
1	Si 0	120	120	7,097	3,189	2657%
6	No 300	291	171	7,161	64	37%
7	No 600	581	290	7,235	74	26%

4. CONCLUSIONES

- Existe una respuesta positiva en la producción de banano a la aplicación de potasio en suelos ricos en este elemento. En suelos con alto contenido de potasio y compactados, es necesario subsolar para hacer disponible el elemento.
- Existe una respuesta positiva en la producción de banano al subsolar cuando los suelos están compactados. Al no subsolar es necesario subir la dosis de K_2O desde 300 hasta 600 $kg\cdot ha^{-1}$ para tener una respuesta en la producción.
- La adecuación del terreno previo a siembra y aplicación de K en la etapa vegetativa del cultivo, mantienen su efecto hasta la cosecha.
- El tratamiento que obtuvo una mayor tasa marginal de retorno fue el de 0 kg de K_2O subsolado

5. RECOMENDACIONES

- Subsolar terrenos compactados para hacer disponibles los nutrientes y reducir la aplicación de fertilizantes.
- Realizar estudio para determinar el periodo útil entre subsoleo en este tipo de suelo.
- Unificar el manejo de campo realizando un desmane previo a los racimos antes de la cosecha, para evitar la variación de datos de peso de manos y número de manos.
- Cumplir estrictamente con las labores culturales diarias de la plantación.

6. LITERATURA CITADA

Calvo, C., E. Bolaños. y M. Pinto. 2001. Comparación de tres métodos de deshoja en banano (Musa AAA): Su efecto sobre el combate de la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*, Morelet) y sobre la calidad de la fruta. Corbana 27(54), 1-12

Chávez Reyes, M.T. 2013. Efecto de la aplicación de diferentes dosis de potasio en Banano, bajo dos sistemas de labranza, en suelos ricos en potasio. Zamorano, Honduras. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 18 p.

Espinosa, J. y F. Mite. 2002. Estado actual y futuro de la nutrición y fertilización del banano. Informaciones Agronómicas del Instituto de la Potasa y el Fósforo. Colombia, 48 p.

Evans, A. 2015. Análisis marginal: Un procedimiento económico para seleccionar tecnologías o prácticas alternativas. Universidad de la Florida (UF/IUFAS), Gainesville, Estados Unidos.

FAO 2015. ¿Por qué un foro permanente sobre el banano? (en línea). Consultado el 5 de mayo del 2015. Disponible en: <http://www.fao.org/economic/worldbananaforum/wbf-aboutus/msf-history/beforewbf/es/>.

Galarza Brito, P.J. 2011. Efecto del subsoleo y cultivo de cobertura (*Dolichos lablab*) en las propiedades físicas del suelo y producción de maíz cv. 30F32WHR, Zamorano, Honduras. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 23 p.

López, A. y J. Espinosa. 1995. Respuesta del banano al potasio (en línea). Consultado el 15 de junio del 2015. Disponible en: [http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/0788fd8caeaf69705257a370058dad2/\\$FILE/Respuestabanano.pdf](http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/0788fd8caeaf69705257a370058dad2/$FILE/Respuestabanano.pdf)

López, A. y J. Espinosa. 1998. Respuesta del banano al potasio *In*: W. Salvatierra (ed) Incremento de la productividad del banano mediante el uso eficiente de la fertilización con N, K y densidades altas de plantas. Manabí, Ecuador.

Rodríguez J.A., H. Irizarry y E. Rivera. 1988. Efecto de la poda de manos en el rendimiento y calidad de las frutas del plátano (Musa acuminata x Musa balbisiana, AAB). in ACORBAT. Medellín, Colombia, p. 537-541.

Sierra, L. 1993. El cultivo del banano producción y comercio. Medellín, Colombia, p. 679.

SIMPAH 2015. Reporte semanal de precios de venta de insumos agrícolas (en línea). Consultado el 2 de octubre de 2015. Disponible en:
http://www.fhia.org.hn/downloads/simpah_pdfs/1.8.TGAZB_INS.pdf

Vargas, A., H. Valle y M. González. 2010. Efecto del color y de la densidad del polietileno de fundas para cubrir el racimo sobre dimensiones, presentación y calidad poscosecha de frutos de banano y plátano. Corporación bananera nacional. Costa Rica.

Walmsley, D. y I. Twyford. 1968. Translocation of phosphorus within a stool of robusta bananas. *Tropical Agriculture*. 45: 223-228. 318.

7. ANEXOS

Anexo 1. Dosificación y fraccionamiento de KCl en banano, lote 0, unidad de Olericultura, EAP Zamorano, Honduras.

Semana	Fraccionamiento en %	KCl kg/ha/sem.		
		K-300 kg/ha	K-600 kg/ha	K-900 kg/ha
1-4	2	114	228	343
5-8	3	162	324	486
9 -12	5	244	489	733
13-16	13	707	1,415	2,122
17-24	17	903	1,806	2,709
25-39	18	987	1,974	2,966
40-49	22	1,197	2,394	3,591
50-52	20	1,046	2,092	3,137
Total	100	5,361	10,722	16,088

Fuente: Chávez Reyes (2013).

Anexo 2. Análisis de suelo del lote 0, unidad de Olericultura, EAP Zamorano, Honduras.

pH (H ₂ O)	% M.O. [¥]		mg/Kg (extractable)									
	N _{total}		P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Fe	Mn	Zn	
5.78	Medio	Bajo	Medio	Alto	Medio	Bajo	Normal	Medio	Alto	Alto	Medio	
	2.77	0.14	15	461	1500	180	107	3	281	176	2.7	

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos, Zamorano. [¥] Materia Orgánica.