

**RESPUESTA DE LA FERTILIZACIÓN AL SUELO EN EL CRECIMIENTO Y  
RENDIMIENTO DE LA PRIMERA GENERACIÓN DEL CULTIVO DE PLÁTANO  
(*Musa AAB*) EN LA ZONA DE SAN CARLOS, COSTA RICA”  
Código 5402-2151-7801**



Plantación joven de cultivo de plátano de los ensayos. La Fortuna, San Carlos.  
Foto: P. Furcal. Agosto de 2008.

**Ing. Parménides Furcal B., M.Sc. Instituto Tecnológico de Costa Rica, TEC. Escuela de  
Agronomía, Sede San Carlos.  
Alejandro Barquero Badilla. Estudiante de Agronomía, TEC, Sede San Carlos.**

**Informe elaborado por:**

**Ing. Parménides Furcal B., M.Sc. Instituto Tecnológico de Costa Rica, TEC. Escuela de  
Agronomía, Sede San Carlos.**

**Octubre de 2010**

## Tabla de contenido

Lista de cuadros

Lista de figuras

Anexos

Agradecimiento

Resumen.....	1
1. Introducción.....	3
2. Revisión de literatura.....	5
2.1. Pseudotallo.....	5
2.1. Desarrollo del fruto.....	5
2.3. Condiciones climáticas.....	5
2.4. Exigencias edafológicas.....	6
2.5. Manejo de la fertilización en plátano.....	6
3. Materiales y métodos.....	9
3.1. Localización y material experimental.....	9
3.2. Diseño experimental y análisis estadístico de los datos de los experimentos.....	9
3.2.1. Experimento 1. Efecto de la aplicación de N y K en el cultivo.....	10
3.2.2. Experimento 2. Efecto de la aplicación de P y K en el cultivo.....	10
3.2.3. Experimento 3. Efecto de la aplicación de S y K en el cultivo.....	10
3.3. Conducción del cultivo.....	12
3.4. Medición de variables.....	12
4. Resultados y discusión.....	13
4.1. Experimento 1. Nitrógeno y potasio (N y K).....	13
4.2. Experimento 2. Fósforo y potasio (P y K).....	19
4.3. Experimento 3. Azufre y potasio. (S y K).....	21
4.4. Absorción de nutrientes por el cultivo.....	25
4.5. Programa de fertilización.....	29
5. Conclusiones y recomendaciones.....	30
6. Bibliografía.....	33
7. Anexos.....	36

## Lista de cuadros

Cuadro 1. Combinaciones de dosis de nutrimentos (kg/ha) en cada uno de los tratamientos en los tres experimentos. La Fortuna, San Carlos, Costa Rica. Octubre de 2010.....11

Cuadro 2. Absorción total de nutrimentos y porcentaje de extracción de la parte comercial y no comercial del cultivo de plátano en las dos cosechas 2009 y 2010. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.....19

Cuadro 3. Valores medios de las variables de rendimiento, medidas durante los dos períodos de cosechas 2009 y 2010 para los tres experimentos. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.....22

Cuadro 4. Distribución porcentual de la absorción de los elementos nutritivos en las diferentes estructuras de la planta de plátano. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.....26

Cuadro 5. Absorción de cada elemento, aporte por el suelo y por el rastrojo después de la cosecha de plátano, para el cálculo de la necesidad del aporte de fertilizante. La Fortuna, San Carlos Costa Rica. Octubre de 2010. ....29

## LISTA DE FIGURAS

- Fig. 1. Calibre del dedo central de la segunda mano de plátano, según la dosis de N (kg/ha). Tendencia lineal mediante polinomios ortogonales. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.....16
- Fig.2. Peso promedio de racimo de plátano, según la dosis de N (kg/ha). Diferencia significativa para ambas cosechas 2009 y 2010. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.....16
- Fig. 3. Longitud del dedo central de la segunda mano de plátano, según la dosis de N (kg/ha). Diferencia significativa para las dos cosechas 2009 y 2010. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.....16
- Fig. 4. Número de dedos por racimo de plátano, según la dosis de N (kg/ha). Diferencia significativa en las dos cosechas 2009 y 2010. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.....16
- Fig. 5. Altura de seudotallo de la mata de plátano a los cuatro y siete meses en las dos cosechas (2009 y 2010), según la dosis de N (kg/ha). Diferencia significativa. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.....17
- Fig. 6. Grosor de seudotallo de la mata de plátano a los cuatro y siete meses en las dos cosechas (2009 y 2010), según la dosis de N (kg/ha). Diferencia significativa. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.....17
- Fig. 7. Longitud del dedo central de la segunda mano, cosechas 2009 y 2010, según la dosis de K<sub>2</sub>O (kg/ha). Diferencia significativa para la cosecha 2010. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.....17
- Fig. 8. Calibre del dedo central de la segunda mano, cosechas 2009 y 2010, según la dosis de K<sub>2</sub>O. Diferencia significativa para la cosecha 2010. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.....17
- Fig. 9. Síntomas provocado por *Pectobacterium* sp. (syn *Erwinia*) .....18
- Fig.10. Peso promedio de racimo, cosechas 2009 y 2010, según la dosis de K<sub>2</sub>O (kg/ha). Diferencia significativa para la cosecha 2010. Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.....20
- Fig. 11. Longitud del dedo central de la segunda mano, cosechas 2009 y 2010, según la dosis de K<sub>2</sub>O (kg/ha). Diferencia significativa para la cosecha 2010. Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.....20
- Fig. 12. Número de dedos por racimo de plátano, cosechas 2009 y 2010, según la dosis de K<sub>2</sub>O (kg/ha). Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.....21
- Fig. 13. Calibre del dedo central de la segunda mano, cosechas 2009 y 2010, según la dosis de

K <sub>2</sub> O (kg/ha). Diferencia significativa para la cosecha 2010. Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.....	21
Fig. 14. Altura deseudotallo de la mata de plátano a los cuatro y siete meses en la cosecha 2010, según la dosis de potasio (kg/ha). Experimento S-K. Diferencia significativa. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.....	24
Fig. 15. Grosor deseudotallo de la mata de plátano a los cuatro y siete meses en la cosecha 2010, según la dosis de potasio (kg/ha). Experimento S-K. Diferencia significativa. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.....	24
Fig.16. Peso promedio de racimo, cosechas 2009 y 2010, según la dosis de K <sub>2</sub> O (kg/ha). Diferencia significativa para la cosecha 2010. Experimento S-K. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.....	24
Fig.17. Número de dedos por racimo de plátano, cosechas 2009 y 2010, según la dosis de K <sub>2</sub> O (kg/ha). Experimento S-K. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.....	24
Fig.18. Longitud del dedo central de la segunda mano, cosechas 2009 y 2010, según la dosis de K <sub>2</sub> O (kg/ha). Diferencia significativa para la cosecha 2010. Experimento S-K. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.....	24
Fig.19. Calibre del dedo central de la segunda mano, cosechas 2009 y 2010, según la dosis de K <sub>2</sub> O (kg/ha). Diferencia significativa para la cosecha 2010. Experimento S-K. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.....	24
Fig.20. Concentración de N en las hojas a los siete meses de edad, para las dos cosechas 2009 y 2010. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.....	28
Fig. 21. Concentración de K en las hojas a los siete de edad, para las dos cosechas 2009 y 2010. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.....	28
Fig. 22. Concentración de K en las hojas a los siete meses de edad, para las cosechas 2009 y 2010. Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.....	28
Fig. 23. Concentración de K en las hojas a los siete meses de edad, para las cosechas 2009 y 2010. Experimento S-K. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.....	28

## Anexos

Cuadro A1. Resultados de Análisis de suelo del lote donde se desarrollaron los experimentos en plátano. La Fortuna, San Carlos. Marzo de 2008 y Abril de 2009.....	36
Cuadro A2. Análisis de varianza para la variable productiva peso del racimo, N° dedos y longitud dedos. Cosecha 2009. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de 2010.....	36
Cuadro A3. Análisis de varianza para las variables productivas. Experimento N-K. Cosecha 2010. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de 2010.....	38
Cuadro A4. Análisis de varianza para la variable productiva calibre del dedo central de la segunda mano. Cosecha 2009. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de 2010.....	40
Cuadro A5. Prueba de contrastes polinomiales para la variable productiva calibre del dedo central de la segunda mano, según dosis de nitrógeno aplicado. Cosecha 2009 Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de 2010.....	40
Cuadro A6. Pruebas de polinomios ortogonales para las variables productivas Calibre del dedo central. Efecto de N en el nivel de K <sub>2</sub> O cero. Este presentó diferencia significativa. Cosecha 2010. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de 2010.....	41
Cuadro A7. Pruebas de polinomios ortogonales para las variables productivas peso del racimo, número y longitud de dedos. Efecto de N en cada nivel de K <sub>2</sub> O. Cosecha 2010. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de 2010.....	43
Cuadro A8. Análisis de varianza para la variable vegetativa, altura del pseudotallo a los cuatro meses de crecimiento. Cosecha 2009. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de 2010.....	47
Cuadro A9. Análisis de varianza para la variable vegetativa, grosor del pseudotallo a los cuatro meses de crecimiento. Cosecha 2009. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de 2010.....	47
Cuadro A10. Análisis de varianza para las variables de crecimiento Altura y Grosor del pseudotallo a los cuatro meses de edad. Experimento N-K. Cosecha 2010. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de 2010.....	48
Cuadro A11. Pruebas de polinomios ortogonales para las variables productivas longitud y calibre del dedo central de la segunda mano. Efecto de K <sub>2</sub> O en cada nivel de N. Cosecha 2010. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de 2010.....	49

Cuadro A12. Reporte de análisis de tejidos en planta de plátano al momento de la cosecha de 2009. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de 2010.....	52
Cuadro A13. Reporte de análisis de tejidos en planta de plátano al momento de la cosecha de 2010. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de 2010.....	53
Cuadro A14. Análisis de varianza para la variable vegetativa, altura y grosor del pseudotallo a los cuatro meses de crecimiento. Cosecha 2009. Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.....	54
Cuadro A15. Análisis de varianza para las variables de crecimiento y rendimiento. Experimento P-K. Cosecha 2010. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de 2010.....	55
Cuadro A16. Pruebas de polinomios ortogonales para las variables de rendimiento. Efecto de $K_2O$ en cada nivel de $P_2O_5$ . Cosecha 2010. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de 2010.....	58
Cuadro A17. Resultados de análisis químico foliar al inicio de la floración (siete meses). Experimento P-K. Cosecha de 2009. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de 2010.....	62
Cuadro A18. Resultados de análisis químico foliar al inicio de la floración (siete meses). Experimento P-K. Cosecha de 2010. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de 2010.....	63
Cuadro A19. Análisis de varianza para la variable productiva peso del racimo. Cosecha 2009. Experimento S-K. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de 2010.....	64
Cuadro A20. Análisis de varianza para las variables de crecimiento y rendimiento. Experimento S-K. Cosecha 2010. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de 2010.....	65
Cuadro A21. Pruebas de polinomio ortogonales para las variables de rendimiento. Efecto de $K_2O$ en cada nivel de S. Cosecha 2010. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de 2010. ....	68
Cuadro A22. Peso seco total por planta de plátano en ambas cosechas 2009 y 2010. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de 2010.....	70
Cuadro A23. Resultados de análisis químico foliar al inicio de la floración (siete meses). Experimento N-K. Cosecha de 2009. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de 2010.....	71
Cuadro A24. Resultados de análisis químico foliar al inicio de la floración (siete meses). Experimento N-K. Cosecha de 2010. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de 2010.....	72

Cuadro A25. Resultados de análisis químico foliar al inicio de la floración. (siete meses).  
Experimento S-K. Cosecha de 2009. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de  
2010.....73

Cuadro A26. Resultados de análisis químico foliar al inicio de la floración (siete meses).  
Experimento S-K. Cosecha de 2010. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de  
2010.....74

## **AGRADECIMIENTO**

Se agradece sinceramente al productor Agustín Acosta Vargas, egresado de nuestra Escuela, por brindarnos todas las facilidades en su finca para la ejecución de estos experimentos, igualmente por el aporte de insumos y manos de obra durante el ciclo del cultivo.

De igual forma se agradece al Instituto Tecnológico de Costa Rica, TEC, mediante la Vicerrectoría de Investigación y Extensión y la Escuela de Agronomía, por el apoyo financiero y por las facilidades brindadas para esta investigación, respectivamente.

## RESUMEN

Los suelos del Cantón de San Carlos, presentan condiciones de fertilidad muy variada, debido principalmente a su origen. En algunos distritos como Venecia, parte alta de Aguas Zarcas, La Palmera, Ciudad Quesada, Pocosol y Pital presentan cierta tendencia a ser ácidos, mayormente por bajo contenido de bases y no por saturación de aluminio alto; por el contrario los suelos de La Fortuna, San Josecito de Cutris, Santa Clara y Platanar el problema de acidez es poco marcado y por consiguiente las bases no son tan limitantes como en las otras partes. Sin embargo, es común encontrar en San Carlos que el fósforo es un elemento limitante, igualmente que el zinc (Abopac 2005).

En el caso específico del distrito La Fortuna y poblados vecinos, donde mayormente se produce plátano en San Carlos, los suelos tienen niveles de fertilidad media. No hay problemas de acidez, definido por: el pH y bases con niveles medios, porcentaje de saturación de aluminio y acidez intercambiable con valores bajos. Tan solo el 10% de las muestras de suelos son deficientes en calcio y un 13% deficiente en magnesio y potasio, además de ciertos desbalance entre las bases por deficiencia de magnesio respecto al calcio y al potasio, y del potasio respecto al calcio. El fósforo ( $P_2O_5$ ) es deficiente en el suelo en aproximadamente el 70%, a pesar de eso, existe la ventaja que el cultivo de plátano no es demandante en cantidad importante de este elemento (Espinosa y Belalcázar 1998), bajo esta disyuntiva los productores siempre lo aplican, sin importar el estado en que se encuentra en cada caso en particular y por desconocimiento de respuesta por los cultivos a este elemento.

Según Combatt *et al.* (2004) y Espinosa y Belalcázar (1998), los elementos de mayor consumo y que pueden ser limitantes en el cultivo de plátano son el nitrógeno (N) y el potasio ( $K_2O$ ). El nitrógeno es un elemento normalmente limitante en todos los cultivos y suelos, mayormente en aquellos de bajo contenido en materia orgánica. Este es un cultivo de muy bajo consumo de fósforo y medio en azufre.

Por otro lado, el manejo de la fertilización en el cultivo de plátano en la zona de San Carlos es empírico, no hay estudios que respalden la cantidad y tipo de fertilizante que debe ser usado. Asimismo las aplicaciones se hacen en cualquier fase del cultivo. Esto conlleva a posibles aplicaciones en exceso en aquellos sistemas de producción dedicados a exportación, con potenciales consecuencias negativas sobre el ambiente, debido a las altas precipitaciones y a altos costos en este insumo. Por otro lado, la aplicación de fertilizantes podría ser inferior al necesario en aquellos sistemas dedicados a producción para el consumo local, lo que puede afectar el rendimiento sostenido en el tiempo. Lo expuesto anteriormente, es razón para analizar la forma de fertilización en el cultivo de plátano y otros cultivos, aunado a los altos costos de producción debido a los precios elevados de los fertilizantes que puedan registrarse en el futuro, como sucedió en el período de 2004 a 2008. Al principio y mediados de 2008 hubo un incremento de 67,5%, 374% y 129,3% para el N,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ , respectivamente, aunque en el último trimestre de ese año y principio de 2009, la tendencia alcista se revierte para los dos

primeros elementos, no así para el  $K_2O$  que presenta un incremento adicional de 20,7% (Quirós 2008), similar análisis presentan Caravaca y Arias (2008) y FHIA (2008).

El plátano es un cultivo importante en la Región Huetar Norte, por una parte, por su aporte social al ser cultivado por pequeños productores con posibilidades de diversificación con otras actividades productivas. Por otro lado, al aporte económico que representa pasando de 1.302 ha en 2007 a 1.800 ha en 2008, con exportación en 2007 de 30.187t con un valor cercano a los 13 millones de dólares (Barrientos y Chaves 2008). A nivel nacional, en las áreas dedicadas a exportación el rendimiento oscila ente 9,36 t/ha/año a 21,06 t/ha/año (400 y 900 cajas de 23,4 kg/ha/año). Para el año 2006 el rendimiento promedio nacional se estimó en 8,19 t/ha/año, para exportación el rendimiento promedio fue de 11,7 t/ha/año. Mientras que para la Región Huetar Norte el rendimiento fue de 13,7 t/ha, el cuál es considerado bueno (Araya 2008).

En este proyecto se establecieron niveles de 0,100 y 200 kg/ha de N; 0, 125, 250, 375 kg/ha de  $K_2O$ , dos niveles de  $P_2O_5$  (0 y 70 kg/ha) y dos de S (0 y 30 kg/ha), en busca de respuesta de cada elemento individual o en combinación de N, P y S con el K. Además se determinó la absorción de nutrimentos total y por estructura del cultivo al momento de la cosecha, para llegar a una mejor estimación de los planes de fertilización. Los experimentos de la primera fase se iniciaron en abril de 2008, siembra con cormo de Curraré semi gigante a doble hileras y una densidad de 2.380 ptas./ha. Una segunda fase, para confirmar los resultados obtenidos en esta primera parte se sembró en mayo de 2009, siembra con cormo también a doble hilera, pero con una densidad de 2.223 ptas./ha. El suelo donde se sembró el cultivo tiene fertilidad media, con pH en agua de 5,7 y 5,9, materia orgánica 3,2% y 3,4%, 0,36 y 0,38 cmol(+)/l de potasio, 4 y 5 mg/l de fósforo, obtenido por el método de Olsen modificado, sumatoria de bases (Ca, Mg y K) de 9,07 y 12,16 cmol(+)/l (Anexo A1). Los resultados indican que hubo respuesta a la fertilización con las dosis de nitrógeno (100 y 200 kg/ha) en ambas siembras, por el contrario no hubo efecto significativo a las dosis de 125, 250 y 375 kg/ha de potasio ( $K_2O$ ) en la primera siembra, pero sí en la segunda siembra. Igualmente no hubo respuesta a la utilización de 70 kg de  $P_2O_5$ /ha, ni a 30 kg de S/ha en ninguna de las dos siembras. Al momento de la cosecha, se analizaron en forma independiente, las partes de tres plantas en cada cosecha, para determinar la absorción y la extracción del cultivo. En orden descendente el cultivo absorbió (kg/ha): 452,39; 93,07; 51,86; 17,99; 10,21; 6,51; 4,99 y 1,94 de K, N, Ca, Mg, P, S, Fe y Mn, respectivamente en la primera cosecha; en ese mismo orden, en la segunda cosecha absorbió 237,73, 102,56, 41,4, 35,71, 10,83, 7,44, 5,64 y 1,53 kg/ha. En la primera cosecha se presentó una afectación bacteriana que pudo interrumpir la translocación del potasio al fruto.

Para el caso de Zn, B y Cu la absorción fue de 201; 81 y 31 g/ha respectivamente, en la primera cosecha; para la segunda cosecha la absorción de estos micronutrientes fue de 117, 111 y 74 g/ha para Zn, B y Cu respectivamente, con un rendimiento de 20 y 36,6 t/ha de producto comercial para la primera y segunda cosecha. En el sistema de producción donde se estableció el estudio, la parte retornable al suelo es importante considerarla para la elaboración de los planes de fertilización, puesto que se retorna el 69,41%; 52,89%; 96,75%, 80,23% y 71% del N, P, Ca, K y

Mg absorbido, respectivamente. En la segunda cosecha el retorno al suelo fue de: 43,87%, 28,14%, 93,38%, 34% y 76% en el mismo orden anterior. Se observa que hubo diferencia en algunos elementos de una cosecha a otra, esto es debido a la disminución en la concentración de elementos o de materia seca en algunos tejidos en la cosecha 2010 y al aumento de materia seca en el racimo en esa misma cosecha, quizás por la afectación de la enfermedad en la primera cosecha, como se indicó en el párrafo anterior..

Palabras claves: fertilización, plátano, absorción, nitrógeno, potasio, fósforo, azufre.

## 1. Introducción

El crecimiento, desarrollo y producción del cultivo de plátano, igual que cualquier otro cultivo, está gobernado por la interacción de los principales factores climáticos de la zona de producción (temperatura, radiación solar, altitud, humedad relativa, precipitación y viento), factores que conjuntamente con el genotipo, el suelo y las prácticas culturales, actúan directamente en los procesos fisiológicos de esta planta para definir el rendimiento y la calidad de la cosecha.

A raíz de la presencia de factores agroecológicos favorables y nichos de mercado, es que el plátano (*Musa* AAB) se ha convertido en una alternativa de producción en la zona Huetar Norte y Atlántica de Costa Rica, la primera representa el 25% de la producción nacional y la zona Atlántica entre el 50 y 51%, porcentajes restantes indican un 12% en la región Brunca y 13% distribuido en el resto del país (Barrientos y Chaves 2008, CNP 2009).

El área destinada a la siembra de este cultivo en la zona norte es de 1.800 ha y en el cantón de San Carlos 920 ha, con la participación de pequeños productores en esta actividad (PITTA-Plátano 2003 y 2005, mencionado por Muñoz, 2007). En el 2004, la exportación de plátano ocupó el séptimo lugar en generación de divisas al país dentro del sector agrícola; mientras que en exportación del producto en tonelada métrica ocupó el octavo lugar. El promedio de siembra entre 1998 y 2004 fue estimada en 9.821 ha, con un rango de 8.000 ha a 11.800 ha, con un incremento de siembra entre 1998 y 2004 de 23,8%. Esto representa una producción de 55.920 t en 1998 y de 70.015 t en 2004 (SEPSA 2006), para un incremento en la producción de 14.095 t (20,13%), es evidente que el incremento en la producción se debió al aumento en el área sembrada y no al rendimiento del cultivo. Según Barrientos y Chaves (2008), en la Región Huetar Norte pasó de 21.744 t en 2003 a 30.187 t en 2007, con ingresos de ocho millones y un aproximado de 13 millones, respectivamente.

La magnitud de respuesta del plátano a la fertilización, así como de otros muchos cultivos no es uniforme en todos los suelos, sino que depende del contenido inicial o potencial nutricional de cada suelo (Combatt *et al.* 2004). Bajo esa consideración se debe recomendar aplicación de nutrientes en forma más eficiente y económica utilizando los resultados de análisis de suelos y los niveles óptimos de los elementos importantes para los rendimientos de un cultivo de interés.

Por consiguiente es importante conocer la fertilidad de los suelos y definir los niveles más adecuados de los elementos importantes para el rendimiento económico de un cultivo de interés.

En la actualidad se conocen las características generales de los suelos de la zona, pero no así los niveles de los elementos más importantes en el rendimiento económico del cultivo de plátano en el cantón de San Carlos y cantones vecinos. Por lo anterior, la fertilización entra como una alternativa de investigación dentro del manejo general del cultivo de plátano, con mira a mejorar la productividad y calidad de exportación de este cultivo. En ese sentido, surge la necesidad de establecer este trabajo para definir los niveles de nitrógeno y potasio que son los dos elementos más importantes en la producción del cultivo de plátano, y a la vez definir si es necesario el uso de azufre y de fósforo en la zona para este cultivo, puesto que existen dudas de su necesidad y en el caso del fósforo las dudas persisten aún en suelos con bajo contenido de este elemento. Otra parte que cubre este proyecto es determinar la absorción de nutrimentos total y por estructura de la planta plátano, con el propósito de hacer una mejor estimación de los planes de fertilización del cultivo. Por lo expuesto en este párrafo, se estableció como objetivo general, evaluar la respuesta del cultivo de plátano (*Musa AAB*) a la aplicación de N, P, K y S con base a las exigencias del cultivo. Como objetivos específicos se establecieron:

- Evaluar el efecto de la aplicación de N y K sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de plátano.
- Evaluar el efecto de la aplicación de P en combinación con dosis crecientes de K sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo del plátano.
- Evaluar el efecto de la aplicación de S en combinación con dosis crecientes de K sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo del plátano.
- Estimar la absorción de nutrimentos y la distribución de los mismos en los diferentes órganos de la planta de plátano al momento de la cosecha.
- Proponer un plan de fertilización para el cultivo de plátano para la zona de San Carlos, que sirva de guía para las otras zonas productoras de plátano del país.

Para cumplir con estos objetivos se evaluaron las variables productivas: peso de racimo, número de manos por racimo, número de dedos por racimo, longitud y calibre del dedo central de la segunda mano del racimo. También se evaluaron la altura y el grosor delseudotallo a los 4 y 7 meses de edad, la concentración de nutrientes en las hojas a los siete meses de edad y la absorción de nutrientes total y por estructura de la planta al momento de la cosecha.

## **2. Revisión de literatura**

### **2.1. Pseudotallo**

Según Murillo y Pacheco (1994), el pseudotallo es considerado herbáceo, se origina a partir de cormo carnoso, donde Orozco y Chaverra (1999) definen su función de soporte, conformada debido a la prolongación y modificación de las hojas. Lleno solamente de haces vasculares cuyo destino es el sistema foliar. Estos mismos autores afirman que su altura y grosor están en función al clon, tipo de manejo nutricional y control fitosanitario dado.

### **2.2. Desarrollo del fruto**

Según Orozco y Chaverra (1999), la estructura y desarrollo del fruto del plátano se define de la siguiente manera: Es una baya partenocárpica cuyo desarrollo está condicionado únicamente por la acumulación de pulpa en la cavidad formada por las paredes internas del pericarpio. En un inicio el ovario crece en longitud y diámetro. Durante la primera semana es lento, pero va incrementándose significativamente a partir de la tercera semana. En toda variedad, el número de manos es fijo, y sólo se altera por irregularidades hídricas o en la nutrición. Cuando estas alteraciones se producen después de la floración, puede aumentar o disminuir el número de dedos, pero no el número de manos, que está codificada cuatro meses antes de que se produzca la floración.

### **2.3. Condiciones climáticas**

Según López (2002), el plátano es una planta que se adapta a las condiciones húmedas y cálidas, donde son preferibles las zonas costeras de las regiones tropicales, donde el cultivo se desarrolla en condiciones económicamente óptimas. Según este autor, el cultivo del plátano requiere de alta temperatura considerándose óptima entre los 26 °C y 27 °C.

Smith y Velázquez (2004), indican que la altitud apta para su siembra es de 0 a 400 msnm, moderado de los 400 a 800 msnm y no apto mayor a los 800 msnm, esto bajo condiciones de suelo costarricense.

Según Palencia *et al.* (2006), indican que para condiciones colombianas el período vegetativo del plátano se prolonga 10 días por cada 100 metros de altura sobre el nivel del mar.

Bajo condiciones de penumbra y suelos desfavorables, las plantas llegan a completar su ciclo en un período de 14 meses, en comparación con ocho meses en plantaciones bien iluminadas. En Costa Rica se necesita un mínimo de cuatro horas diarias de luz, con un promedio anual mínimo de 1.500 horas luz (Pardo 1983).

Rodríguez y Guerrero (2002), consideran el viento como un factor determinante al momento de establecer una plantación. Cuando los vientos superan velocidades mayores a 20 km

$h^{-1}$ , no se recomienda establecer plantaciones en áreas expuestas a vientos con este tipo de velocidad, ya que pueden ocasionar grandes daños en las hojas y provocar la caída de las plantas.

Debido a la naturaleza herbácea de la planta, su amplia superficie foliar y su rápido crecimiento, se requiere de grandes cantidades de agua para su adecuado desarrollo. Se recomienda sembrar el plátano en aquellas zonas cuya precipitación oscila entre 1.800 y 3.600 mm de promedio anual, la moderada oscila entre 1.200 a 1.800 y 3.600 a 4.600 mm y la precipitación no apta es menor a 1.200 mm y mayor a 4.600 mm anuales (Smith y Velázquez 2004).

#### **2.4. Exigencias edafológicas**

Según FEDARES (2002), el cultivo del plátano requiere de suelos porosos con baja o nula proporción de piedras, ausencia de horizontes compactados que imposibilitan el desarrollo radical, nivel freático a más de 80 cm de profundidad, con textura media o ligera. Los suelos de estas condiciones abundan en los países centroamericanos.

Las condiciones de pH ideales para el plátano es de 6 a 7,5 (ligeramente ácido a ligeramente alcalino), sin embargo prosperan en suelos con pH de 5 a 8. Terrenos con pH alcalino y altos contenidos de carbonato de calcio provocan clorosis en las plantas (Vásquez *et al.* 2005).

Las deficiencias minerales del suelo, los ácidos húmicos y la aplicación excesiva de productos químicos, pueden retardar el crecimiento de las raíces o inducir a un mal desarrollo de las mismas (Landaverde 2006).

#### **2.5. Manejo de la fertilización en plátano**

Según datos obtenidos por Sancho (1999), la absorción de nutrientes por la planta es lenta durante la emisión de las primeras 16 hojas. Desde este momento la planta incrementa la acumulación de nutrientes, actividad que coincide con la producción de hijos y antecede la fase de diferenciación floral, la cual ocurre alrededor de la emisión de la hoja 22.

Sancho, indica que la mayor absorción de nutrientes ocurre en el periodo entre la emisión de la hoja 16 y la emergencia de la inflorescencia. Con base en estos datos obtenidos a través de las curvas de absorción, Sancho sugirió manejar la práctica de fertilización del cultivar de plátano curraré semi gigante en tres etapas: hasta la apertura de la hoja 15 agregar 10 a 15% del total de fertilizante a aplicar; en el periodo comprendido entre la hoja 15 y la emisión de la hoja 22 el 50% del total y el restante 35 a 40% entre la hoja 24 y la emergencia de la inflorescencia. Es decir, que la mayor absorción de nutrimentos está comprendida entre los 4 y 7.5 meses a partir de la siembra

Combatt *et al* (2004), indica que no es conveniente considerar una dosis general de nutrientes para ser recomendada en busca de altos rendimientos en plátano, debido a que depende

de cada suelo. Opinión similar presenta Espinosa y Belalcázar (1998), en ensayos conducidos a partir de 1998 donde encontraron respuestas al N, K y S. Las respuestas al K fueron buenas, pero aún mejores en combinación con el S en suelos deficientes en este último elemento; basado en estos resultados, los autores expresan que la magnitud de las respuestas no es uniforme en todos los suelos, sino que depende del contenido inicial de nutrientes en los mismos.

En trabajos llevados a cabo en suelos volcánicos, con bajo contenido de boro, alto contenido de bases y desbalance por exceso de potasio respecto al magnesio, no hubo respuesta a la fertilización química de N-P-K. Por otro lado, en suelos del mismo origen, pero con bajo contenido de materia orgánica, deficiente en magnesio y en boro, y en ambos casos con textura franco arenosa, no hubo efecto residual durante 4 ciclos de cultivo con la fertilización química. Se concluye que la falta de respuesta pudo darse a condiciones del medio como desbalance por falta de magnesio, bajos niveles de boro, textura liviana y presencia alta de plagas como nematodos y picudo (Bolaños *et al.* 2002).

Según Belalcázar, (1991), mencionado por Bolaños *et al.* (2002). La planta de plátano durante su ciclo extrae 96,4 g, 11,6 g, 1036,6 g, 158,9 g y 27,9 g de N, P, K, Ca y Mg respectivamente.

Marín y De Roberti (1992), reportan que con el estado nutritivo de la planta de plátano, obtenido mediante análisis foliar y aplicación de fertilizantes, y con los rendimientos del cultivo, se pueden hacer recomendaciones de abonamiento.

En recopilación realizada por Bertsch (2003) del autor Malavolta, publicó que la absorción del cultivo de plátano fue de 1,7; 0,2 y 5.1 kg de N, P y K/t para un rendimiento de 23.3 t/ha; mientras que para un rendimiento de 30 t/ha, reportado por Bertsch (2003) a partir de información de Arzola, la absorción de N, P y K fue de 2,5; 0,3 y 6,3 kg/t. Asimismo reportó que la absorción total de calcio (Ca) fue de 82. kg/ha

Hernández et al (1977), mencionado por Marín y De Roberti (1992), obtuvieron que al aumentar la dosis de nitrógeno aplicada al suelo se incrementó el contenido foliar del mismo de 3,28 a 3,74 en la tercera hoja, pero los contenidos de P y K foliar tendieron a disminuir ligeramente. Ellos encontraron que la aplicación de 150 kg de N/ha alcanzó los mejores rendimientos con 2.400 kg/ha/mes. La aplicación de P al suelo no alteró los niveles de N, P y K en las hojas en ninguna de las etapas del cultivo ni el rendimiento; mientras que la aplicación de K al suelo aumentó significativamente los rendimientos y su concentración en las hojas. Con estos resultados los autores sugieren concentraciones foliares de 3,6; entre 0,20 a 0,27% y entre 3,0 a 4% de N, P y K respectivamente, para obtener buenos rendimientos en los suelos de la serie Chama en Venezuela.

La fertilización nitrogenada es de vital importancia en los procesos fisiológicos de las musáceas. Werner y Fox (1977), citados por Soto (1992) indican que este elemento es indispensable en los primeros meses de crecimiento de la planta, cuando el meristemo está en

desarrollo. Prével (1962,1964), citados por Soto (1992), dice que la planta nueva tiene las mayores necesidades. Soto (1992), comenta que existe una correlación positiva ( $r=0,79$ ) entre la producción de materia seca y el nitrógeno (N) absorbido.

El cultivar de plátano Hartón, sembrado en una zona de bosque húmedo tropical, en un suelo aluvial y con los tratamientos: aplicación de niveles de nitrógeno (0, 100, 200 y 300 kg N/ha/año) y edad de cosecha (1,2 y 3 meses después de la floración), presentó diferencias significativas ( $P<0,01$ ) para la fertilización y edad de cosecha en las variables: peso promedio de racimo (PPR), concentración de N en hojas (CNH) y concentración de N en frutos (CNF). La interacción de los factores no presentó diferencia significativa en PPR. El mayor PPR y las más altas CNH y CNF se alcanzaron con la mayor dosis de nitrógeno (300 kg), logrando valores de CNH y CNF de 3,03, 2,73 y 2,66%, y 0,85, 0,64 y 0,72% para el primer, segundo y tercer mes de cosecha respectivamente, lo que indica que la concentración de N tanto en hojas como en frutos tiende a disminuir con la edad del racimo (Bauer *et al.* 1998).

En un ensayo realizado por Combatt *et al* (2004), con nitrógeno y potasio en cultivo de plátano cultivar Simmonds, en suelos bajos en azufre, fósforo, potasio y materia orgánica se encontró que el mejor rendimiento y la calidad de frutos se produjo con la interacción 200 kg/ha/año de N y de  $K_2O$ , en las variables peso del racimo y longitud del dedo central de la primera mano. Igualmente esta fue la dosis óptima económicamente, seguida por 100 kg de N y 600 kg de  $K_2O$ . De acuerdo a las ecuaciones estimadas estadísticamente, la dosis adecuada de N fue de 300 kg/ha y la de  $K_2O$  se encontró entre 250 y 300 kg/ha para un peso del dedo central de la primera mano de 462 gramos.

El fósforo (P) es de los elementos que determina el crecimiento de la planta, principalmente de sus raíces. El comportamiento de este elemento en las musáceas ha sido muy discutido (Mena 1997).

Se ha determinado que en la planta de plátano los niveles de potasio declinan después de la floración, lo que indica que este elemento es importante en el llenado del fruto. Se puede decir que la deficiencia de potasio afecta el racimo en dos aspectos; en número de manos y en peso total (Mena 1997).

Espinosa y Belálcazar (1998), mencionan que en suelos bajos en azufre (S), la aplicación de este elemento se refleja en la respuesta del cultivo, además de favorecer la absorción de potasio por la planta, se han obtenido mejores rendimientos al combinar dosis alta de S (90 kg/ha), con 150 y 210 kg/ha de N y K, respectivamente, alcanzando rendimiento aproximado de 45 t/ha, para la variedad Hartón en Magdalena, Colombia.

Según Carro (1991), mencionado por Combatt *et al* (2004), se encontró que en la zona de Chinchiná, Colombia, la fertilización en plátano debe hacerse utilizando dosis de potasio de 200 a 400 kg/ha de  $K_2O$  y dosis de alrededor de 75 kg N/ha. Igualmente, se consideró que la interacción N:K es importante en la producción de plátano, obteniéndose los mejores resultados

con relaciones de 1:1, 1:2 y 1:3. En ese sentido Espinosa y Belalcázar (1998), indican que el plátano requiere de 210 a 280 kg de  $K_2O$ /ha, además se reportó que el nivel crítico de este elemento en el suelo, para plátano de alta densidad (3,333 plantas/ha) es de 0,29 meq/100 g de suelo. Estos autores indican que se han hecho experimentos donde se prueba que el plátano tiene baja respuesta al fósforo y que al parecer es general para las musáceas.

### **3. Materiales y métodos**

#### **3.1. Localización y material experimental**

La investigación se realizó en plantas de primera generación en dos ciclos consecutivos (2008/2009 y 2009/2010), en la finca propiedad del señor Agustín Acosta, productor de plátano en la zona de Agua Azul de La Fortuna, San Carlos, Costa Rica. En esta finca se destinó una sección de una hectárea para el establecimiento de los experimentos, en el primer ciclo en el lugar anteriormente se produjo plátano en primera generación (planta madre), con una densidad aproximada de 2000 plantas ha/ha; por el contrario, en el lote donde se instaló el segundo ciclo no hubo cultivo de plátano previo al estudio.

La zona se encuentra en el trópico húmedo, donde las condiciones de los años 2007, 2008 y 2009, indican que la temperatura anual promedio fue de 25 °C, humedad relativa de un 84,9%, la precipitación promedio de 3.815,7 mm anuales, las temperaturas máximas y mínimas oscilaron entre 31,5 y 22 °C, respectivamente. El área experimental se ubica a 165 msnm, en las coordenadas 10,49446° Norte y 084,60069° Oeste.

Los resultados de los análisis hechos antes de la siembra, indicaron que los suelos de la finca donde se desarrolló el estudio tienen fertilidad media, como se presenta en el Anexo 1. Los Análisis químicos del suelo revelaron valores de pH entre 5,7 y 5,9 hecho en agua, 0,36 y 0,38 cmol(+)/l de potasio y sumatoria de bases (Ca, Mg y K) de 12,16 y 9,07 cmol(+)/l

El material de respuesta a la fertilización usado fue el cultivar Curraré semi gigante. Esto debido a que es un material adaptado y sembrado ampliamente en la zona, tanto para el consumo interno como para el mercado de exportación. Este material fue adquirido en la zona en forma igual a la que usan los productores, procedente de plantación comercial y curado con productos químicos antes de la siembra. El mismo fue seleccionado de tamaño similar, con propósito de realizar la siembra con cormos relativamente homogéneos.

#### **3.2. Diseño experimental y análisis estadístico de los datos de los experimentos**

En el proyecto, se instalaron tres experimentos independientes en el espacio en cada año, pero en la misma finca, cada uno en bloques al azar. Los nutrientes evaluados fueron nitrógeno (N), potasio (K), fósforo (P) y azufre (S). Los dos primeros elementos por ser los de mayor consumo por el cultivo de plátano y existir pocos trabajos al respecto en el país, el fósforo por ser ampliamente usado en la zona, siendo este cultivo de baja probabilidad de respuesta a ese

elemento (Espinosa y Belalcázar 1998) y el azufre debido a síntomas visuales presentes en la zona con características parecidas a deficiencia de S. El propósito de los tres experimentos fue evaluar la respuesta del cultivo de plátano a la aplicación de distintos niveles de nutrimentos presentes en formulaciones comerciales de fertilizantes. De ese modo, las variables de evaluación en todos los casos fueron las mismas. La separación en distintos experimentos se da por la imposibilidad de manejar en un solo ensayo los cuatro factores en evaluación y los distintos niveles de cada uno de ellos.<sup>1</sup>

La densidad de siembra fue de 2.380 y 2.223 plantas por hectárea en ambas siembras, 2008 y 2009. En el año 2008 cada unidad experimental constó de 25,2 m<sup>2</sup>, se dispuso de seis plantas en cada parcela, sembradas en doble hileras separadas a 1,5 m y 2,7 m, con distancia de dos metros ente plantas. Tres de estas plantas fueron consideradas como la parcela útil, sin embargo en algunos tratamientos no se alcanzó a cosechar las tres plantas por efecto de volcamiento. Para el 2009 la siembra también se hizo a doble hilera y dos metros entre plantas, pero la distancia entre hilera fue más amplia. Además cada unidad experimental constó de tres plantas en lugar de seis como fue el caso en el 2008.

### **3.2.1. Experimento 1. Efecto de la aplicación de N y K en el cultivo**

Se usaron tres niveles de nitrógeno (N) y cuatro niveles de potasio (K) como K<sub>2</sub>O, (Cuadro 1). El diseño aplicado fue en bloques al azar con un arreglo factorial de tratamientos 3\*4 con cuatro repeticiones, para un total de 48 unidades experimentales. Considerando que los suelos de la zona tienen influencia de materiales volcánicos, existe una alta probabilidad de fijación de fósforo. En ese sentido, se hizo una aplicación de 70 Kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha en todas las unidades experimentales, como una fertilización base.

### **3.2.2. Experimento 2. Efecto de la aplicación de P y K en el cultivo**

A pesar que el fósforo (P) es un elemento con probabilidad baja de respuesta en el cultivo de plátano (Espinosa y Belalcázar 1998), es un elemento usado ampliamente en las plantaciones de plátano y otros cultivos. En la búsqueda de respuesta del fósforo y su interacción con el potasio (elemento de mayor consumo por este cultivo), se usaron dos niveles de P como P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y cuatro niveles de K<sub>2</sub>O (Cuadro 2). La distribución se hizo en un diseño en bloques al azar con arreglo factorial de tratamientos 2\*4 con cuatro repeticiones. El total de unidades experimentales fue de 32 parcelas. Con el propósito de reducir los riesgos de que se manifestara carencia de N y no se expresaran los tratamientos, se aplicaron 100 kg de N/ha en todas las unidades experimentales.

### **3.2.3. Experimento 3. Efecto de la aplicación de S y K en el cultivo**

---

<sup>1</sup> Un solo experimento tendría los factores N, P, K y S en un arreglo factorial de 3\*2\*4\*2, es decir 48 parcelas por bloque. Si se hicieran cuatro repeticiones se tendría 192 unidades experimentales (UE). En la forma realizada solo se llegó a 112 UE, a su vez es menos difícil el análisis y la interpretación de los resultados.

El azufre (S) es un nutrimento ausente en los programas de fertilización de los agricultores dedicados al cultivo de plátano. Sin embargo, en suelos cuyos materiales de origen son volcánicos se ha observado que cuando se suministra P y B, se aumenta la probabilidad de manifestarse las deficiencias de S (Bornemisza, 1990); por otra parte, se presentan en la zona ciertos síntomas visibles que sugieren deficiencias de S; en ese sentido se decidió buscar probabilidad de respuesta a este elemento.

Se aplicaron dos niveles de S y cuatro niveles de potasio como K<sub>2</sub>O, esta combinación se hizo por la importancia del potasio en el cultivo de plátano. Se usó un diseño en bloques al azar con un arreglo factorial de tratamientos 2\*4 con cuatro repeticiones. El total de unidades experimentales fue de 32 parcelas. Con el propósito de reducir los riesgos de manifestarse carencia de nitrógeno y fósforo, se aplicaron 100 y 70 kg de N y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, respectivamente, en todas las unidades experimentales.

**Cuadro 1. Combinaciones de dosis de nutrimentos (kg/ha) en cada uno de los tratamientos en los tres experimentos. La Fortuna, San Carlos, Costa Rica. Octubre de 2010.**

Tratamiento	Experimento 1			Experimento 2			Experimento 3			
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	S
1	0	70	0	100	0	0	100	70	0	0
2	0	70	125	100	0	125	100	70	125	0
3	0	70	250	100	0	250	100	70	250	0
4	0	70	375	100	0	375	100	70	375	0
5	100	70	0	100	70	0	100	70	0	30
6	100	70	125	100	70	125	100	70	125	30
7	100	70	250	100	70	250	100	70	250	30
8	100	70	375	100	70	375	100	70	375	30
9	200	70	0	-	-	-	-	-	-	-
10	200	70	125	-	-	-	-	-	-	-
11	200	70	250	-	-	-	-	-	-	-
12	200	70	375	-	-	-	-	-	-	-

Los tratamientos fueron aplicados de acuerdo a la demanda nutricional por etapa del cultivo propuesta por Sancho (1999). Fue así como el fósforo se aplicó al mes de la siembra; antes de la apertura de la hoja 15 (2 a 2.5 meses) se aportó el 15% de N-P-K-S, entre la apertura de la hoja 15 y la hoja 22 (4 meses) el 50% y el restante 35% de N-P-K-S entre la apertura de la

hoja 22 e inicio de la emergencia floral, aplicación que se hizo a los 6 meses. Los fertilizantes usados fueron Superfosfato triple (0-46-0), Fosfato monoamónico (10-50-0), una aplicación de Nitrato de amonio (33,5-0-0) en la época de menos lluvias, dos aplicaciones de Urea (46-0-0), tres aplicaciones de cloruro de potasio y de sulfato de amonio.

En ambas cosechas, los análisis de las variables se hicieron bajo un modelo matemático con muestreo.

$$Y_{ijkl} = \mu + L_i + M_j + (L \cdot M)_{ij} + \beta_k + \varepsilon_{ijk} + \lambda_{ijkl} \dots \dots \dots \text{Ambas siembras}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Variable dependiente (observación)

$\mu$  = Media de la población

$L_i$  = Efecto de la  $i$ -ésima dosis de elemento nutritivo

$M_j$  = Efecto de la  $j$ -ésima dosis de elemento nutritivo

$L_i \cdot M_j$  = Efecto de la interacción entre las dos diferentes dosis de fertilizante

$\beta_k$  = Efecto del  $k$ -ésimo bloque

$\varepsilon_{ijk}$  = Error Experimental

$\lambda_{ijkl}$  = Error de muestreo

El análisis de datos se hizo mediante el software estadístico InfoStat versión 2008. Con este se realizó el análisis de varianza (ANDEVA) y análisis de las tendencias de los datos obtenidos utilizando contrastes de polinomios ortogonales de grado lineal, cuadrático y cúbico, ya que los niveles de los factores de tratamientos son cuantitativos y equidistantes.

### 3.3. Conducción del cultivo

Las labores agronómicas de manejo general del cultivo (control de nematodos, control químico y cultural de sigatoka, control de malezas, deshojas, deshojas, apuntalamiento, embolsado, cosecha, etc.) fueron hechas por el productor de acuerdo a su metodología. En coordinación con el personal encargado de la Escuela de Agronomía del TEC.

### 3.4. Medición de variables

*Vegetativas. Altura de planta (AP) y grosor del seudotallo (GT).* A las tres plantas seleccionadas al inicio del estudio se midió la altura desde la superficie del suelo hasta el punto de salida de la inflorescencia floral. En la base del tallo se midió la circunferencia “grosor” del seudotallo. Estas mediciones se hicieron al cumplir los cuatro y los siete meses (momento de la aparición de la inflorescencia de las primeras plantas), en las plantas seleccionadas como parcela útil, el material usado fueron cintas métricas rígida y flexible.

*Características del racimo (productivas).* Durante el ciclo de cosecha del cultivo, en cada cosecha, se midieron las variables: longitud y calibre del dedo central de la segunda mano (LD y CD), número de manos y número de dedos por racimo (N°MR y N°DR), y peso del racimo (PR).

Para obtener estos datos se usaron, cinta métrica flexible, calibrador marca Caliban, calibrado a 1/32" (treinta y dozeavos de pulgada) (0.79 mm), pie de rey y balanza de reloj con capacidad para 50 kg. La medición de estas variables se hizo en cada cosecha en los racimos de las tres plantas, que no fueron afectadas por las lluvias y el viento, del área útil en cada unidad experimental en la primera siembra. Por el contrario, en la segunda siembra se hizo en los racimos de las tres plantas de cada unidad experimental, puesto que no hubo problemas con las lluvias y el viento.

*Concentración de nutrientes (CN).* Para el caso de hojas se tomó la parte media (sin nervadura) de la última hoja completamente abierta, normalmente correspondió a la tercera hoja a partir de la parte más joven. Esta variable se tomó en cada parcela o unidad experimental y luego se revolvieron las cuatro muestras correspondientes al mismo tratamiento, esta muestra compuesta fue la que se analizó en el laboratorio para obtener la CN. Por consiguiente, este resultado no fue sometido a análisis estadístico, solo se hizo representaciones gráficas y sirvió para confirmar el efecto de los tratamientos en las variables de rendimiento. Al momento de la cosecha, se seleccionaron cuatro plantas, las cuales se separaron en las partes vegetativas hojas, raquis, pinzote, fruto, seudotallo, cormo y raíz. Se llevaron al laboratorio donde se pesaron en fresco en balanza electrónica, se tomaron muestras y se pesaron. Luego se procedió a picarlas y secarlas por 72 hr en un horno de aire forzado a 60°C, después de secadas nuevamente se pesaron y fueron enviadas al laboratorio del Centro Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica, donde se determinó la concentración de nutrientes en base seca. Con estos resultados y el contenido de la materia seca se determinó la absorción de nutrientes total y por las diferentes partes de la planta.

## **4. Resultados y discusión**

### **4.1. Experimento 1. Nitrógeno y potasio (N y K)**

Los resultados indican que hubo respuesta altamente significativa a la aplicación de N, para las variables de rendimiento, peso del racimo (PR), número de dedo de racimo (N°DR) y longitud de dedos (LD), tanto en la cosecha 2009 como en la de 2010 (Anexos A2 y A3) En cambio para las variables número de manos (N°MR) y calibre de dedos (CD), no hubo respuesta con el uso de las dosis de N: 100 y 200 kg/ha, al parecer N°MR está definido por el material genético, como lo indican Orozco y Chaverra (1999), puesto que con ninguno de los elementos estudiados se encontró efecto significativo. A pesar de no encontrarse diferencias con el N en CD en el ANDEVA (Anexos A3 y A4), si hubo interacción con el K en la cosecha 2010 (Anexo A3), además cuando se realizó el análisis de tendencias utilizando polinomios ortogonales sugiere una tendencia lineal en la respuesta de CD a los niveles de N, ( $P=0,0296$ ) para la cosecha 2009 (Anexo A5) y también un efecto lineal de N ( $P= 0,0002$ ) cuando el nivel de K fue cero, en la cosecha 2010 como se aprecia en el Anexo A6. En la Figura 1 se observa la tendencia de CD para 2009 y 2010. Es evidente en las Figuras 2 y 3 que los valores de las variables PR y LD tienen tendencias lineal ascendente en las dos cosechas, mientras que para N°DR, a pesar de presentar efecto lineal en la cosecha de 2010, para la cosecha 2009 el valor más alto es con 100 kg de N/ha (Figura 4), a pesar de haber tendencia lineal significativa más fuerte que la tendencia cuadrática (Anexo A2); en ciertas medidas estos resultados concuerdan con los mencionados por Marín y De Roberti (1992) quienes indican que los mejores rendimientos en plátano fueron obtenidos con 150 kg N. Estos resultados difieren, en parte, con los propuestos por Combatt et al.

(2004), ellos encontraron que la mejor respuesta del plátano es con la interacción N-K<sub>2</sub>O a la dosis de 200 kg/ha cada elemento, igualmente indica Carro (1991) mencionado por Combatt et al.(2004), quienes dicen que la interacción de estos dos elementos es importante en plátano. En este estudio, aunque hubo respuesta al elemento N, los únicos efectos de interacción entre N\*K fue para las variables calibre y longitud del dedo central de la segunda mano (CD y LD), en la cosecha 2010. La interacción de LD ( $P=0,0165$ ) se observa en el Anexo A3. La respuesta al N fue lineal cuando se aplican todos los niveles de potasio (Anexo A7), excepto para el nivel 125 kg K<sub>2</sub>O/ha que no presentó respuesta significativa, en cambio para CD la mejor respuesta es cuando el K es igual a cero.

Otras variables que presentaron diferencias altamente significativa a las dosis de N, fueron altura y circunferencia “grosor” del seudotallo a la edad de cuatro y siete meses después de la siembra (Figuras 5 y 6), tanto en la cosecha 2009 como en la de 2010, en los Anexos A8, A9 y A10, se puede observar el ANDEVA para altura y grosor a los cuatro meses de edad.

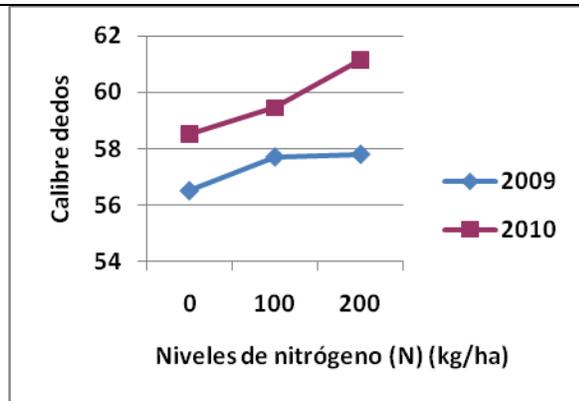
Según la literatura consultada, los mejores resultados respecto al rendimiento y calidad del plátano, se obtiene con una dosis de N entre 200 y 300 kg/ha, es así como Bauer et al.(1993) indican que el mejor resultado se da con 300 kg/ha, Espinosa y Belalcázar (1998) presentan la mejor dosis entre 210 y 280 kg/ha, para Combatt et al.(2004) la mejor dosis fue de 300 kg/ha y para Carro (1991) mencionado por Combatt et al.(2004) la dosis de N se encuentra entre 200 y 400 kg/ha. Al mismo tiempo, los autores Combatt *et al* (2004) y Espinosa y Belalcázar (1998), manifiestan que no es conveniente considerar una dosis única de nutrientes para ser recomendada en busca de altos rendimientos en plátano, debido a que la magnitud de las respuestas no es uniforme en todos los suelos, sino que cada caso depende del contenido inicial de nutrientes en los mismos. En ese sentido, se puede indicar que el estudio en La Fortuna, es un caso con características particulares, donde la mejor dosis de N fue 200 kg/ha, pudiendo obtenerse resultados positivos a mayor dosis, debido a la respuesta lineal existente tanto en las variables de rendimiento LD, N°DR, PR, CD como en las de crecimiento AP y GT en ambas cosechas 2009 y 2010. En este estudio, la respuesta lineal del N hasta 200 kg/ha, sugiere que es posible encontrarse respuesta por encima de esa dosis, lo que confirmaría las dosis recomendadas por los autores anteriores.

En este experimento (N-K), para la cosecha 2009, no hubo ninguna respuesta en las variables estudiadas a las dosis de potasio (K) usadas, como se observa el ANDEVA para las variables CD y PR en los Anexos A2 y A4. Por el contrario, para la cosecha 2010 hubo respuesta significativa en las variables longitud de dedo (LD) y calibre de dedo (CD) (Anexo A3). El mejor ajuste para LD fue cuadrático ( $P= 0,0014$ ) con la mayor LD para K cuando se aplica la dosis de 200 kg N/ha (Anexo A11); en la Figura 7 se observa la tendencia de LD, también es importante recordar la interacción existente entre el K y el N para esta última variable (Anexo A3). Respecto a CD, además de los efectos encontrados con el ANDEVA, los resultados de polinomios ortogonales indican que hubo efecto a K cuando N=0, tanto con tendencia lineal como cúbica con valores de  $P=0,0013$  y  $0,0066$ , respectivamente (Anexo A11), en la Figura 8 se observa como los valores sugieren esa tendencia. En cuanto a las variables de crecimiento, longitud y circunferencia “grosor” de pseudotallo, no hubo efecto al aplicarse K en ninguna de las dos cosechas en este experimento (N-K) (Anexos A8, A9 y A10).

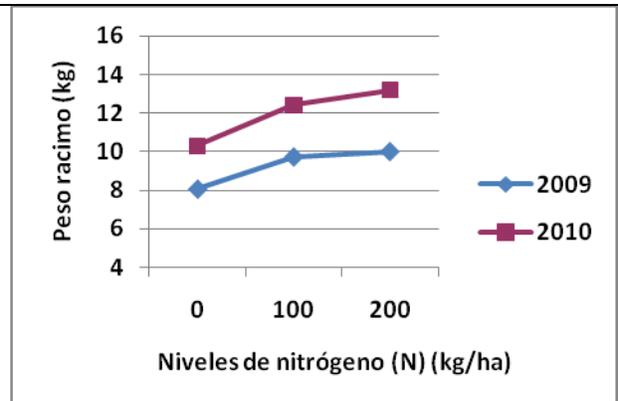
Los resultados de este experimento sugieren que el calibre es una variable que depende de cada uno de los elementos N y K en forma independiente, pues solo existe efecto para el N cuando el nivel del K=0 y viceversa, es decir existe efecto significativo para K cuando el nivel de N=0. Aunque hubo tendencia lineal con el N, el CD al parecer está más definido por el K que por el N, pues el potasio presenta diferencias significativas en el ANDEVA en la cosecha de 2010 y tendencia lineal cuando N=0, quizás en el 2009 no hubo efecto al K por la presencia de la enfermedad antes mencionada, ya que se informa que el K es un elemento que se transloca desde las hojas al racimo (Mena 1997).

A pesar de la alta absorción de este elemento por el cultivo del plátano (Cuadro 2), la ausencia de respuesta al K (125, 250 y 375 kg de K<sub>2</sub>O/ha) en la cosecha 2009 en este experimento (N-K), pudo deberse a varios factores: 1) al ataque de una enfermedad a partir de los cinco meses, que según diagnóstico, se trató de la bacteria *Pectobacterium sp.* como se aprecia en la Figura 9, esta enfermedad afecta el pseudotallo, pudiendo en ciertas medidas hacer la mata propensa al volcamiento y a posible disminución de la translocación de agua y solutos; 2) a que el suelo donde se desarrolló el experimento tenía, muestreo antes de la preparación, una fertilidad adecuada. Espinosa y Belalcázar (1998), proponen un nivel crítico para K en el suelo de 0,29 cmol(+)/l, en nuestro medio el contenido de K en el suelo fue más alto (0.36 y 0.38 cmol(+)/l ) y 3) en el 2009 el suelo fue preparado (posterior a los análisis suelos) con la incorporación de los residuos de la cosecha previa de plátano, los cuales aportan alta cantidad de nutrimentos. En el Cuadro 2, es evidente el alto porcentaje de retorno de elementos nutritivos al suelo por parte de los residuos de cosecha, de tal modo que hubo un retorno al sistema de 69%, 52,9%, 80%, 96,75%, 71% y 69,95% del total de N, P, K, Ca, Mg y S absorbido, respectivamente, para la cosecha 2009 y de 43,87%, 28%, 34%, 93%, 76%, 43,5% del total de N, P, K, Ca, Mg y S absorbido, respectivamente, para la cosecha de 2010. En ese sentido, es importante considerar el destino de los residuos de cosecha, al momento de la elaboración de los planes de fertilización. El hecho de existir un mayor porcentaje de retorno al medio en 2009 que en 2010, se debe a que la absorción por parte del racimo, parte cosechable (no retornable), fue mucho más baja en 2009 que en 2010, el rendimiento para ambas cosechas fue de 20 t y 36,6 t en su orden, siendo este órgano o estructura la que sale del sistema.

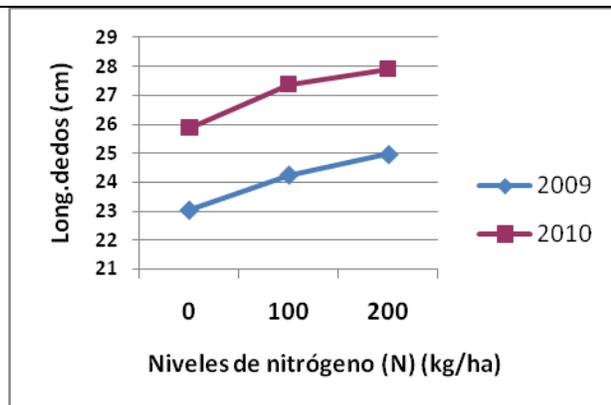
Quizás la respuesta al N y no existencia de esta al K en la cosecha 2009, se debió a que la fertilización nitrogenada es de vital importancia en los procesos fisiológicos de las musáceas. Werner y Fox (1977), citados por Soto (1992) indican que este elemento es indispensable en los primeros meses de crecimiento de la planta, cuando el meristemo está en desarrollo. Prével (1962,1964), citados por Soto (1992), dice que la planta nueva tiene las mayores necesidades en N. Es posible que a esa edad, cuando el cultivo fue afectado por la enfermedad, la mayoría del N aplicado a esa fecha estuviera depositado en las hojas y el K aún no. Según Mena (1997), el K disminuye en las hojas después de la floración del cultivo, puesto que es usado en el llenado y peso del racimo, en estos experimentos el K es mucho menor en las hojas en la cosecha 2010 que en la de 2009 (Anexos A12 y A13), posiblemente hubo mayor translocación de K hacia el racimo en 2010 que en 2009, puesto que en la segunda cosecha (2009) el rendimiento fue de 20 t/ha y en la segunda de 36.6 t/ha.



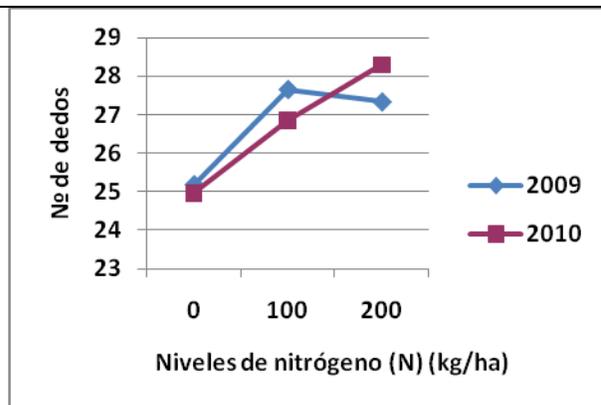
**Fig. 1.** Calibre del dedo central de la segunda mano de plátano, según la dosis de N (kg/ha). Tendencia lineal mediante contrastes polinomiales. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.



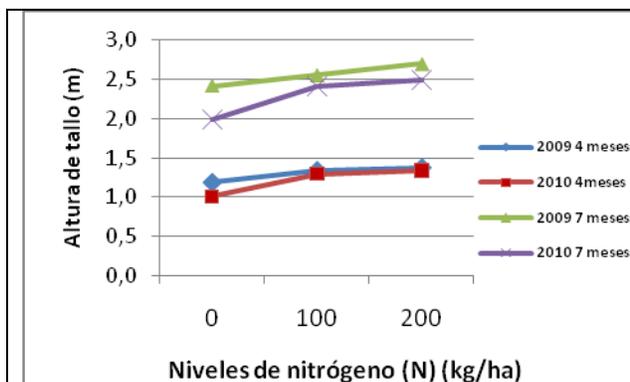
**Fig.2.** Peso promedio de racimo de plátano, según la dosis de N (kg/ha). Diferencia significativa para ambas cosechas 2009 y 2010. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.



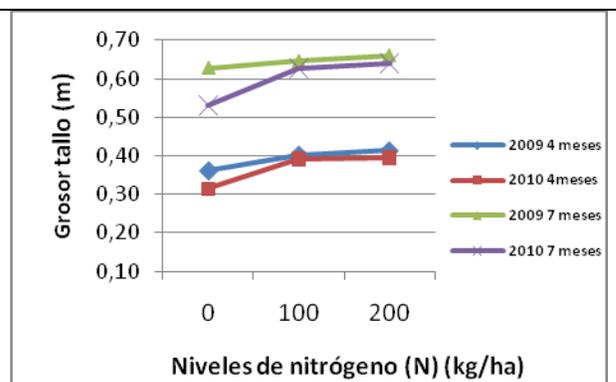
**Fig. 3.** Longitud del dedo central de la segunda mano de plátano, según la dosis de N (kg/ha). Diferencia significativa para las dos cosechas 2009 y 2010. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.



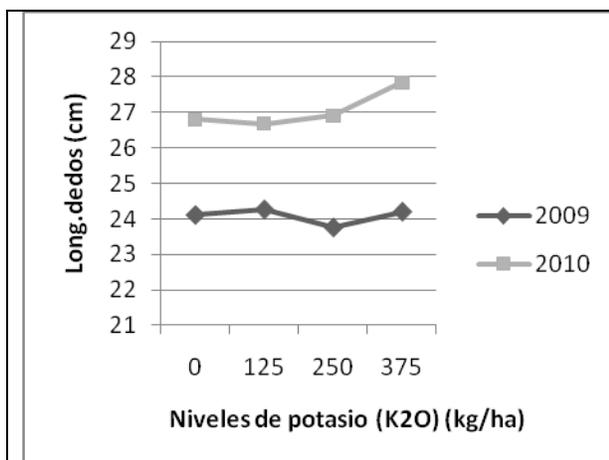
**Fig. 4.** Número de dedos por racimo de plátano, según la dosis de N (kg/ha). Diferencia significativa en las dos cosechas 2009 y 2010. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.



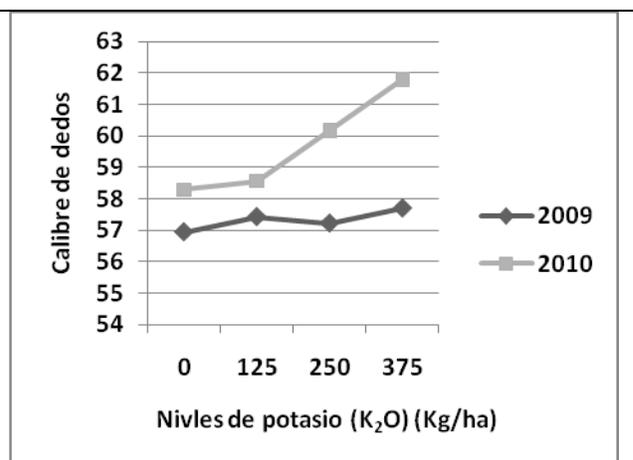
**Fig. 5.** Altura de pseudotallo de la mata de plátano a los cuatro y siete meses en las dos cosechas (2009 y 2010), según la dosis de N (kg/ha). Diferencia significativa. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.



**Fig. 6.** Grosor de pseudotallo de la mata de plátano a los cuatro y siete meses en las dos cosechas (2009 y 2010), según la dosis de N (kg/ha). Diferencia significativa. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.



**Fig. 7.** Longitud del dedo central de la segunda mano, cosechas 2009 y 2010, según la dosis de K<sub>2</sub>O (kg/ha). Diferencia significativa para la cosecha 2010. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.



**Fig. 8.** Calibre del dedo central de la segunda mano, cosechas 2009 y 2010, según la dosis de K<sub>2</sub>O. Diferencia significativa para la cosecha 2010. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.



Fig. 9. Síntomas provocado por *Pectobacterium sp.* (syn *Erwinia*)  
Foto: P.Furcal, Febrero 2009.

**Cuadro 2. Absorción total de nutrientes y porcentaje de extracción de la parte comercial y no comercial del cultivo de plátano en las dos cosechas 2009 y 2010. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.**

Elemento	Absorción				Porcentaje en la parte				Porcentaje			
	Total (kg/ha)		% por elemento		comercial		no comercial		Retornable		no retornable (dedos y pinzote)	
	Siembra		Siembra		(dedos)				al sistema			
	2008 2009	2009 2010	2008 2009	2009 2010	2008 2009	2009 2010	2008 2009	2009 2010	2008 2009	2009 2010	2008 2009	2009 2010
N	93,07	102,56	14,56	23,11	26,80	52,55	73,20	47,45	69,41	43,87	30,59	56,13
P	10,21	10,83	1,60	2,44	41,79	67,55	58,21	32,45	52,89	28,14	47,11	71,86
Ca	51,86	41,42	8,11	9,33	2,69	5,03	97,31	94,97	96,75	93,38	3,25	6,62
Mg	17,99	35,71	2,81	8,05	27,09	22,40	72,91	77,60	71,30	76,00	28,70	24,00
K	452,39	237,73	70,78	53,56	15,30	57,24	84,70	42,76	80,23	34,09	19,77	65,91
S	6,51	7,44	1,02	1,68	24,86	46,69	75,14	53,31	69,95	43,50	30,05	56,50
Fe	4,89	5,64	0,76	1,27	1,94	1,94	98,06	98,06	96,82	98,01	3,18	1,99
Cu	0,03	0,074	0,005	0,17	19,81	42,44	80,19	57,56	79,16	56,84	20,84	31,88
Zn	0,20	0,17	0,03	0,04	14,06	47,75	85,94	52,25	84,33	50,34	15,67	49,66
Mn	1,94	1,53	0,30	0,34	0,61	0,01	99,39	99,99	98,80	98,86	1,20	1,14
B	0,08	0,11	0,01	0,02	15,62	52,55	84,38	47,45	79,84	41,78	20,16	58,22

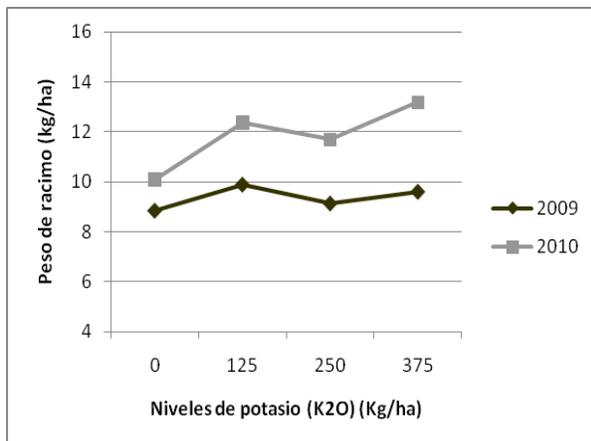
No comercial: raíz, cormo,seudotallo, hojas, raquis y pinzote.

#### 4.2. Experimento 2. Fósforo y potasio (P y K)

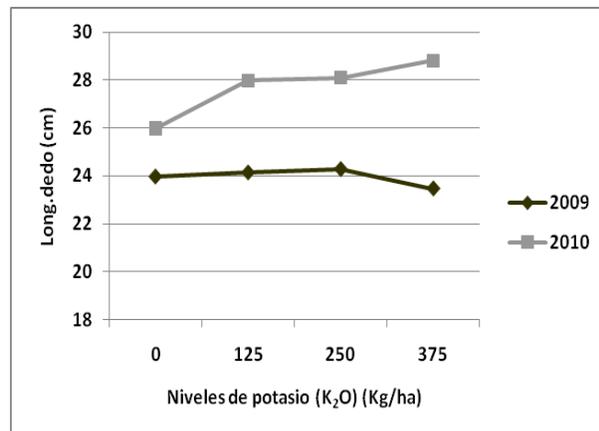
Bajo las condiciones de este estudio para la cosecha 2009, no hubo respuesta a la aplicación de 70 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha ni a las dosis de K estudiadas, excepto para las variables de crecimiento altura y circunferencia “grosor” de pseudotallo (AP y GT) a los cuatro meses de la siembra que presentó respuesta al P y a la interacción P-K (Anexo A14) pero no a los siete meses, este resultado puede ser indicativo que el fósforo es de utilidad durante la etapa inicial de crecimiento de las plantas del cultivo, especialmente en las raíces, como lo indica Mena (1997), pero que el comportamiento de este elemento en musáceas es muy discutido. Respecto a la cosecha de 2010, siembra hecha en suelos similares, pero no en el mismo lote ni con residuo de cosecha de plátano anterior, tampoco hubo respuesta al P en ninguna de las variables. En esta cosecha sí hubo respuesta altamente significativa al K en las variables PR, LD y CD (Anexo A15), en las Figuras 10, 11 y 13, se aprecia que los datos tienen tendencia ascendente. En las dos primeras variables, resulta tendencia lineal con  $P=0,0001$  y  $0,0016$ , respectivamente; mientras que para CD la tendencia es cúbica con  $P=0,0448$ , esta tendencia solo se presenta cuando el fósforo es cero, ver Anexo A16.

Aunque la variable N°DR no es significativa para K en el ANDEVA, la interacción entre K y P es significativa (Anexo A15), también a través de los contrastes de polinomios ortogonales se encontró tendencia cúbica ( $P= 0,019$ ) cuando el fósforo es igual a cero y lineal ( $P=0,0002$ ) cuando el  $P_2O_5$  se aplica a la dosis de 70 kg/ha (Anexo A16). En la Figura 12 se observa que los datos sugieren una tendencia cúbica. Las variables de crecimiento AP y GT no presentaron significancia al K en este experimento. Los resultados de P y K en la cosecha 2009 tienen similitud con los indicados por Bolaños et al. (2002), ellos indican que en suelos con materiales de origen volcánicos, con alto contenido de bases y exceso de potasio respecto al magnesio, no hubo respuesta al N-P-K. Por el contrario, en la cosecha 2010 los resultados de K difieren de los de Bolaños et al. (2002), pero los de P concuerdan, por no haber diferencias significativas. Espinosa y Belalcázar (1998) no encontraron respuesta del plátano a la aplicación de P. Asimismo, Marín y De Roberti (1992) mencionan que la aplicación de P al suelo no altera los contenidos de N-P-K en las hojas en ninguna etapa, ni afecta el rendimiento. En este estudio, como se ha mencionado no hubo respuesta al P en las variables estudiadas, excepto para altura y grosor a los cuatro meses de edad en la cosecha 2009, tampoco se encontró cambios en el contenido de P en base seca en las hojas muestreadas al inicio de la floración como se observa en los Anexos A 17 y A18.

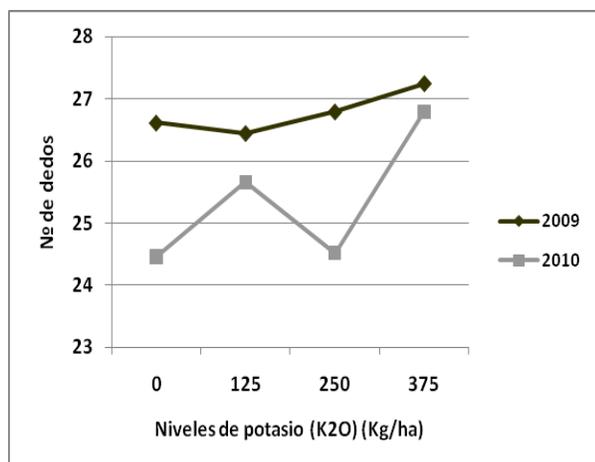
Esta falta de respuesta al P se debe posiblemente a que, como dicen los autores citados en el párrafo anterior, el P produce poco efecto en este cultivo, Mena (1997) confirma lo dicho por los esos autores. Además la absorción total de P (Cuadro 2) es apenas de 10,21 y 10,83 kg/ha en las cosechas 2009 y 2010, respectivamente, por consiguiente es posible que el suelo debería ser muy pobre en P para que el cultivo de plátano pueda manifestar respuesta a su aplicación. En los suelos donde se instaló el estudio, según los análisis al inicio de la siembra, la cantidad de P es estimada entre 9 y 10 kg/ha.



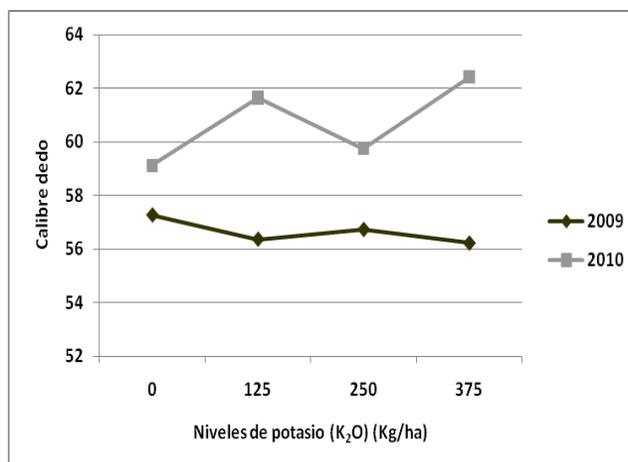
**Fig.10.** Peso promedio de racimo, cosechas 2009 y 2010, según la dosis de  $K_2O$  (kg/ha). Diferencia significativa para la cosecha 2010. Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.



**Fig. 11.** Longitud del dedo central de la segunda mano, cosechas 2009 y 2010, según la dosis de  $K_2O$  (kg/ha). Diferencia significativa para la cosecha 2010. Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.



**Fig. 12.** Número de dedos por racimo de plátano, cosechas 2009 y 2010, según la dosis de K<sub>2</sub>O (kg/ha). Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.



**Fig. 13.** Calibre del dedo central de la segunda mano, cosechas 2009 y 2010, según la dosis de K<sub>2</sub>O (kg/ha). Diferencia significativa para la cosecha 2010. Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.

#### 4.3. Experimento 3. Azufre y potasio. (S y K)

Espinosa y Belalcázar (1998) encontraron mejor respuesta al potasio cuando se le agregó azufre (S), en un suelo pobre en este elemento. Los resultados de este estudio muestran que no hubo respuesta a la aplicación de 30 kg/ha de S en forma independiente, como puede verse en los valores de las variables en el Cuadro 3. La absorción total de S fue baja, 6,51 y 7,44 kg/ha (Cuadro 2), igualmente el suelo donde se hizo la primera siembra, período 2008-2009, tiene bajo contenido, con un valor de 4 mg/l, lo que representa alrededor de 9 kg/ha, sin embargo, al parecer esta cantidad fue suficiente para el cultivo que absorbió 6,51 kg/ha (Cuadro 2). Por el contrario en el año 2010, el análisis de suelo dio como resultado un valor (14 mg/l) mayor que en el año 2009, valor que puede ser aun más que suficiente para las satisfacer la necesidades de las plantas de plátano que en el año 2010 la absorción fue de 7,44 kg/ha. Aunque según Bornemisza (1990), el S puede ser deficiente en suelos volcánicos cuando son abonados con suficientes cantidades de P y B.

**Cuadro 3. Valores medios de las variables de rendimiento, medidas durante los dos períodos de cosechas 2009 y 2010 para los tres experimentos. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.**

Elemento	Dosis (kg/ha)	Peso promedio de racimo (kg)		N° Manos		N° Dedos		Long dedos (cm)		Calibre dedos	
		2008/09	2009/10	2008/09	2009/10	2008/09	2009/10	2008/09	2009/10	2008/09	2009/10
<b>Experimento 1</b>											
N	0	8,06	10,30	5,03	5,17	25,17	24,95	23,03	25,89	56,50	58,51
	100	9,73	12,40	5,04	5,13	27,66	26,84	24,25	27,38	57,70	59,45
	200	10,00	13,20	5,06	5,16	27,33	28,29	24,97	27,91	57,79	61,15
K2O	0	8,94	11,38	5,13	5,20	26,25	26,99	24,11	26,80	56,94	58,29
	125	9,35	12,14	5,00	5,16	26,79	26,94	24,26	26,68	57,44	58,56
	250	9,36	11,93	4,99	5,12	27,18	26,67	23,76	26,91	57,23	60,17
	375	9,41	12,42	5,06	5,15	26,67	26,18	24,20	27,84	57,71	61,78
<b>Experimento 2</b>											
P2O5	0	9,33	11,35	5,02	5,06	26,89	24,84	23,59	27,63	56,06	60,41
	70	9,37	12,30	5,23	5,13	26,69	25,88	24,29	27,80	57,32	61,05
K2O	0	8,84	10,09	5,13	5,17	26,61	24,46	23,96	25,98	57,27	59,12
	125	9,87	12,35	5,00	4,95	26,45	25,66	24,13	27,98	56,36	61,65
	250	9,12	11,68	5,13	5,25	26,79	24,52	24,27	28,10	56,73	59,75
	375	9,59	13,17	5,25	5,00	27,24	26,79	23,46	28,81	56,22	62,42
<b>Experimento 3</b>											
S	0	9,60	11,46	5,09	4,98	26,86	25,13	24,93	26,64	57,52	60,88
	30	9,63	11,24	5,20	5,04	26,88	25,25	25,16	27,45	58,13	60,73
K2O	0	9,31	9,35	5,08	5,13	26,64	23,92	24,55	25,59	56,85	59,24
	125	8,99	11,52	5,24	5,00	26,13	24,83	24,76	27,41	57,45	61,64
	250	9,98	12,10	5,13	5,00	27,21	25,67	24,92	27,35	58,25	61,58
	375	10,05	12,43	5,13	4,92	27,27	26,33	25,92	27,83	58,61	60,75

De la misma forma que no hubo respuesta a la aplicación de S en forma independiente, la combinación de este elemento con el K tampoco presentó diferencias significativas tanto en la cosecha de 2009 (Anexo A19) como en la de 2010, excepto en la variable longitud de dedos (LD) en la que S dio significativo en la cosecha 2010 (Anexo A20). En cambio, el potasio en forma independiente, mostró efectos significativos en la cosecha 2010, en las variables de rendimiento PR, LD y CD, del mismo modo que en las variables de crecimiento AP y GT a los cuatro y siete meses de edad a partir de la siembra, como se puede observar en el Anexo A20. Las Figuras 14 y 15 manifiestan una tendencia lineal para las variables de crecimiento AP y GT, los análisis de polinomios ortogonales

indican tendencia lineal para estas variables con el uso de K, únicamente cuando  $S=0$ . Igual que lo ocurrido en cada uno de los dos experimentos discutidos, la variable número de manos, tampoco mostró diferencias a los elementos en este experimento. A pesar que la variable N°DR no es significativa para K en el ANDEVA, Anexo A20, a través del análisis de polinomios ortogonales se encontró un ajuste con tendencia lineal (Anexo A21), tanto cuando  $S=0$  con  $P=0,0008$  como con la dosis  $S=30$  kg/ha, con  $P=0,0066$ . Combatt *et al* (2004), encontraron que el mejor rendimiento y calidad de frutos se produjo con la interacción 200 kg/ha/año tanto de N como de  $K_2O$ , en las variables peso del racimo (PR) y longitud del dedo central de la primera mano (LD). Igualmente esta fue la dosis óptima económicamente, seguida por 100 kg de N y 600 kg de  $K_2O$ . De acuerdo a las ecuaciones estimadas estadísticamente Combatt *et al* (2004), indican que la dosis adecuada de N fue de 300 kg/ha y la de  $K_2O$  se encontró entre 250 y 300 kg/ha. Del mismo modo Carro (1991), mencionado por Combatt *et al* (2004), indica que en la zona de Chinchiná, Colombia, la fertilización en plátano debe hacerse utilizando dosis de potasio de 200 a 400 kg/ha de  $K_2O$ . Resultados similares presentan Espinosa y Belalcázar (1998), quienes indican que el plátano requiere de 210 a 280 kg de  $K_2O$ /ha. Los resultados obtenidos en este experimento concuerdan con los de los autores previamente citados, así se observa en las Figuras 16, 17, 18 y 19, que los mejores resultados se encuentran entre las dosis 250 y 375 kg/ha de  $K_2O$  aplicada, excepto en la variable (CD) durante la cosecha 2010, donde hay una tendencia cuadrática, presentándose el mejor resultado cuando se aplican 125 kg/ha, esta variable (CD) en el análisis con polinomios ortogonales se encontró tendencia lineal ( $p=0,0061$ ) y cuadrática ( $P=0,0399$ ) cuando  $S=0$ , Anexo A21; es importante mencionar que en este experimento en la cosecha 2010, todas las variables estudiadas, de crecimiento AP y GT, y de rendimiento PR, LD, N°DR y CD con el análisis de polinomios ortogonales se encontró tendencia lineal cuando  $S=0$  y solamente para LD cuando  $S=30$  kg/ha, por lo que estos resultados nuevamente manifiestan que el cultivo de plátano no presentó respuesta al azufre.

Se debe recordar que con la ANDEVA ninguna de las variables estudiadas arrojó diferencias significativas con el K, durante la cosecha 2009. Sin embargo se observa, en cada una de las curvas en las Figuras 16, 17, 18 y 19, una tendencia ascendente según las dosis. Este resultado es importante para variables cuantitativas, como es el caso de este experimento.

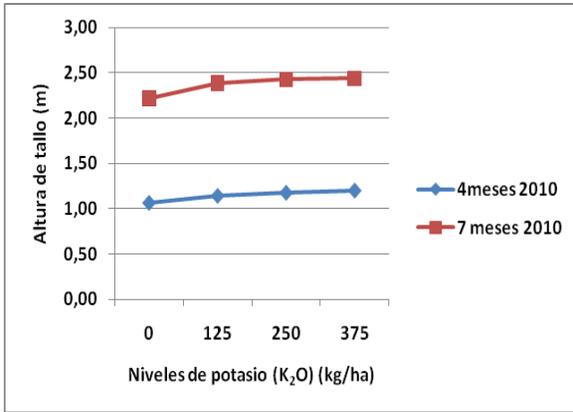


Fig. 14. Altura de seudotallo de la mata de plátano a los cuatro y siete meses en la cosecha 2010, según la dosis de potasio (kg/ha). Experimento S-K. Diferencia significativa. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.

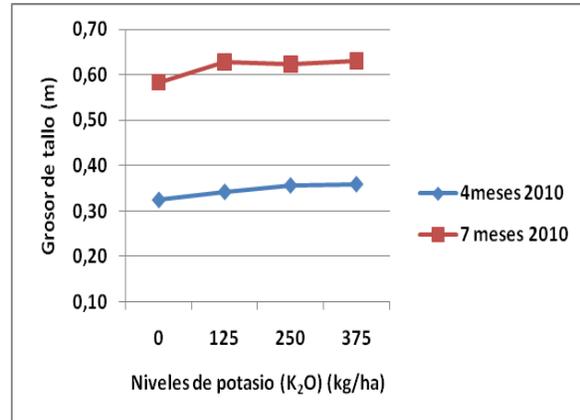


Fig. 15. Grosor de seudotallo de la mata de plátano a los cuatro y siete meses en la cosecha 2010, según la dosis de potasio (kg/ha). Experimento S-K. Diferencia significativa. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.

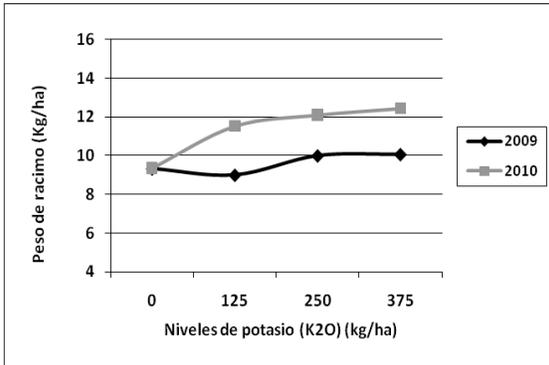


Fig.16. Peso promedio de racimo, cosechas 2009 y 2010, según la dosis de K<sub>2</sub>O (kg/ha). Diferencia significativa para la cosecha 2010. Experimento S-K. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.

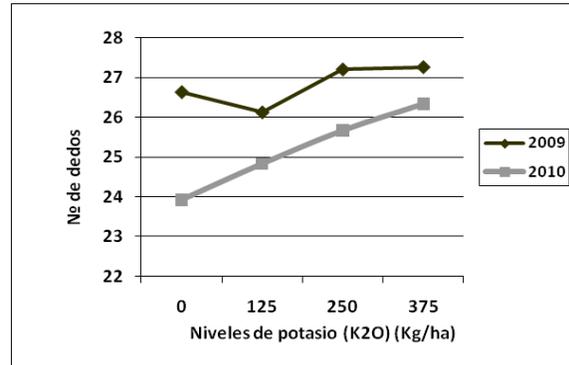


Fig.17. Número de dedos por racimo de plátano, cosechas 2009 y 2010, según la dosis de K<sub>2</sub>O (kg/ha). Experimento S-K. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.

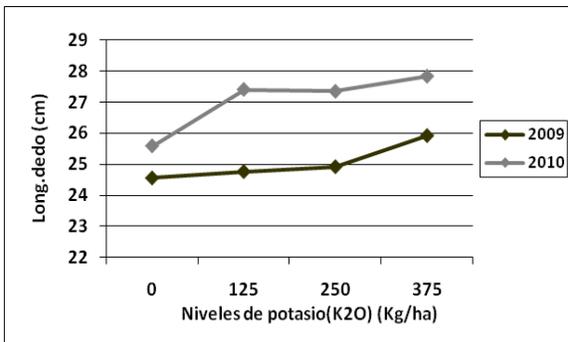


Fig.18. Longitud del dedo central de la segunda mano, cosechas 2009 y 2010, según la dosis de K<sub>2</sub>O (kg/ha). Diferencia significativa para la cosecha 2010. Experimento S-K. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.

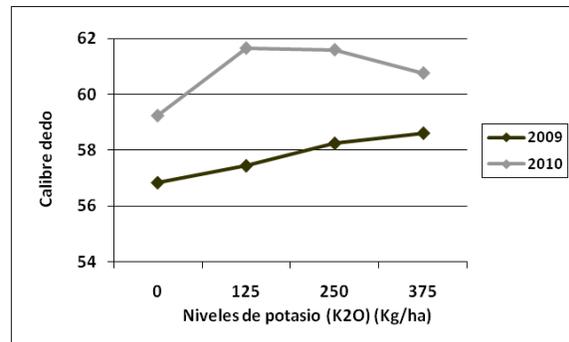


Fig.19. Calibre del dedo central de la segunda mano, cosechas 2009 y 2010, según la dosis de K<sub>2</sub>O (kg/ha). Diferencia significativa para la cosecha 2010. Experimento S-K. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.

#### 4.4. Absorción de nutrimentos por el cultivo

En el Cuadro 4 es evidente que las hojas y los dedos son órganos importantes en la absorción de nutrimentos. Otras dos estructuras que se alternan altos valores en la absorción son el seudotallo en la siembra 2008-2009 y el cormo fue la estructura de mayor absorción en la siembra 2009-2010, estos dos órganos son importantes en la absorción de nutrimentos, quizás por su acumulación de materia seca, pero también por la concentración de nutrimentos al momento de la cosecha, especialmente de K (Anexos A12 y A13). Al momento de la cosecha fue evidente la gran altura y el grosor del seudotallo en la primera siembra (2008-2009) respecto a la segunda siembra (Figuras 5 y 6), caso contrario sucedió con el cormo, este fue más pequeño en la primera siembra que en la segunda (2009-2010). A pesar que el seudotallo fue más grande en la primera cosecha, el rendimiento de la parte comercial fue menor (20 t), en cambio en la segunda cosecha el tallo fue de menor tamaño, pero el cormo más grande y el rendimiento de la parte comercial fue de 36,6t, es decir en la segunda cosecha el incremento en rendimiento de racimo fue de 45,35% respecto a la primera cosecha.

Los dedos, parte comestible, son muy importantes en la absorción de todos los nutrimentos nitrógeno (N), potasio (K), fósforo (P) magnesio (Mg), azufre (S), cobre (Cu), zinc (Zn) y boro (B), excepto de calcio (Ca), hierro (Fe) y manganeso (Mn) (Cuadro 4), el fruto (dedo) es el órgano de la mata de plátano con mayor acumulación de materia seca y el K es uno de los elementos que mayor concentra (Anexos A12 y A13). En esos mismo Anexos, es importante hacer referencia sobre la hoja (lámina) en cuanto a absorción de nutrimentos, este órgano utilizado para el diagnóstico nutricional de la planta, aunque en relación al racimo y cormo no es muy importante en la acumulación de materia seca Anexo A22, sí lo es en la concentración de nutrimentos, especialmente de N, K y Mn como se observa en los análisis foliar al inicio de la floración (siete meses) (Anexos A17, A18, A23, A24, A25 y A26). Mientras que la concentración de potasio al momento de la cosecha tiende a bajar en las hojas respecto a la concentración al momento de la floración, resultados que concuerdan con lo expuesto por Mena (1997), mayormente en la cosecha 2010, el N y el Mn continúan con valores de concentración más elevada en este órgano (Anexos A12 y A13). La concentración de K se encuentra muy alta en el pinzote, tallo y raíz, al momento de la cosecha.

La mayor absorción del elemento potasio por las plantas de este cultivo se debe a su alta concentración en los órganos como pinzote, seudotallo, cormo y raíz, éstos pueden alcanzar hasta 11,18% en el pinzote que fue consistente en las dos cosechas, igual que en la raíz con promedio de 3,38 y 4,01%; promedio de 6,35% en el seudotallo en la primera cosecha y 2,6% en la segunda, en el cormo el promedio de K fue de 3,69% en la primera cosecha y de 1,53% en la segunda, del mismo modo en las hojas el rango fue de 2,63 a

2,68% en la primera cosecha y de 1,50 a 1,93% en la segunda. Se observa que los órganos seudotallo, cormo y hojas, no fueron consistentes en la concentración de K en las dos cosechas, siendo más altos significativamente en la primera. Por el contrario, los dedos alcanzaron mayor concentración en la segunda cosecha con rango de 1,25 a 1,36%, que en la primera que presentó valores en un rango de 1,12 a 1,16%. Quizás estas son las razones por la cual el rendimiento en peso de racimo haya sido mayor en la segunda cosecha que en la primera (36.6 t y 20 t, respectivamente), posiblemente hubo mayor translocación de K desde el cormo, tallo y hojas hacia el racimo en la segunda cosecha que en la primera. Según Mena (1997), el potasio disminuye en las hojas a partir de la floración, translocándose al racimo donde es usado para el llenado de los frutos o dedos. Además, como se dijo, la primera cosecha fue afectada por una enfermedad (Figura 9) que pudo incidir en la translocación y comportamiento general del cultivo.

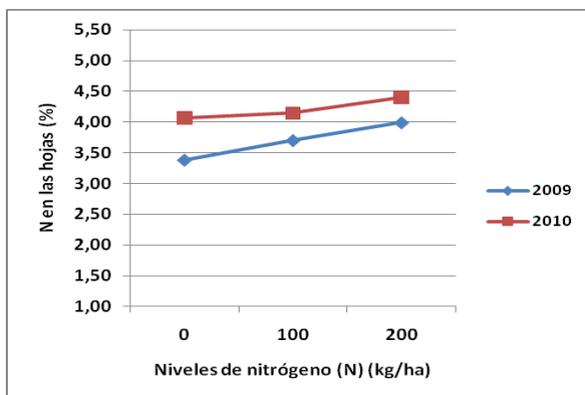
La alta absorción de potasio presenta en la primera cosecha (452,4 kg/ha) respecto a la absorción de la segunda cosecha (237,73 kg/ha) no hay explicación clara. Según los autores Combatt *et al* (2004) la mejor respuesta al potasio es con la interacción N-K con 200 kg/ha de cada uno y con ecuaciones estimadas estadísticamente el K se encuentra entre 250 y 300 kg/ha, Espinosa y Bolaños (1998) indican que el requerimiento del potasio está entre 210 y 280 kg/ha, mientras que Carro (1991) mencionado por Combatt *et al.* (2004) indica que la fertilización se debe hacer con 200 a 400 kg/ha. Por consiguiente, los resultados de la segunda cosecha, absorción de 237,73 kg/ha de K (Cuadro 2) concuerda con los autores anteriores, no así la absorción de la primera cosecha, 452,4 kg/ha.

**Cuadro 4. Distribución porcentual de la absorción de los elementos nutritivos en las diferentes estructuras de la planta de plátano. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.**

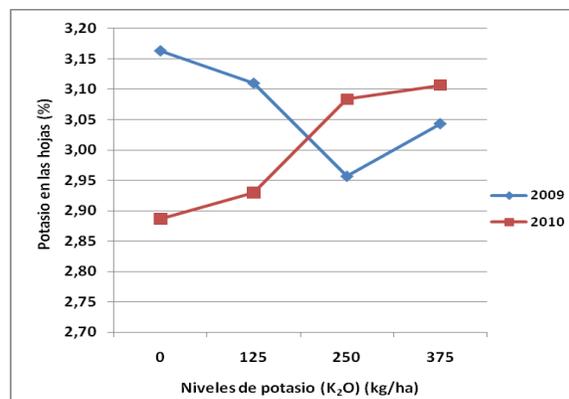
Estructura	Elemento nutritivo (%)										
	N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
<b>Siembra 2008/09</b>											
Raíz	2,36	1,27	2,32	3,85	1,60	2,27	20,43	9,38	2,11	2,33	3,54
Cormo	5,95	3,94	4,76	12,54	7,99	4,13	4,57	8,34	7,08	4,21	3,57
Seudotallo	<b>35,41</b>	<b>29,93</b>	<b>62,21</b>	<b>40,64</b>	<b>61,65</b>	<b>37,86</b>	<b>67,95</b>	<b>50,33</b>	<b>66,76</b>	<b>56,32</b>	<b>59,89</b>
Hojas	<b>20,48</b>	<b>14,27</b>	<b>13,69</b>	9,02	3,63	<b>20,45</b>	1,45	8,02	5,00	<b>29,58</b>	8,71
Raquis	5,21	3,47	<b>13,76</b>	5,24	5,36	5,25	2,42	3,09	3,38	6,36	4,12
Pinzote	3,79	5,32	0,57	1,60	4,47	5,19	1,25	1,03	1,61	0,60	4,54
Dedos	<b>26,80</b>	<b>41,79</b>	2,69	<b>27,09</b>	<b>15,30</b>	<b>24,86</b>	1,94	<b>19,81</b>	<b>14,06</b>	0,61	<b>15,62</b>
<b>Siembra 2009/10</b>											
Raíz	5,74	3,68	9,20	6,81	8,77	5,33	<b>75,30</b>	<b>14,95</b>	9,79	<b>12,57</b>	<b>13,01</b>
Cormo	<b>14,40</b>	8,57	15,19	<b>35,78</b>	<b>12,78</b>	9,97	<b>17,07</b>	<b>24,01</b>	<b>15,69</b>	<b>19,39</b>	<b>11,05</b>
Seudotallo	2,75	2,37	9,46	8,86	4,62	3,67	1,35	6,39	9,88	5,85	4,70
Hojas	<b>16,54</b>	<b>10,45</b>	<b>26,48</b>	9,98	4,71	<b>17,48</b>	<b>3,40</b>	6,55	9,01	<b>50,84</b>	7,57
Raquis	4,45	3,07	<b>33,06</b>	14,57	3,21	7,05	0,88	4,93	5,98	10,22	5,46
Pinzote	3,58	4,31	1,59	1,60	8,67	9,81	0,46	0,72	1,91	1,13	5,67
Dedos	<b>52,55</b>	<b>67,55</b>	5,03	<b>22,40</b>	<b>57,24</b>	<b>46,69</b>	1,54	<b>42,44</b>	<b>47,75</b>	0,01	<b>52,55</b>

La concentración de nutrientes en las hojas, análisis hecho cuando el cultivo inició la floración (siete meses), muestra que el N aumentó en las hojas conforme las dosis de N: 0, 100 y 200 (Figura 20), lo que confirma la respuesta al N en las variables de rendimiento y de crecimiento en ambas cosechas, 2009 y 2010. Por el contrario, la concentración de K en las hojas disminuye con la dosis de ese elemento aplicada al suelo en la cosecha de 2009, cosecha con bajo rendimiento de dedos y aumenta en la cosecha de 2010 (Figura 21) en el experimento 1, N-K, es posible que esta sea la razón por la cual no hubo respuesta a la aplicación de K en la primera cosecha. Sin embargo, en los experimentos 2 y 3 (P-K y S-K), en ambas cosechas, mayormente en la de 2010, las curvas de K en las diferentes variables tienden a ser ascendente, según la dosis de ese elemento, excepto en el experimento P-K que el valor más alto en potasio es con 250 kg/ha y no con 375 kg/ha (Figuras 22 y 23).

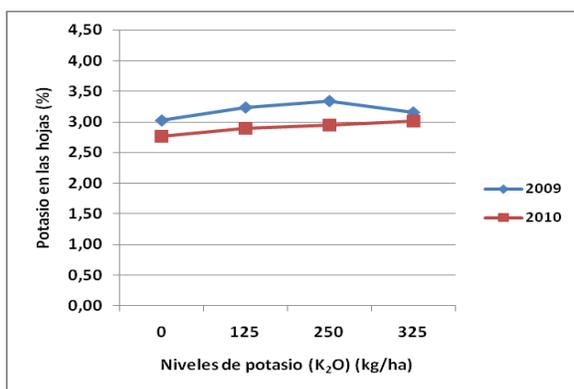
La concentración de fósforo y azufre en las hojas a los siete meses de edad de la planta, no aumentaron significativamente con el aporte de esos dos elementos (Anexos A17, A18, A25 y A26), de igual modo, no hubo respuesta en las variables de rendimiento y crecimiento con las dosis aplicadas de estos dos elementos P y S, excepto para crecimiento a los cuatro meses de edad para el P en la cosecha de 2009 y para la longitud del dedo de la segunda mano cuando se aplicó S en la cosecha de 2010. Este comportamiento de concentración de nutrimentos en las hojas y de producción del cultivo, es interesante considerarlo, pues existe correlación positiva entre la concentración en las hojas hasta niveles normales según la especie y el rendimiento del cultivo. Marín y De Roberti (1992), sugieren que las concentraciones foliares deben ser de 3,6%; entre 0,20 a 0,27% y entre 3,0 a 4% de N, P y K respectivamente, para obtener buenos rendimientos en los suelos de la serie Chama en Venezuela. En nuestro medio el N resultó ser de 3,38% a 4,40% siendo mayor a medida que aumentó la dosis de N, el P presentó valores de 0,215 y 0,224%, de 0,228 y 0,232 para los tratamientos P0 y P70 en las cosechas 2009 y 2010, respectivamente, y el K presentó valores desde 2,54% hasta 3,34% de concentración foliar en base seca en los tratamientos 0 y 375 kg/ha, respectivamente; lo que indica que bajo los criterios de Marín y De Roberti (1992), todos los tratamientos, excepto K0 y N0, tienen buena concentración foliar incluyendo en P0 y el S0. Posiblemente por la concentración normal en las hojas cuando no se aplicó fósforo ni el azufre (P0 y S0) fue que no hubo respuesta a la aplicación de esos dos elementos (concentración similar en las hojas con y sin aplicación). De igual forma hubo respuesta significativa a la aplicación de N, debido a que al aplicar las dosis de 100 y 200 kg/ha se aumentó la concentración en las hojas y con N0 quedó por debajo de lo sugerido por Marín y De Roberti (1992), respuesta similar a la del N fue la del K, pero para la cosecha de 2010.



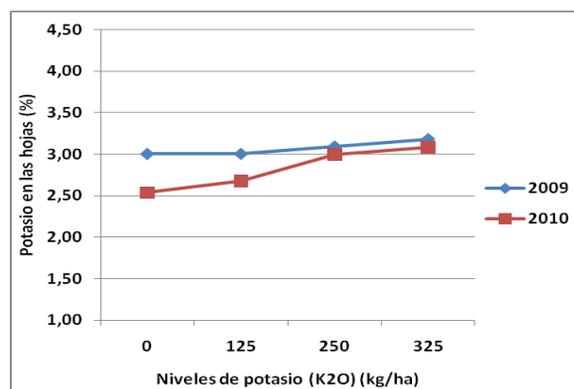
**Fig.20.** Concentración de N en las hojas a los siete meses de edad, para las dos cosechas 2009 y 2010. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.



**Fig. 21.** Concentración de K en las hojas a los siete meses de edad, para las dos cosechas 2009 y 2010. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.



**Fig. 22.** Concentración de K en las hojas a los siete meses de edad, para las cosechas 2009 y 2010. Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.



**Fig. 23.** Concentración de K en las hojas a los siete meses de edad, para las cosechas 2009 y 2010. Experimento S-K. La Fortuna, San Carlos, C.R. Octubre de 2010.

Las plantas del cultivo de plátano absorben gran cantidad de K, seguido por N y Ca, con valores de 452,39 y 237,73 kg/ha de K; 93 y 102,56 kg/ha de N; 51,86 y 41,4 kg/ha de Ca en las cosechas 2009 y 2010, respectivamente. De P las plantas absorbieron 10,21 y 10,83 kg/ha en las dos cosechas (Cuadro 2), lo que representa 22,62 y 6,49; 4,65 y 2,80; 2,59 y 1,13 kg de K, N, Ca/t respectivamente en las cosechas 2009 y 2010, y de P se absorbieron 0,51 y 0,30 kg/t en las dos cosechas en su orden. Los datos de la primera cosecha (2009) difieren de los reportados por Bertsch (2003) cuyos valores son: 1,7; 0,2 y 5,1 kg de N, P y K/t para un rendimiento de 23,3 t/ha; mientras que para un rendimiento de 30 t/ha la absorción reportada por Bertsch (2003) fue de 2,5; 0,3 y 6,3 kg/t de N, P y K, los resultados de la segunda cosecha (2010) en este estudio, es decir 2,80; 0,30 y 6,49 kg/t de N, P y K concuerdan con los reportados por Bertsch (2003) para 30 t/ha. Asimismo reportó que la absorción total de calcio (Ca) fue de 82 kg/ha.

En este estudio la absorción de Mg fue de 18 y 35, 7 kg/ha, mientras que la de S alcanzó 6,51 y 7,4 kg/ha, para las cosechas 2009 y 2010, respectivamente. En cuanto a los microelementos, el Fe y Mn registraron la mayor absorción; en cambio para el Zn, B y Cu fue más baja como se observa en el Cuadro 2.

#### 4.5. Programa de fertilización

Basado en la absorción de los elementos de mayor requerimiento, el aporte del suelo del lugar y el porcentaje de retorno de los nutrimentos al suelo a través de los residuos de la segunda cosecha (2010), que son los resultados que mejor se ajustan a los reportes de la literatura y la que no tuvo afectada significativamente por ninguna enfermedad, se elaboró el Cuadro 5, donde se observa que el elemento nitrógeno siempre debe aplicarse se considere o no el residuo de cosecha, por el contrario ninguno de los demás elementos, bajo ese sistema, debería aplicarse.

Sin embargo, se debe recordar que la disponibilidad de los nutrimentos en el suelo están condicionados a la cantidad inicial existente en forma independiente de cada uno y al balance de los mismos, lo que confirma Combatt *et al.* (2004), cuando indican que la fertilización de los cultivos no es uniforme en todos los suelos, sino que depende del contenido inicial o potencial nutricional de cada suelo; además se debe considerar las condiciones climáticas, por lo que es necesario siempre hacer ajustes a los programas de fertilización base, para un cultivo en una zona definida. En el Cuadro 5 se aprecia, que de nitrógeno debería aplicarse 96 kg/ha, tomado en cuenta el aporte de residuo de la cosecha de plátano anterior con una densidad aproximada de 2.200 ptas./ha, o sin aporte de residuo, la aplicación debería ser de 171 kg/ha.

**Cuadro 5. Absorción de cada elemento, aporte por el suelo y por el rastrojo después de la cosecha de plátano, para el cálculo de la necesidad del aporte de fertilizante. La Fortuna, San Carlos Costa Rica. Octubre de 2010.**

Elemento	Absorción cultivo (kg/ha)	Aporte suelo (kg/ha)	Aporte rastrojo cultivo (kg/ha)	Diferencia (kg/ha)	Eficiencia del elemento	Necesidad de aplicar (kg/ha) <sup>1</sup>	Diferencia (kg/ha)	Necesidad de aplicar (kg/ha) <sup>2</sup>
<b>N</b>	102,56	0	45	57,56	0,6	<b>95,9</b>	102,56	<b>170,9</b>
<b>P</b>	10,83	10	3	-2,17			0,83	
<b>Ca</b>	51,8	2.640	48,4	-2.636,6			-2.588,2	
<b>Mg</b>	35,71	480	27	-471,29			-444,29	
<b>K</b>	237,73	281	81	-124,27			-43,27	
<b>S</b>	7,44	8	3,2	-3,76			-0,56	

<sup>1</sup> considera el aporte del rastrojo del cultivo de plátano.

<sup>2</sup> para fertilización no considerando el aporte del cultivo de plátano.

## 5. Conclusiones y recomendaciones

Bajo las condiciones en que se llevó a cabo el estudio se concluye:

- La variable número de mano no presentó respuesta a ninguno de los elementos estudiados, en los tres experimentos N-K, P-K y S-K, en las cosechas 2009 y 2010. Al parecer, esta variable está condicionada principalmente al factor genético de este cultivo. El racimo siempre produjo entre 4 y 6 manos.
- Hubo diferencias significativas a la aplicación de nitrógeno (N) tanto para las variables de rendimiento peso de racimo, número de dedos, y calibre y longitud del dedo central de la segunda mano. También hubo respuesta a las variables de crecimiento altura y circunferencia (grosor) del seudotallo a los cuatro y siete meses después de la siembra.
- La dosis más alta de nitrógeno (200 kg/ha) produjo los mejores resultados.
- La concentración de N en las hojas aumentó conforme se aumentó la dosis de ese elemento 0, 100 y 200 kg/ha.
- No se llegó al punto de inflexión con las dosis de 200 kg N/ha, en las variables altura y grosor de seudotallos a los siete meses de edad, longitud del dedo central de la segunda mano y peso de racimo, por lo que el plátano es posible que responda a mayor dosis de este elemento.
- No hubo respuesta a las dosis de 125, 250 y 375 kg de  $K_2O$ /ha en ninguno de los tres experimentos en la primera cosecha (2009). Por el contrario, en la cosecha 2010, hubo respuesta significativa en las variables longitud y calibre del dedo central de la segunda mano en el experimento N-K y en las variables longitud y calibre del dedo central de la segunda mano, además en peso de racimo en los experimentos P-K y S-K en la cosecha de 2010, a la aplicación de  $K_2O$ , especialmente con las dosis 250 y 375 kg/ha. Respecto a las variables de crecimiento altura de planta y grosor de pseudotallo, únicamente hubo efecto significativo a la aplicación de potasio en el experimento S-K en la cosecha 2010.
- En la cosecha de 2009 hubo un ataque de enfermedad, según análisis se trató de *Pectobacterium sp.* (syn *Erwinia*), lo que pudo inducir a la falta de respuesta al potasio en esa cosecha, relativo bajos rendimientos en los experimentos y a la falta de translocación de ese potasio desde los demás órganos hasta el racimo, lo que posiblemente conlleva a manifestar alta absorción de ese elemento en esa cosecha.
- En ninguna de las dos cosechas (2009 y 2010) hubo respuesta a la aplicación de 70 kg/ha de  $P_2O_5$  ni a 30 kg/ha de S, excepto para longitud del dedo central de la

segunda mano con la aplicación de S y para el grosor y altura del pseudotallo a los cuatro meses de edad con la aplicación de P en la cosecha 2009.

- Las matas de plátano son de alta absorción de potasio (K), seguido por el nitrógeno (N) y el calcio (Ca) con valores de 452,39; 93 y 51,86 kg/ha, en la cosecha 2009 y 237,73, 102,56 y 41,4 kg/ha de K, N y Ca, respectivamente en la cosecha 2010. Esto representa en orden el 70,78%, 14,56% y el 8,11% del total absorbido para la cosecha de 2009 y de 53,56%, 23,11%, 9,33% para la cosecha de 2010, es decir en conjunto estos tres elementos representan el 93,45% y el 86% de la absorción total, según sea la siembra de 2009 o 2010.
- La absorción de magnesio (Mg) por parte del cultivo de plátano es mayor que la de fósforo (P), cuyos valores en orden son de 18 y 35,7 kg/ha para el Mg y de 10,21 y 10,83 kg/ha para el P, en las cosechas 2009 y 2010, respectivamente. Con un rendimiento de 20 t y de 36.6 t de racimos/ha, en orden de las cosechas.
- Dentro de los microelementos, el hierro (Fe) y el manganeso (Mn) registraron la mayor absorción, en orden de las cosechas 2009 y 2010, de (Fe) se absorbieron 4,98 y 5,64 kg/ha, de Mn 1,94 y 1,53 kg/ha. En cambio la absorción de zinc (Zn), boro (B) y cobre (Cu) fue más baja, según el orden de cosecha, de Zn se absorbieron 201 y 170 g/ha; de B, 81 y 110 g/ha, respectivamente, mientras que la absorción de Cu fue de 31 y de 74 g/ha, respectivamente.
- En el sistema de producción de plátano, el porcentaje de retorno de elementos nutritivos al suelo, por parte de los residuos de cosecha es alto. Hubo un retorno de 69%, 52,9%, 80,23%, 96,75%, 71,3% y 69,95% del total de N, P, K, Ca, Mg y S absorbido, respectivamente, en la cosecha de 2009. De igual forma, en la cosecha de 2010, el retorno de elementos al sistema a través de los residuos fue de: 43,87%, 28,14%, 34 %, 93,38%, 76%, y 43,5%, en el mismo orden anterior. Se observa que hubo diferencia en algunos elementos de una cosecha a otra, esto es debido a la disminución en la concentración de elementos o de materia seca en algunos tejidos en la cosecha 2010 y al aumento de materia seca en el racimo en esa misma cosecha. Lo importante de rescatar es que el retorno va a depender del comportamiento del cultivo en cuando a rendimiento, pues según la translocación y demanda del elemento como de la acumulación de materia seca, así estará distribuido el porcentaje de retorno.
- Cuando el rendimiento fue alto, 36,6 t/ha de racimos, los dedos se convirtieron en el principal órgano de absorción de P (67,5%), K (57%) y N (52%), respecto a los demás órganos, seguido por las hojas. Por el contrario, cuando el rendimiento fue bajo igual a 20 t/ha, los frutos o dedos pasaron a tener una menor absorción de esos elementos, P (41,8%), K (15,3%) y N (26,8%), por lo que el retorno al sistema es

mayor en N-P-K, cuando el rendimiento es menor. Respecto al calcio (Ca), este elemento es de muy baja absorción por los dedos, 2,7% y 5% en las cosechas 2009 y 2010, respectivamente, en ese sentido la mayoría se recicla en el sistema a través de las otras estructuras, hojas, seudotallo, cormo, entre otras. La raíz es el órgano que presenta mayor concentración y absorción de hierro.

Con los resultados obtenidos y para las condiciones de la zona donde se estableció estudio, en forma general, se recomienda:

- El uso de 200 kg de N/ha para la producción de plátano en la Región Huetar Norte.
- En suelos con  $\leq 0,38$  cmol(+)/l, se recomienda la dosis de 250 kg/ha de  $K_2O$ . Con  $> 0,38$  cmol(+)/l y aporte de residuo de cosecha, se debe considerar la aplicación de  $K_2O$  según caso particular.
- En suelos con más de cinco partes por millón de fósforo, obtenido por el método de Olsen Modificado, siempre que se retornen los residuos de la cosecha anterior de plátano al suelo, no es necesario el aporte de este elemento.
- Para el cultivo de plátano, en la zona de estudio, no es necesario la aplicación de azufre, a menos que se presenten deficiencias visibles o que se haga el diagnóstico de la falta a través de análisis foliares.
- En cada plan de fertilización, para cualquier cultivo establecido posterior a la cosecha de plátano, es necesario considerar los aportes de los residuos de cosecha, siempre y cuando estos se dejen en el campo.

En plantación madre (primera generación, el fraccionamiento del N-K se debe hacer de la siguiente forma, debido a la fecha de inicio de aparición y desarrollo de raíces y a la organogénesis general del cultivo.

Elemento/fecha	Al mes y medio (1,5 mes) de la siembra. Siembra con cormo	Entre los 3 y 3,5 meses después de la siembra	A los 5 meses después de la siembra	Al inicio de la floración (aproximadamente 7 meses de edad)
N	15%	30%	35%	20%
$K_2O$	15%	30%	35%	20%

- Se debe tomar en consideración algunos síntomas visibles presentes, que al parecer son productos de la falta de absorción de calcio o boro. Información que no se corroboró en estos experimentos por presentarse en la hoja recién emitida y que los análisis de rutina no la contemplan. Problema que debería considerarse en futuras investigaciones para cubrir la parte nutricional en este cultivo. Deficiencia que puede aparecer aún con suficiente cantidad de esos elementos en el suelo.

## 6. Bibliografía

- Abopac (Abonos del Pacífico). 2005. Informe de labores de Parménides Furcal. Resultados de caracterización química de los suelos de la zona norte. San José, Costa Rica. 18p.
- Araya A., J. M. 2008. Agrocadena de Plátano. Caracterización de la Agrocadena. Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica. Dirección Regional Huetar Norte. P.76.
- Barrientos, O. y Chaves. G. 2008. SEPSA y PROCOMER. Región Huetar Norte. Oferta Exportada Actual y Oferta Potencial de Productos Agropecuario Alternativos. P. 83-87. [www.infoagro.go.cr/documentospdf/Huetar\\_NorteLibro-final.pdf](http://www.infoagro.go.cr/documentospdf/Huetar_NorteLibro-final.pdf). Consultado el 30 de junio de 2009.
- Bauer, J.; Incón, H; Rincón, R. 1998. Variación de concentración de nitrógeno en frutos y hojas de plátano (*Musa AAB* cv. Hartón), bajo distintos niveles de fertilización nitrogenada, en el estado de Zulia, Venezuela. I Jornadas Nacionales de Plátano y Banano (Don Bernardino Mejías). [www.zulia.infoagro.info.ve](http://www.zulia.infoagro.info.ve). Consultado el 20 de diciembre de 2006.
- Bertsch, F. 2003. Absorción de nutrientes por los cultivos. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. CIA, UCR. P. 248.
- Bolaños, M. M.; Celis, L D; Morales, H. 2002. Fertilización y residualidad de nutrimentos, en el cultivo de plátano (*Musa AAB*) en un andisol de Quindío, Colombia. Acorbat. Memorias XV reunión. Cartagena de Indias, Colombia. 27 de octubre al 2 de noviembre de 2002. Medellín Colombia: Asociación de Bananeros de Colombia AUGURA, 2002. P. 436-440.
- Bornemisza, E. 1990. Problemas del azufre en suelos y cultivos de Mesoamérica. 1ª Ed. Editorial de la UCR. San José, Costa Rica. P. 24-25.
- Caravaca, V., P. y Arias H., V. 2008. Fertilizantes. Servicio de Información e Inteligencia de Mercado. CNP. P.10. Subgerencia de Desarrollo Agropecuario. San José, C.R. 2008.
- Caravaca V., P. y Arias, H., V. 2008. CNP. Subgerencia de Desarrollo Agropecuario. Dirección Mercadeo y Agroindustria. Sistema de Información e Inteligencia de mercados. Fertilizantes. SIM/CNP/MERCANET. [www.mercanet.cnp.go.cr](http://www.mercanet.cnp.go.cr).
- Combatt, E. M.; Martínez, G.; Barrera, J L. 2004. Efecto de la interacción de N y K sobre las variables de rendimiento del cultivo de plátano (*Musa AAB Simmonds*) en San Juan de Uraba-Antioquia. Rev. Temas Agrarios Vol. 9 N°1 /Enero-Junio, 2004. P. 5-12.
- CNP (Consejo Nacional de Producción, CR). 2009. Boletín Informativo del Plátano. SIIM (Servicio de Información e Inteligencia de Mercados). Boletín N° 1, 2009. Consultado el 20 de noviembre de 2009. Disponible en:

[http://www.cnp.go.cr/php\\_mysql/admin/KTML/uploads/files/boletines/Boletin\\_Platano\\_01-09-2009.pdf](http://www.cnp.go.cr/php_mysql/admin/KTML/uploads/files/boletines/Boletin_Platano_01-09-2009.pdf)

Espinosa, J. y Belalcázar, S. 1998. Fertilization of plantain in high densities. Potash and Phosphate Institute and Colombian Institute of Agronomic Research. P 5. [www.inpofos.org](http://www.inpofos.org). [www.ppi-ppic.org](http://www.ppi-ppic.org). Consultado el 20 de diciembre de 2006.

FEDARES (Federación de Asociaciones de Regantes de El Salvador). 2002. Estudio técnico y de mercado del plátano. Programa de apoyo al proceso productivo en el departamento de San Vicente. Consultado el 31 de agosto de 2009. Disponible en: <http://www.sanvicenteproductivo.org/est/Estudio%20Platano.pdf>

FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola). INFORMA. 2008. Razones para aumento en precio de fertilizantes. Carta Informativa Trimestral de la Dirección General. Honduras. Junio, 2008. Año 16 No.2

InfoStat 2008. *InfoStat versión 2008*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición, Editorial Brujas. Argentina.

Landaverde, R. 2006. El cultivo del plátano. OIRSA (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria). El Salvador. Consultado 25 de agosto de 2009. Disponible en: [http://www.engormix.com/el\\_cultivo\\_platano\\_s\\_articulos\\_758\\_AGR.htm](http://www.engormix.com/el_cultivo_platano_s_articulos_758_AGR.htm)

López, R. 2002. Manual de producción de plátano basado en la experiencia de Zamorano. Trabajo de graduación de Licenciatura. Honduras. 50 pág. Citado el 4 de setiembre de 2009. Disponible en: [http://zamo-oti-02.zamorano.edu/tesis\\_infolib/2002/T1553.pdf](http://zamo-oti-02.zamorano.edu/tesis_infolib/2002/T1553.pdf)

Marín, M. y De Roberti P., R. 1992. Importancia del análisis foliar en la evaluación de la fertilidad de suelos en Venezuela. Una Revisión. Universidad del Zulia. Maracaibo. Revista de Agronomía (LUZ):9:1-15.1992. Disponible en [www.revfacagronluz.org.ve](http://www.revfacagronluz.org.ve). Consultado el 24 de junio de 2009.

Mena, VJ. 1997. Manejo agronómico y levantamiento de malezas prevalecientes en una plantación de plátano “Curraré” en la finca La Vega, en la región Huetar Norte. Tesis de Lic. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Santa Clara de San Carlos. 54p.

Muñoz R C. 2007. Comparación económica de dos sistemas de producción en plátano en la zona Norte de Costa Rica. Tecnología en Marcha. Editorial Tecnológica de Costa Rica. ITCR. Vol.20-3-Jul-Set.P.35:45.

Murillo, F; y Pacheco, C. 1994. Cultivo de plátano *Musa AAB*. Atlas Agropecuario de Costa Rica. UNED (Universidad Estatal a Distancia). Consultado 25 de agosto de 2009. Disponible en: <http://books.google.co.cr/books?id=AWQqijADFrIC&printsec=frontcover&dq=atlas+agopecuario+de+costa+rica#v=onepage&q=&f=false>

- Orozco; R, y Chaverra; C. 1999. Curso de actualización de Tecnológica en el cultivo del plátano con énfasis en poscosecha. CORPOICA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria) y PRONATTA (Programa Nacional de Transferencia de Tecnología). Consultado el 6 de agosto de 2008. Disponible en: <http://www.docstoc.com/docs/3176765/CURSO-DE-ACTUALIZACION-TECNOLOGICA-EN-EL-CULTIVO-DEL-PLATANO-CON>
- Palencia, G; Gómez, R; y Martín, J. 2006. Manejo sostenible del cultivo del plátano. CORPOICA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria). Editorial Produmedios. Consultado el 27 de agosto de 2009. Disponible en: <http://www.corpoica.org.co/SitioWeb/Archivos/Publicaciones/Cultivodelplano.pdf>
- Pardo, J. 1983. El cultivo del banano. San José, Costa Rica. EUNED. Serie: cultivos mayores No. 7. 73 p.
- Quirós A., J. 2008. Análisis del mercado de los fertilizantes. Servicio de Información e Inteligencia de Mercado. CNP. San José, Costa Rica. Boletín N°1. P.7. Abril 2009.
- Rodríguez, M; y Guerrero, M. 2002. Guía técnica. Cultivo del plátano. CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal). El Salvador. Consultado el 22 de agosto de 2009. Disponible en: <http://www.centa.gob.sv/documentos/guias/platano.pdf>
- Sancho, V H. 1999. Curvas de absorción de nutrientes: importancia y uso en los programas de fertilización. Informaciones Agronómicas. N° 36: 11-13. Disponible en [www.ppi-far.org](http://www.ppi-far.org). Consultado 1 diciembre de 2006.
- SEPSA 2006. Boletín estadístico del sector agropecuario 2005. Disponible en [www.infoagro.go.cr/boletin16](http://www.infoagro.go.cr/boletin16). Consultado 20 diciembre de 2006.
- Soto, M. 1992. Bananos, cultivos y comercialización. II Edición. Costa Rica. Edit. Litografía e Imprenta LiL, S.A. 649p.
- Smith, E; y Velázquez, M. 2004. Opciones Tecnológicas para la producción de plátano (*Musa AAB*), para exportación en la región Atlántica de Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Sistema Unificado de Información Institucional. Fundación para el Fomento y Promoción de la Investigación y Transferencia de la Tecnología Agropecuaria en Costa Rica. Consultado 6 de agosto de 2008. Disponible en: [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_ciencia/manual\\_platano\\_indice.html](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/manual_platano_indice.html)
- Vázquez, R; Romero, A; y Figueroa, J. 2005. Paquete tecnológico para el cultivo del plátano. Gobierno del estado de Colima. Secretaría de Desarrollo Rural del Gobierno del Estado de Colima. México. Consultado 6 de agosto de 2009. Disponible en: <http://www.campecolima.gob.mx/paginaOEIDRUS/PaquetesTecnologicos/PTPlatano.pdf>

## 7. Anexos

**Cuadro A1. Resultados de Análisis de suelo del lote donde se desarrollaron los experimentos en plátano. La Fortuna, San Carlos. Marzo de 2008 y Abril de 2009.**

Año de siembra	pH	cmol(+)/L					%		mg/L					Textura	
	H <sub>2</sub> O	Acidez	Ca	Mg	K	CICE	S.AL	MO	P	Zn	Cu	Fe	Mn	S	A L a (%)
2008	5,9	0,47	9,3	2,5	0,36	12,6	4	3,4	5	5,3	15	161	42	4	38 29 33 FA
2009	5,7	0,18	6,66	2,03	0,38	9,25	2	3,2	4	2,8	8	114	51	14	FA

Las unidades están expresadas en base seca, en m/v. Procedimiento: pH en agua 10:25; acidez, Ca y Mg con KCl 1M relación 1:10; P,K,Zn,Fe,Mn y Cu con Olsen

Modificado pH 8,5 (NaHCO<sub>3</sub> 0,5 N, EDTA 0.01M, Superfloc 127) 1:10. Acidez determinada por valoración con NaOH; P por Analizador de Inyección de Flujo (FIA) y el resto de los elementos por Espectrofotometría de A.A.

**Cuadro A2. Análisis de varianza para la variable productiva peso del racimo, N° dedos y longitud dedos. Cosecha 2009. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de 2010.**

Variable	N	R <sup>2</sup>		R <sup>2</sup> Aj	CV
Peso (kg)	133	0,74		0,00	21,97
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	303,25	106	2,86	0,68	0,9097
Bloque	19,96	3	6,65	1,59	0,2166
N	93,69	2	46,84	11,17	0,0003**
K <sub>2</sub> O	4,75	3	1,58	0,38	0,7700
N*K <sub>2</sub> O	25,18	6	4,20	1,00	0,4459
Bloque*N*K <sub>2</sub> O>Muestra	159,69	92	1,74	0,41	0,9989
Error	109,02	26	4,19		

Total	412,27	132			
<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup> Aj</b>		<b>CV</b>
<b>Nº Dedos</b>	133	0,80	0,00		12,77
<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	1235,57	106	11,66	0,99	0,5320
Bloque	46,20	3	15,40	1,31	0,2911
N	147,15	2	73,58	6,28	0,0060**
K2O	12,57	3	4,19	0,36	0,7842
N*K2O	90,68	6	15,11	1,29	0,2966
Bloque*N*K2O>Muestra	938,96	92	10,21	0,87	0,6923
Error	304,73	26	11,72		
Total	1540,30	132			

\*\*Efecto altamente significativo ( $P \leq 0,01$ ).

<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup> Aj</b>		<b>CV</b>
<b>Long dedos (cm)</b>	133	0,81	0,04		8,10
<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	424,93	106	4,01	1,05	0,4607
Bloque	10,84	3	3,61	0,95	0,4318
N	91,47	2	45,74	12,00	0,0002**
K2O	4,43	3	1,48	0,39	0,7630
N*K2O	23,42	6	3,90	1,02	0,4319
Bloque*N*K2O>Muestra	294,76	92	3,20	0,84	0,7316
Error	99,10	26	3,81		
Total	524,03	132			

Prueba de contrastes polinomiales para la variable productiva número de dedos, según dosis de nitrógeno aplicado. Experimento N-K. Cosecha 2009. Se observa tendencia lineal como cuadrática.

<b>N</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Lineal	91,43	1	91,43	7,80	0,0097**
Cuadrático	56,97	1	56,97	4,86	0,0365*
Total	144,07	2	72,04	6,15	0,0065

\*\*Efecto altamente significativo ( $P \leq 0,01$ ).

\*Efecto significativo ( $P \leq 0,05$ ).

**Cuadro A3. Análisis de varianza para las variables productivas. Experimento N-K. Cosecha 2010. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de 2010.**

<b>Análisis de la varianza</b>					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Peso (kg)	123	0,42	0,21	21,06	
<b>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)</b>					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	415,05	32	12,97	2,02	0,0051
N	167,67	2	83,84	13,06	<0,0001
K2O	17,84	3	5,95	0,93	0,4315
N*K2O	78,16	6	13,03	2,03	0,0697
Bloque	30,70	3	10,23	1,59	0,1963
Bloque*N*K2O	126,66	18	7,04	1,10	0,3691
Error	577,68	90	6,42		
Total	992,73	122			
<b>Análisis de la varianza</b>					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
N° Manos	122	0,32	0,08	11,23	
<b>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)</b>					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	14,21	32	0,44	1,33	0,1519
N	0,14	2	0,07	0,20	0,8173
K2O	0,14	3	0,05	0,14	0,9363
N*K2O	1,84	6	0,31	0,91	0,4884
Bloque	1,29	3	0,43	1,28	0,2857
Bloque*N*K2O	10,84	18	0,60	1,80	0,0378
Error	29,83	89	0,34		
Total	44,04	121			
<b>Análisis de la varianza</b>					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
N° Dedos	123	0,36	0,14	13,41	
<b>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)</b>					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	664,85	32	20,78	1,62	0,0404
N	239,13	2	119,57	9,30	0,0002
K2O	12,01	3	4,00	0,31	0,8171
N*K2O	85,93	6	14,32	1,11	0,3604
Bloque	27,83	3	9,28	0,72	0,5416
Bloque*N*K2O	312,22	18	17,35	1,35	0,1777
Error	1156,82	90	12,85		
Total	1821,67	122			

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Long (cm)	123	0,51	0,34	6,51

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	295,75	32	9,24	2,97	<0,0001
N	83,23	2	41,62	13,35	<0,0001
K2O	27,07	3	9,02	2,89	0,0396
N*K2O	51,60	6	8,60	2,76	0,0165
Bloque	32,77	3	10,92	3,50	0,0186
Bloque*N*K2O	87,95	18	4,89	1,57	0,0861
Error	280,53	90	3,12		
Total	576,28	122			

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Calibre	123	0,41	0,19	9,26

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1891,86	32	59,12	1,92	0,0086
N	150,26	2	75,13	2,44	0,0927
K2O	271,12	3	90,37	2,94	0,0375
N*K2O	476,79	6	79,46	2,58	0,0235
Bloque	233,37	3	77,79	2,53	0,0623
Bloque*N*K2O	976,11	18	54,23	1,76	0,0427
Error	2768,75	90	30,76		
Total	4660,61	122			

**Cuadro A4. Análisis de varianza para la variable productiva calibre del dedo central de la segunda mano. Cosecha 2009. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de 2010.**

Variable	N	R <sup>2</sup>		R <sup>2</sup> Aj	CV	
Calibre	133	0,87		0,36	4,36	
F.V.		SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo		1136,42	106	10,72	1,71	0,0584
Bloque		40,55	3	13,52	2,16	0,1175
N		37,47	2	18,74	2,99	0,0679
K2O		8,48	3	2,83	0,45	0,7190
N*K2O		36,12	6	6,02	0,96	0,4709
Bloque*N*K2O>Muestra		1013,80	92	11,02	1,76	0,0514
Error		163,02	26	6,27		
Total		1299,44	132			

**Cuadro A5. Prueba de contrastes polinomiales para la variable productiva calibre del dedo central de la segunda mano, según dosis de nitrógeno aplicado. Cosecha 2009 Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de 2010.**

N	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	33,22	1	33,22	5,30	0,0296*
Cuadrático	8,73	1	8,73	1,39	0,2486
Total	40,94	2	20,47	3,26	0,0543

\*Efecto significativo ( $P \leq 0,05$ ).

**Cuadro A6. Pruebas de polinomios ortogonales para las variables productivas Calibre del dedo central. Efecto de N en el nivel de K<sub>2</sub>O cero. Este fue el que presentó diferencia significativa. Cosecha 2010. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de 2010.**

K <sub>2</sub> O	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
0,00	Calibre	33	0,51	0,42	5,64

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	308,59	5	61,72	5,63	0,0011
Bloque	48,27	3	16,09	1,47	0,2456
N	286,32	2	143,16	13,05	0,0001
Error	296,11	27	10,97		
Total	604,70	32			

**Contrastes**

N	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	210,51	1	210,51	19,19	0,0002
Contraste2	102,09	1	102,09	9,31	0,0051
Total	286,32	2	143,16	13,05	0,0001

**Coefficientes de los contrastes**

N	Cont.1	Cont.2
0,00	-1,00	-1,00
100,00	0,00	2,00
200,00	1,00	-1,00

**Medias ajustadas y número de observaciones**

Error: 10,9670 gl: 27

N	Medias	n
0,00	53,69	9
200,00	60,17	12
100,00	60,62	12

**Contraste 1 = lineal**

**Contraste 2 = cuadrático**

K2O	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
375,00	Long (cm)	34	0,38	0,27	7,10

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	67,86	5	13,57	3,47	0,0146
N	32,74	2	16,37	4,18	0,0258
Bloque	35,94	3	11,98	3,06	0,0445
Error	109,67	28	3,92		
Total	177,53	33			

**Contrastes**

	N	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal		32,07	1	32,07	8,19	0,0079
Cuadrático		0,43	1	0,43	0,11	0,7424
Total		32,74	2	16,37	4,18	0,0258

**Coefficientes de los contrastes**

N	Cont.1	Cont.2
0,00	-1,00	-1,00
100,00	0,00	2,00
200,00	1,00	-1,00

**Cuadro A7. Pruebas de polinomios ortogonales para las variables productivas peso del racimo, número y longitud de dedos. Efecto de N en cada nivel de K<sub>2</sub>O. Cosecha 2010. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de 2010.**

Nueva tabla: 21/09/2010 - 06:32:29 p.m.

**Análisis de la varianza**

K2O	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
0,00	Peso (kg)	33	0,55	0,47	20,93

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	198,87	5	39,77	6,68	0,0004
N	161,55	2	80,78	13,57	0,0001
Bloque	64,05	3	21,35	3,59	0,0265
Error	160,71	27	5,95		
Total	359,58	32			

**Contrastes**

N	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	140,17	1	140,17	23,55	<0,0001
Cuadrático	33,37	1	33,37	5,61	0,0253
Total	161,55	2	80,78	13,57	0,0001

**Coefficientes de los contrastes**

N	Cont.1	Cont.2
0,00	-1,00	-1,00
100,00	0,00	2,00
200,00	1,00	-1,00

K2O	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
0,00	Nº Dedos	33	0,37	0,25	13,23

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	205,22	5	41,04	3,15	0,0227
N	177,48	2	88,74	6,82	0,0040
Bloque	54,15	3	18,05	1,39	0,2680
Error	351,32	27	13,01		
Total	556,55	32			

**Contrastes**

N	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	167,17	1	167,17	12,85	0,0013
Cuadrático	20,06	1	20,06	1,54	0,2251
Total	177,48	2	88,74	6,82	0,0040

**Coefficientes de los contrastes**

N	Cont.1	Cont.2
0,00	-1,00	-1,00
100,00	0,00	2,00
200,00	1,00	-1,00

K2O	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
0,00	Long (cm)	33	0,44	0,34	6,40

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	64,44	5	12,89	4,32	0,0051
N	57,55	2	28,77	9,64	0,0007
Bloque	12,22	3	4,07	1,37	0,2744
Error	80,55	27	2,98		
Total	144,99	32			

### Contrastes

N	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	51,71	1	51,71	17,33	0,0003
Cuadrático	9,72	1	9,72	3,26	0,0823
Total	57,55	2	28,77	9,64	0,0007

### Coefficientes de los contrastes

N	Cont.1	Cont.2
0,00	-1,00	-1,00
100,00	0,00	2,00
200,00	1,00	-1,00

K20	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
250,00	Peso (kg)	28	0,29	0,12	19,17

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	43,70	5	8,74	1,77	0,1607
N	33,16	2	16,58	3,36	0,0533
Bloque	10,31	3	3,44	0,70	0,5644
Error	108,61	22	4,94		
Total	152,32	27			

**Contrastes**

N	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	31,68	1	31,68	6,42	0,0189
Cuadrático	2,35	1	2,35	0,48	0,4974
Total	33,16	2	16,58	3,36	0,0533

**Coefficientes de los contrastes**

N	Cont.1	Cont.2
0,00	-1,00	-1,00
100,00	0,00	2,00
200,00	1,00	-1,00

K20	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
250,00	Long (cm)	28	0,39	0,25	7,48

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	55,48	5	11,10	2,78	0,0428
N	35,01	2	17,50	4,39	0,0248
Bloque	25,55	3	8,52	2,14	0,1245
Error	87,69	22	3,99		
Total	143,17	27			

**Contrastes**

N	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	25,43	1	25,43	6,38	0,0193
Cuadrático	11,40	1	11,40	2,86	0,1050
Total	35,01	2	17,50	4,39	0,0248

**Coefficientes de los contrastes**

N	Cont.1	Cont.2
0,00	-1,00	-1,00
100,00	0,00	2,00
200,00	1,00	-1,00

K2O	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
375,00	Long (cm)	34	0,38	0,27	7,10

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	67,86	5	13,57	3,47	0,0146
N	32,74	2	16,37	4,18	0,0258
Bloque	35,94	3	11,98	3,06	0,0445
Error	109,67	28	3,92		
Total	177,53	33			

**Contrastes**

N	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	32,07	1	32,07	8,19	0,0079
Cuadrático	0,43	1	0,43	0,11	0,7424
Total	32,74	2	16,37	4,18	0,0258

**Coefficientes de los contrastes**

N	Cont.1	Cont.2
0,00	-1,00	-1,00
100,00	0,00	2,00
200,00	1,00	-1,00

**Cuadro A8. Análisis de varianza para la variable vegetativa, altura del pseudotallo a los cuatro meses de crecimiento. Cosecha 2009. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de 2010.**

Variable	N	R <sup>2</sup>		R <sup>2</sup> Aj	CV	
Altura (cm)	144	0,76		0,00	13,75	
F.V.		SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo		32824,28	110	298,40	0,93	0,6206
Bloque		172,56	3	57,52	0,18	0,9096
N		9867,68	2	4933,84	15,39	0,0001**
K2O		1564,61	3	521,24	1,63	0,2020
N*K2O		3513,43	6	585,57	1,83	0,1242
Bloque*N*K2O>Muestra		17706,00	96	184,44	0,58	0,9801
Error		10580,61	33	320,62		
Total		43404,89	143			

\*\*Efecto altamente significativo ( $P \leq 0,01$ ).

**Cuadro A9. Análisis de varianza para la variable vegetativa, grosor del pseudotallo a los cuatro meses de crecimiento. Cosecha 2009. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de 2010.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj		CV	
Grosor (cm)	144	0,74	0,00		13,10	
F.V.		SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo		2455,00	110	22,32	0,84	0,7449
Bloque		10,14	3	3,38	0,13	0,9428
N		724,05	2	362,02	13,70	0,0001**
K2O		123,59	3	41,20	1,56	0,2178
N*K2O		216,05	6	36,01	1,36	0,2585
Bloque*N*K2O>Muestra		1381,17	96	14,39	0,54	0,9882
Error		872,00	33	26,42		
Total		3327,00	143			

\*\*Efecto altamente significativo ( $P \leq 0,01$ ).

**Cuadro A10. Análisis de varianza para las variables de crecimiento Altura y Grosor del pseudotallo a los cuatro meses de edad. Experimento N-K. Cosecha 2010. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de 2010.**

Análisis de la varianza					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Altura(m) 4 meses	135	0,55	0,41	16,75	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5,20	32	0,16	3,93	<0,0001
N	2,51	2	1,26	30,33	<0,0001
K20	0,12	3	0,04	0,93	0,4271
N*K20	0,25	6	0,04	1,03	0,4132
Bloque	0,49	3	0,16	3,98	0,0100
Bloque*N*k20	1,52	18	0,08	2,03	0,0140
Error	4,22	102	0,04		
Total	9,43	134			
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Grosor (m) 4meses	135	0,50	0,35	15,98	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,36	32	0,01	3,24	<0,0001
N	0,16	2	0,08	22,94	<0,0001
K20	0,01	3	2,1E-03	0,60	0,6156
N*K20	0,03	6	4,3E-03	1,25	0,2890
Bloque	0,03	3	0,01	2,83	0,0421
Bloque*N*k20	0,12	18	0,01	1,90	0,0236
Error	0,35	102	3,5E-03		

**Cuadro A11. Pruebas de polinomios ortogonales para las variables productivas longitud y calibre del dedo central de la segunda mano. Efecto de K<sub>2</sub>O en cada nivel de N. Cosecha 2010. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de 2010.**

<b>Análisis de la varianza</b>						
N	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
0,00	Long (cm)	37	0,235	0,082	8,909	

<b>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)</b>						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	49,240	6	8,207	1,534	0,2010	
K <sub>2</sub> O	37,197	3	12,399	2,318	0,0955	
Bloque	20,184	3	6,728	1,258	0,3065	
Error	160,449	30	5,348			
Total	209,689	36				

<b>Contrastes</b>						
K <sub>2</sub> O	SC	gl	CM	F	p-valor	
Lineal 1	10,441	1	10,441	1,952	0,1726	
Cuadrático 2	0,003	1	0,003	0,001	0,9812	
Cúbico 3	25,531	1	25,531	4,774	0,0368	
Total	37,197	3	12,399	2,318	0,0955	

<b>Coefficientes de los contrastes</b>				
K <sub>2</sub> O	Cont.1	Cont.2	Cont.3	
0,00	-3,000	1,000	-1,000	
125,00	-1,000	-1,000	3,000	
250,00	1,000	-1,000	-3,000	
375,00	3,000	1,000	1,000	

N	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
100,00	Long (cm)	43	0,076	0,000	6,181

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8,541	6	1,424	0,496	0,8067
K2O	1,180	3	0,393	0,137	0,9372
Bloque	7,197	3	2,399	0,837	0,4827
Error	103,238	36	2,868		
Total	111,779	42			

**Contrastes**

K2O	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal 1	0,227	1	0,227	0,079	0,7802
Cuadrático 2	0,942	1	0,942	0,329	0,5701
Cúbico 3	0,100	1	0,100	0,035	0,8527
Total	1,180	3	0,393	0,137	0,9372

**Coefficientes de los contrastes**

K2O	Cont.1	Cont.2	Cont.3
0,00	-3,000	1,000	-1,000
125,00	-1,000	-1,000	3,000
250,00	1,000	-1,000	-3,000
375,00	3,000	1,000	1,000

N	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
200,00	Long (cm)	45	0,461	0,376	6,297

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	98,961	6	16,493	5,424	0,0004
K2O	53,464	3	17,821	5,860	0,0022
Bloque	46,172	3	15,391	5,061	0,0048
Error	115,555	38	3,041		
Total	214,516	44			

**Contrastes**

K2O	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal 1	12,189	1	12,189	4,008	0,0525
Cuadrático 2	35,896	1	35,896	11,804	0,0014
Cúbico 3	2,193	1	2,193	0,721	0,4011
Total	53,464	3	17,821	5,860	0,0022

**Coefficientes de los contrastes**

K2O	Cont.1	Cont.2	Cont.3
0,00	-3,000	1,000	-1,000
125,00	-1,000	-1,000	3,000
250,00	1,000	-1,000	-3,000
375,00	3,000	1,000	1,000

### Análisis de la varianza

N	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
0,00	Calibre	37	0,44	0,33	6,19

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	315,53	6	52,59	3,99	0,0047
K20	309,30	3	103,10	7,83	0,0005
Bloque	27,78	3	9,26	0,70	0,5576
Error	395,12	30	13,17		
Total	710,65	36			

### Contrastes

K20	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal1	165,31	1	165,31	12,55	0,0013
Cuadrático2	29,80	1	29,80	2,26	0,1430
Cúbico3	112,23	1	112,23	8,52	0,0066
Total	309,30	3	103,10	7,83	0,0005

### Coefficientes de los contrastes

K20	Cont.1	Cont.2	Cont.3
0,00	-3,00	1,00	-1,00
125,00	-1,00	-1,00	3,00
250,00	1,00	-1,00	-3,00
375,00	3,00	1,00	1,00

**Cuadro A12. Reporte de análisis de tejidos en planta de plátano al momento de la cosecha de 2009. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de 2010.**

LABORATORIO DE SUELOS Y FOLIARES. REPORTE DE ENSAYO: CIA-SC12-01-I01-R01 (v4)

N° DE REPORTE: 31838

USUARIO: INSTITUTO TECNOLOGICO DE COSTA RICA

RESPONSABLE: PARMENIDES FURCAL

CORREO: pfurcal@itcr.ac.cr

TELÉFONO: 2550-2271/8352-0053

FAX:

PROVINCIA: ALAJUELA  
CANTÓN: SAN CARLOS

LOCALIDAD: EL TANQUE

CULTIVO: PLATANO

ANÁLISIS: QC,B,S  
FECHA RECEPCIÓN: 31/03/2009  
EMISIÓN DE REPORTE: 17/04/2009  
N° DE MUESTRAS: 28  
TOTAL: 28  
PÁGINA: 1/2

**ANÁLISIS QUÍMICO FOLIAR**

ID USUARIO	IDLAB	%						mg/kg				
		N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
<b>RAIZ 1</b>	P-09-03842	1,10	0,07	0,65	0,43	4,43	0,07	6006	15	23	227	16
CORMO 1	P-09-03838	0,53	0,04	0,19	0,19	3,15	0,03	192	2	14	66	2
TALLO 1	P-09-03834	0,83	0,08	0,75	0,17	6,15	0,06	883	3	18	283	11
<b>HOJA 1</b>	<b>P-09-03818</b>	<b>3,26</b>	<b>0,27</b>	<b>1,15</b>	<b>0,26</b>	<b>2,68</b>	<b>0,23</b>	<b>108</b>	<b>4</b>	<b>16</b>	<b>916</b>	<b>12</b>
RAQUIS 1	P-09-03822	0,98	0,08	1,29	0,20	4,80	0,06	221	2	14	249	7
PINZOTE 1	P-09-03826	1,65	0,29	0,17	0,17	11,18	0,18	325	2	21	70	24
DEDOS 1 (plátano)	P-09-03830	0,43	0,07	0,03	0,08	1,16	0,03	18	1	5	3	1
<b>RAIZ 2</b>	P-09-03843	1,00	0,05	0,54	0,27	2,92	0,07	3538	12	18	209	11
CORMO 2	P-09-03839	0,49	0,04	0,32	0,29	3,93	0,02	308	3	16	130	4
TALLO 2	P-09-03835	0,66	0,07	0,94	0,23	6,47	0,06	887	2	40	371	14
<b>HOJA 2</b>	<b>P-09-03819</b>	<b>2,74</b>	<b>0,21</b>	<b>1,18</b>	<b>0,31</b>	<b>2,66</b>	<b>0,20</b>	<b>132</b>	<b>4</b>	<b>18</b>	<b>1140</b>	<b>7</b>
RAQUIS 2	P-09-03823	0,93	0,08	1,35	0,26	5,15	0,10	370	2	15	339	7
PINZOTE 2	P-09-03827	1,63	0,30	0,17	0,13	10,95	0,18	286	1	15	63	16
DEDOS 2 (plátano)	P-09-03831	0,38	0,07	0,03	0,08	1,12	0,02	18	1	5	3	1
<b>RAIZ 3</b>	P-09-03844	1,33	0,09	0,68	0,39	3,99	0,09	7070	19	26	271	19
CORMO 3	P-09-03840	0,68	0,04	0,25	0,20	4,01	0,03	181	3	12	43	3
TALLO 3	P-09-03836	0,74	0,06	0,58	0,12	6,42	0,05	595	5	35	137	9
<b>HOJA 3</b>	<b>P-09-03820</b>	<b>3,18</b>	<b>0,21</b>	<b>1,12</b>	<b>0,22</b>	<b>2,63</b>	<b>0,21</b>	<b>116</b>	<b>4</b>	<b>15</b>	<b>743</b>	<b>15</b>
RAQUIS 3	P-09-03824	1,17	0,06	1,23	0,13	5,49	0,06	180	2	14	193	7
PINZOTE 3	P-09-03828	2,27	0,28	0,18	0,16	10,31	0,18	374	2	16	54	19
DEDOS 3 (plátano)	P-09-03832	0,42	0,07	0,01	0,08	1,13	0,03	12	1	4	ND	4

OBSERVACIÓN: ND SIGNIFICA NO DETECTADO.

*Floria Bertsch*

Ing. Agr. Floria Bertsch  
COORDINADORA, LABORATORIO DE SUELOS Y FOLIARES

1. Las unidades están expresadas en base seca, en m/m. 2. Procedimiento: N por combustión seca de acuerdo al CIA-SC09-01-01-P06; P, Ca, Mg, K, S, Na, Fe, Cu, Zn, Mn, B y Al por digestión húmeda por Espectrofotometría de Emisión Atómica con Plasma de acuerdo al CIA-SC09-01-01-P10. 3. El muestreo es responsabilidad del usuario.

4. Los resultados se refieren únicamente a las muestras ensayadas. 5. El tiempo de custodia de las muestras es de 30 días después de entregar el Reporte de Ensayo.

6. El Reporte de Ensayo válido es el original firmado y sellado; cuando el usuario solicita el envío del reporte por fax o por correo electrónico el Laboratorio no se hace

**Cuadro A13. Reporte de análisis de tejidos en planta de plátano al momento de la cosecha de 2010. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de 2010.**

LABORATORIO DE SUELOS Y FOLIARES. REPORTE DE ENSAYO: CIA-SC12-01-I01-R01 (v6)

N° DE REPORTE: 36219  
 USUARIO: INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
 RESPONSABLE: PARMENIDES FURCAL  
 CORREO: pfurcal@hotmail.com  
 TELÉFONO: 2550-9167 / 2550-2285

PROVINCIA: ALAJUELA  
 CANTÓN: SAN CARLOS

CULTIVO: PLATANO

ANÁLISIS: QC,B,S  
 FECHA RECEPCIÓN: 26/05/2010  
 EMISIÓN DE REPORTE: 03/06/2010  
 N° DE MUESTRAS  
 TOTAL: 21  
 PÁGINA: 1/2

ANÁLISIS QUÍMICO FOLIAR												
ID USUARIO	IDLAB	%						mg/kg				
		N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
<b>HOJAS 1</b>	P-10-04015	<b>2,93</b>	0,19	1,59	0,53	<b>1,93</b>	0,22	373	6	28	<b>1263</b>	14
<b>HOJAS 2</b>	P-10-04016	<b>2,55</b>	0,18	1,58	0,52	<b>1,89</b>	0,20	193	7	19	<b>1243</b>	12
<b>HOJAS 3</b>	P-10-04017	<b>2,58</b>	0,17	2,17	0,68	<b>1,50</b>	0,20	329	11	24	<b>1222</b>	12
RAQUIS 1	P-10-04018	0,73	0,06	2,39	0,91	1,08	0,08	119	9	18	264	11
RAQUIS 2	P-10-04019	0,87	0,06	2,72	0,96	2,09	0,12	81	7	19	387	11
RAQUIS 3	P-10-04020	0,88	0,06	2,25	0,95	0,82	0,08	64	3	17	168	9
<u>PINZOTE 1</u>	P-10-04021	2,04	0,22	0,36	0,29	9,54	0,35	179	3	20	102	29
<u>PINZOTE 2</u>	P-10-04022	1,47	0,23	0,33	0,29	10,95	0,34	83	3	14	86	31
<u>PINZOTE 3</u>	P-10-04023	1,94	0,24	0,29	0,27	10,02	0,39	126	2	14	71	29
<b>PLATANO 1 (dedos)</b>	P-10-04024	0,56	0,07	0,03	0,08	1,36	0,04	12	3	9	ND	6
<b>PLATANO 2 (dedos)</b>	P-10-04025	0,52	0,07	0,01	0,08	1,30	0,03	6	3	6	ND	5
<b>PLATANO 3 (dedos)</b>	P-10-04026	0,47	0,07	0,02	0,07	1,25	0,03	7	3	8	ND	5
TALLO 1	P-10-04027	0,74	0,06	0,94	0,86	2,31	0,07	230	13	56	320	13
TALLO 2	P-10-04028	0,59	0,07	1,07	0,78	3,85	0,09	196	12	39	211	12
TALLO 3	P-10-04029	0,78	0,06	0,89	0,71	1,86	0,04	139	10	28	133	12
<u>CORMO 1</u>	P-10-04030	0,76	0,04	0,39	0,79	1,37	0,02	782	9	13	210	7
<u>CORMO 2</u>	P-10-04031	0,63	0,05	0,24	0,52	1,86	0,06	471	8	15	127	6
<u>CORMO 3</u>	P-10-04032	0,86	0,05	0,34	0,66	1,37	0,03	265	10	12	125	5
RAIZ 1	P-10-04033	1,05	0,08	0,76	0,51	3,72	0,07	<b>7466</b>	20	30	362	23
RAIZ 2	P-10-04034	1,05	0,07	0,65	0,43	4,81	0,07	<b>7093</b>	19	31	336	26
RAIZ 3	P-10-04035	1,31	0,08	0,79	0,46	3,52	0,09	<b>10096</b>	25	34	415	31

Partes de las plantas: 1, 2 y 3.

OBSERVACIÓN: INGRESAN CON OT. ND SIGNIFICA NO DETECTADO.

  
 Ing. Agr. Floria Bertsch  
 COORDINADORA, LABORATORIO DE SUELOS Y FOLIARES

**Cuadro A14. Análisis de varianza para la variable vegetativa, altura y grosor del pseudotallo a los cuatro meses de crecimiento. Cosecha 2009. Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.**

<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>R<sup>2</sup></b>		<b>R<sup>2</sup> Aj</b>	<b>CV</b>
Altura (cm)	88	0,94		0,62	8,23
<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	22654,91	73	310,34	2,97	0,0133
Bloque	1140,59	3	380,20	3,64	0,0395
P	5680,10	1	5680,10	54,36	0,0001
K2O	669,12	3	223,04	2,13	0,1416
P*K2O	1832,67	3	610,89	5,85	0,0083**
Bloque*P*K2O>Muestra	13332,42	63	211,63	2,03	0,0719
Error	1462,81	14	104,49		
Total	24117,7	87			

<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>R<sup>2</sup></b>		<b>R<sup>2</sup> Aj</b>	<b>CV</b>
Grosor (cm)	88	0,93		0,57	7,76
<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	1587,38	73	21,74	2,55	0,0268
Bloque	61,77	3	20,59	2,42	0,1097
P	356,01	1	356,01	41,80	0,0001
K2O	59,49	3	19,83	2,33	0,1189
P*K2O	90,94	3	30,31	3,56	0,0421*
Bloque*P*K2O>Muestra	1019,16	63	16,18	1,90	0,0916
Error	119,25	14	8,52		
Total	1706,63	87			

\*\*Efecto altamente significativo ( $P \leq 0,01$ ).

\* Efecto significativo ( $P \leq 0,05$ ).

**Cuadro A15. Análisis de varianza para las variables de crecimiento y rendimiento. Experimento P-K. Cosecha 2010. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de 2010.**

Nueva tabla: 27/07/2010 - 01:55:34 p.m.

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Altura(m) 4 meses	87	0,30	0,10	20,80

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,07	19	0,11	1,53	0,1033
P2O5	0,16	1	0,16	2,26	0,1379
K2O	0,16	3	0,05	0,74	0,5316
P2O5*K2O	0,29	3	0,10	1,36	0,2626
Bloque	0,18	3	0,06	0,83	0,4822
Bloque*P2O5*K2O	1,28	9	0,14	1,99	0,0540
Error	4,77	67	0,07		
Total	6,84	86			

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Grosor (m) 4meses	87	0,26	0,05	20,59

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,14	19	0,01	1,23	0,2652
P2O5	0,02	1	0,02	3,34	0,0722
K2O	0,01	3	3,1E-03	0,52	0,6700
P2O5*K2O	0,03	3	0,01	1,43	0,2416
Bloque	0,01	3	3,8E-03	0,63	0,5967
Bloque*P2O5*K2O	0,07	9	0,01	1,34	0,2317
Error	0,40	67	0,01		
Total	0,54	86			

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Altura(m) 7 meses	92	0,16	0,00	12,23

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,31	19	0,07	0,74	0,7677
P2O5	0,06	1	0,06	0,63	0,4313
K2O	0,13	3	0,04	0,45	0,7203
P2O5*K2O	0,55	3	0,18	1,97	0,1261
Bloque	0,12	3	0,04	0,43	0,7348
Bloque*P2O5*K2O	0,47	9	0,05	0,56	0,8226
Error	6,73	72	0,09		
Total	8,05	91			

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Grosor (m) 7 meses	92	0,14	0,00	10,33

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,05	19	2,6E-03	0,60	0,8928
P205	1,4E-03	1	1,4E-03	0,34	0,5624
K20	0,01	3	2,9E-03	0,69	0,5640
P205*K20	0,01	3	4,2E-03	0,98	0,4054
Bloque	0,01	3	2,8E-03	0,67	0,5761
Bloque*P205*K20	0,02	9	2,0E-03	0,47	0,8916
Error	0,31	72	4,3E-03		
Total	0,36	91			

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Peso (kg)	90	0,35	0,17	23,74

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	292,93	19	15,42	1,99	0,0203
P205	23,41	1	23,41	3,02	0,0868
K20	120,43	3	40,14	5,17	0,0028
P205*K20	102,19	3	34,06	4,39	0,0069
Bloque	10,78	3	3,59	0,46	0,7090
Bloque*P205*K20	30,40	9	3,38	0,44	0,9115
Error	543,41	70	7,76		
Total	836,34	89			

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Nº Manos	90	0,23	0,02	11,67

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7,31	19	0,38	1,09	0,3839
P205	0,07	1	0,07	0,21	0,6513
K20	1,43	3	0,48	1,35	0,2655
P205*K20	2,18	3	0,73	2,05	0,1146
Bloque	0,61	3	0,20	0,58	0,6318
Bloque*P205*K20	2,81	9	0,31	0,88	0,5450
Error	24,79	70	0,35		
Total	32,10	89			

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Nº Dedos	90	0,32	0,14	13,64

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	403,62	19	21,24	1,76	0,0460
P205	22,85	1	22,85	1,89	0,1732
K20	82,56	3	27,52	2,28	0,0868
P205*K20	227,86	3	75,95	6,30	0,0008
Bloque	18,58	3	6,19	0,51	0,6744
Bloque*P205*K20	59,07	9	6,56	0,54	0,8374
Error	844,56	70	12,07		
Total	1248,18	89			

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Long (cm)	87	0,31	0,12	8,30

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	159,48	19	8,39	1,60	0,0811
P205	2,17	1	2,17	0,41	0,5220
K20	102,40	3	34,13	6,52	0,0006
P205*K20	12,75	3	4,25	0,81	0,4918
Bloque	8,47	3	2,82	0,54	0,6571
Bloque*P205*K20	34,16	9	3,80	0,72	0,6844
Error	350,74	67	5,23		
Total	510,21	86			

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Calibre	87	0,29	0,09	5,37

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	296,38	19	15,60	1,47	0,1270
P205	8,53	1	8,53	0,80	0,3735
K20	147,12	3	49,04	4,61	0,0054
P205*K20	3,86	3	1,29	0,12	0,9474
Bloque	9,61	3	3,20	0,30	0,8242
Bloque*P205*K20	116,28	9	12,92	1,22	0,3005
Error	712,15	67	10,63		
Total	1008,53	86			

**Cuadro A16. Pruebas de polinomios ortogonales para las variables de rendimiento. Efecto de K<sub>2</sub>O en cada nivel de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Cosecha 2010. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de 2010.**

<b>Análisis de la varianza</b>					
P2O5	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
0,00	Peso (kg)	43	0,27	0,15	27,05

<b>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)</b>					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	125,86	6	20,98	2,28	0,0579
K2O	81,53	3	27,18	2,95	0,0457
Bloque	37,27	3	12,42	1,35	0,2743
Error	331,86	36	9,22		
Total	457,73	42			

<b>Contrastes</b>					
K2O	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	0,36	1	0,36	0,04	0,8455
Cuadrático	8,37	1	8,37	0,91	0,3471
Cúbico	64,55	1	64,55	7,00	0,0120
Total	81,53	3	27,18	2,95	0,0457

<b>Coefficientes de los contrastes</b>				
K2O	Cont.1	Cont.2	Cont.3	
0,00	-3,00	1,00	-1,00	
125,00	-1,00	-1,00	3,00	
250,00	1,00	-1,00	-3,00	
375,00	3,00	1,00	1,00	

P205 Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
0,00 N° Dedos	43	0,22	0,09	13,80

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	120,85	6	20,14	1,69	0,1511
K20	89,89	3	29,96	2,52	0,0735
Bloque	22,44	3	7,48	0,63	0,6013
Error	428,40	36	11,90		
Total	549,24	42			

#### Contrastes

K20	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	21,54	1	21,54	1,81	0,1869
Cuadrático	0,10	1	0,10	0,01	0,9270
Cúbico	71,84	1	71,84	6,04	0,0190
Total	89,89	3	29,96	2,52	0,0735

#### Coefficientes de los contrastes

K20	Cont.1	Cont.2	Cont.3
0,00	-3,00	1,00	-1,00
125,00	-1,00	-1,00	3,00
250,00	1,00	-1,00	-3,00
375,00	3,00	1,00	1,00

P205 Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
0,00 Long (cm)	41	0,29	0,17	8,53

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	77,37	6	12,90	2,37	0,0510
K20	60,25	3	20,08	3,69	0,0211
Bloque	18,21	3	6,07	1,11	0,3567
Error	185,14	34	5,45		
Total	262,51	40			

#### Contrastes

K20	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	24,99	1	24,99	4,59	0,0394
Cuadrático	6,11	1	6,11	1,12	0,2969
Cúbico	22,40	1	22,40	4,11	0,0504
Total	60,25	3	20,08	3,69	0,0211

#### Coefficientes de los contrastes

K20	Cont.1	Cont.2	Cont.3
0,00	-3,00	1,00	-1,00
125,00	-1,00	-1,00	3,00
250,00	1,00	-1,00	-3,00
375,00	3,00	1,00	1,00

P205	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
0,00	Calibre	41	0,29	0,16	5,47

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	150,95	6	25,16	2,30	0,0572
K2O	94,67	3	31,56	2,88	0,0500
Bloque	49,82	3	16,61	1,52	0,2277
Error	372,22	34	10,95		
Total	523,16	40			

**Contrastes**

K2O	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	39,22	1	39,22	3,58	0,0669
Cuadrático	1,34	1	1,34	0,12	0,7288
Cúbico	47,54	1	47,54	4,34	0,0448
Total	94,67	3	31,56	2,88	0,0500

**Coefficientes de los contrastes**

K2O	Cont.1	Cont.2	Cont.3
0,00	-3,00	1,00	-1,00
125,00	-1,00	-1,00	3,00
250,00	1,00	-1,00	-3,00
375,00	3,00	1,00	1,00

P205	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
70,00	Peso (kg)	47	0,43	0,35	18,44

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	154,00	6	25,67	5,06	0,0006
K2O	139,22	3	46,41	9,15	0,0001
Bloque	15,71	3	5,24	1,03	0,3884
Error	202,76	40	5,07		
Total	356,77	46			

**Contrastes**

K2O	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	134,25	1	134,25	26,48	<0,0001
Cuadrático	4,79	1	4,79	0,94	0,3371
Cúbico	0,37	1	0,37	0,07	0,7872
Total	139,22	3	46,41	9,15	0,0001

P205	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
70,00	Nº Dedos	47	0,35	0,25	12,81

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	238,96	6	39,83	3,61	0,0059
K20	208,13	3	69,38	6,30	0,0013
Bloque	30,44	3	10,15	0,92	0,4395
Error	440,70	40	11,02		
Total	679,66	46			

**Contrastes**

K20	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	193,02	1	193,02	17,52	0,0002
Cuadrático	15,67	1	15,67	1,42	0,2401
Cúbico	1,19	1	1,19	0,11	0,7441
Total	208,13	3	69,38	6,30	0,0013

P205	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
70,00	Long (cm)	46	0,27	0,16	7,69

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	67,32	6	11,22	2,46	0,0407
K20	54,18	3	18,06	3,97	0,0147
Bloque	12,82	3	4,27	0,94	0,4313
Error	177,53	39	4,55		
Total	244,85	45			

**Contrastes**

K20	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	52,50	1	52,50	11,53	0,0016
Cuadrático	0,09	1	0,09	0,02	0,8876
Cúbico	1,03	1	1,03	0,23	0,6365
Total	54,18	3	18,06	3,97	0,0147

**Cuadro A17. Resultados de análisis químico foliar al inicio de la floración (siete meses). Experimento P-K. Cosecha de 2009. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de 2010.**

<b>RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICO FOLIAR. Experimento 2. Cosecha 2009</b>												
<b>ID</b>	<b>PK</b>	<b>%</b>						<b>mg/kg</b>				
	<b>Tratamiento</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>K</b>	<b>S</b>	<b>Fe</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Mn</b>	<b>B</b>
<b>E2 - 1</b>	<b>P0K0</b>	3,83	0,20	0,68	0,35	2,96	0,20	86	8	14	279	7
<b>E2 - 2</b>	<b>P0K1</b>	3,74	0,22	0,84	0,42	3,21	0,23	98	8	15	403	8
<b>E2 - 3</b>	<b>P0K2</b>	3,73	0,22	0,96	0,41	3,45	0,24	97	9	17	404	8
<b>E2 - 4</b>	<b>P0K3</b>	3,95	0,22	0,86	0,39	3,05	0,23	106	8	17	455	8
<b>E2 - 5</b>	<b>P1K0</b>	3,78	0,21	0,81	0,38	3,09	0,23	89	8	15	331	7
<b>E2 - 6</b>	<b>P1K1</b>	3,87	0,22	0,86	0,41	3,26	0,24	113	8	18	512	7
<b>E2 - 7</b>	<b>P1K2</b>	3,83	0,23	0,87	0,43	3,23	0,24	103	8	17	440	8
<b>E2 - 8</b>	<b>P1K3</b>	3,88	0,23	0,87	0,42	3,26	0,24	116	8	17	515	8
<b>Niveles de P</b>		<b>Agrupamiento de los niveles por cada tratamiento</b>										
	<b>Tratamiento</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>K</b>	<b>S</b>	<b>Fe</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Mn</b>	<b>B</b>
<b>0</b>	<b>P0Kn</b>	<b>3,81</b>	<b>0,215</b>	0,84	0,39	<b>3,17</b>	0,23	<b>96,75</b>	8,25	15,75	<b>385,3</b>	7,75
<b>70</b>	<b>P1Kn</b>	<b>3,84</b>	<b>0,223</b>	0,85	0,41	<b>3,21</b>	0,24	<b>105,25</b>	8,00	16,75	<b>449,5</b>	7,50
<b>Niveles de K</b>												
<b>0</b>	<b>PnK0</b>	<b>3,81</b>	0,21	0,75	0,37	<b>3,03</b>	0,22	87,50	8,00	14,50	305,0	7,00
<b>125</b>	<b>PnK1</b>	<b>3,81</b>	0,22	0,85	0,42	<b>3,24</b>	0,24	105,50	8,00	16,50	457,5	7,50
<b>250</b>	<b>PnK2</b>	<b>3,78</b>	0,23	0,92	0,42	<b>3,34</b>	0,24	100,00	8,50	17,00	422,0	8,00
<b>325</b>	<b>PnK3</b>	<b>3,92</b>	0,23	0,87	0,41	<b>3,16</b>	0,24	111,00	8,00	17,00	485,0	8,00

**Cuadro A18. Resultados de análisis químico foliar al inicio de la floración (siete meses). Experimento P-K. Cosecha de 2010. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de 2010.**

ID USUARIO	RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICO FOLIAR. Experimento 2. Cosecha 2010											
	PK	%						mg/kg				
	Tratamiento	N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
E2 - 1	P0K0	4,33	0,22	0,87	0,61	2,84	0,26	70	10	18	367	9
E2 - 2	P0K1	4,30	0,23	0,85	0,60	3,08	0,28	75	9	20	603	10
E2 - 3	P0K2	4,29	0,23	0,87	0,58	3,12	0,28	78	10	19	706	10
E2 - 4	P0K3	4,36	0,23	0,79	0,54	2,87	0,26	79	10	18	685	9
E2 - 5	P1K0	4,45	0,24	0,92	0,68	2,69	0,27	70	10	19	527	10
E2 - 6	P1K1	4,49	0,23	0,83	0,62	2,71	0,26	70	9	17	619	9
E2 - 7	P1K2	4,31	0,22	0,83	0,58	2,78	0,25	68	8	16	570	9
E2 - 8	P1K3	4,20	0,24	0,92	0,61	3,16	0,26	79	10	21	814	9
		<b>Agrupamiento por niveles de cada tratamiento</b>										
<b>Niveles de P</b>		<b>N</b>	<b>P</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>K</b>	<b>S</b>	<b>Fe</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Mn</b>	<b>B</b>
<b>0</b>	<b>P0Kn</b>	4,32	<b>0,228</b>	0,85	<b>0,58</b>	2,98	0,27	75,50	9,75	18,75	<b>590</b>	9,50
<b>70</b>	<b>P1Kn</b>	4,36	<b>0,233</b>	0,88	<b>0,62</b>	2,84	0,26	71,75	9,25	18,25	<b>633</b>	9,25
		<b>Niveles de K</b>										
<b>0</b>	<b>PnK0</b>	4,39	0,23	0,90	0,65	<b>2,77</b>	0,27	70,00	10,00	18,50	<b>447</b>	9,50
<b>125</b>	<b>PnK1</b>	4,40	0,23	0,84	0,61	<b>2,90</b>	0,27	72,50	9,00	18,50	<b>611</b>	9,50
<b>250</b>	<b>PnK2</b>	4,30	0,23	0,85	0,58	<b>2,95</b>	0,27	73,00	9,00	17,50	<b>638</b>	9,50
<b>325</b>	<b>PnK3</b>	4,28	0,24	0,86	0,58	<b>3,02</b>	0,26	79,00	10,00	19,50	<b>750</b>	9,00

**Cuadro A19. Análisis de varianza para la variable productiva peso del racimo.  
Cosecha 2009. Experimento S-K. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de 2010.**

<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup> Aj</b>		<b>CV</b>	
Peso (kg)	87	0,78	0,00		16,59	
<b>F.V.</b>		<b>SC</b>	<b>GI</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo		145,08	70	2,07	0,81	0,7341
Bloque		26,53	3	8,84	3,46	0,0414
K2O		14,54	3	4,85	1,90	0,1710
S		0,49	1	0,49	0,19	0,6658
K2O*S		13,78	3	4,59	1,80	0,1883
Bloque*K2O*S>Muestra		89,74	60	1,50	0,59	0,9305
Error		40,90	16	2,56		
Total		185,98	86			

**Cuadro A20. Análisis de varianza para las variables de crecimiento y rendimiento. Experimento S-K. Cosecha 2010. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de 2010.**

Nueva tabla: 27/07/2010 - 02:28:06 p.m.

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Altura(m) 4 meses	92	0,31	0,12	13,46

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,76	19	0,04	1,67	0,0632
K20	0,26	3	0,09	3,60	0,0174
S	5,8E-05	1	5,8E-05	2,4E-03	0,9609
K20*S	0,03	3	0,01	0,40	0,7537
Bloque	0,13	3	0,04	1,80	0,1556
Bloque*K20*S	0,40	9	0,04	1,88	0,0683
Error	1,72	72	0,02		
Total	2,47	91			

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Grosor (m) 4meses	92	0,25	0,06	13,44

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,05	19	2,8E-03	1,29	0,2160
K20	0,02	3	0,01	3,06	0,0338
S	1,1E-05	1	1,1E-05	0,01	0,9436
K20*S	3,3E-03	3	1,1E-03	0,51	0,6780
Bloque	0,01	3	3,2E-03	1,49	0,2254
Bloque*K20*S	0,02	9	2,7E-03	1,27	0,2681
Error	0,16	72	2,2E-03		
Total	0,21	91			

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Altura(m) 7 meses	93	0,51	0,38	7,99

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,68	19	0,14	3,92	<0,0001
K20	0,73	3	0,24	6,78	0,0004
S	0,10	1	0,10	2,69	0,1050
K20*S	0,16	3	0,05	1,47	0,2300
Bloque	0,34	3	0,11	3,16	0,0298
Bloque*K20*S	1,48	9	0,16	4,58	0,0001
Error	2,62	73	0,04		
Total	5,30	92			

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Grosor (m) 7 meses	93	0,39	0,23	6,57

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,08	19	4,0E-03	2,45	0,0033
K20	0,03	3	0,01	6,87	0,0004
S	0,01	1	0,01	3,19	0,0781
K20*S	4,5E-03	3	1,5E-03	0,92	0,4355
Bloque	0,01	3	3,3E-03	2,03	0,1169
Bloque*K20*S	0,03	9	3,0E-03	1,82	0,0787
Error	0,12	73	1,6E-03		
Total	0,20	92			

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Peso (kg)	91	0,32	0,14	21,74

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	203,84	19	10,73	1,75	0,0468
K20	143,73	3	47,91	7,83	0,0001
S	0,27	1	0,27	0,04	0,8343
K20*S	38,97	3	12,99	2,12	0,1050
Bloque	1,50	3	0,50	0,08	0,9696
Bloque*K20*S	23,34	9	2,59	0,42	0,9181
Error	434,46	71	6,12		
Total	638,30	90			

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Nº Manos	91	0,12	0,00	13,14

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4,21	19	0,22	0,51	0,9491
K20	0,60	3	0,20	0,46	0,7082
S	0,01	1	0,01	0,03	0,8532
K20*S	0,46	3	0,15	0,35	0,7882
Bloque	1,17	3	0,39	0,90	0,4455
Bloque*K20*S	2,37	9	0,26	0,61	0,7864
Error	30,78	71	0,43		
Total	34,99	90			

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Nº Dedos	91	0,22	0,01	14,74

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	272,51	19	14,34	1,03	0,4360
K2O	76,90	3	25,63	1,85	0,1464
S	1,07	1	1,07	0,08	0,7822
K2O*S	92,12	3	30,71	2,21	0,0941
Bloque	10,45	3	3,48	0,25	0,8603
Bloque*K2O*S	98,62	9	10,96	0,79	0,6266
Error	985,16	71	13,88		
Total	1257,67	90			

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Long (cm)	91	0,30	0,11	6,93

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	104,24	19	5,49	1,56	0,0904
K2O	67,05	3	22,35	6,37	0,0007
S	15,37	1	15,37	4,38	0,0399
K2O*S	1,23	3	0,41	0,12	0,9499
Bloque	9,82	3	3,27	0,93	0,4292
Bloque*K2O*S	12,82	9	1,42	0,41	0,9279
Error	249,01	71	3,51		
Total	353,25	90			

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Calibre	91	0,19	0,00	4,95

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	151,93	19	8,00	0,88	0,6024
K2O	84,68	3	28,23	3,12	0,0312
S	0,37	1	0,37	0,04	0,8400
K2O*S	34,74	3	11,58	1,28	0,2876
Bloque	11,18	3	3,73	0,41	0,7448
Bloque*K2O*S	24,99	9	2,78	0,31	0,9702
Error	641,98	71	9,04		
Total	793,91	90			

**Cuadro A21. Pruebas de polinomios ortogonales para las variables de rendimiento. Efecto de K<sub>2</sub>O en cada nivel de S. Cosecha 2010. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de 2010.**

S	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
0,00	N° Dedos	47	0,32	0,22	12,96

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	202,67	6	33,78	3,17	0,0123
K <sub>2</sub> O	158,57	3	52,86	4,96	0,0051
Bloque	51,87	3	17,29	1,62	0,1996
Error	426,60	40	10,67		
Total	629,28	46			

**Contrastes**

K <sub>2</sub> O	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	141,00	1	141,00	13,22	0,0008
Cuadrático	11,06	1	11,06	1,04	0,3147
Cúbico	10,08	1	10,08	0,95	0,3367
Total	158,57	3	52,86	4,96	0,0051

S	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
0,00	Long (cm)	47	0,33	0,22	6,77

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	63,11	6	10,52	3,22	0,0112
K2O	37,34	3	12,45	3,81	0,0171
Bloque	26,61	3	8,87	2,72	0,0573
Error	130,53	40	3,26		
Total	193,64	46			

**Contrastes**

K2O	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	27,68	1	27,68	8,48	0,0058
Cuadrático	8,76	1	8,76	2,68	0,1091
Cúbico	2,15	1	2,15	0,66	0,4221
Total	37,34	3	12,45	3,81	0,0171

S	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
0,00	Calibre	47	0,26	0,15	4,25

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	92,54	6	15,42	2,31	0,0527
K2O	83,83	3	27,94	4,18	0,0116
Bloque	11,62	3	3,87	0,58	0,6323
Error	267,61	40	6,69		
Total	360,15	46			

**Contrastes**

K2O	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	56,12	1	56,12	8,39	0,0061
Cuadrático	30,19	1	30,19	4,51	0,0399
Cúbico	9,3E-04	1	9,3E-04	1,4E-04	0,9907
Total	83,83	3	27,94	4,18	0,0116

S	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
30,00	Long (cm)	44	0,31	0,20	6,05

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	45,24	6	7,54	2,74	0,0263
K2O	34,80	3	11,60	4,22	0,0116
Bloque	12,30	3	4,10	1,49	0,2328
Error	101,73	37	2,75		
Total	146,98	43			

### Contrastes

K2O	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	22,82	1	22,82	8,30	0,0066
Cuadrático	3,86	1	3,86	1,40	0,2439
Cúbico	6,66	1	6,66	2,42	0,1281
Total	34,80	3	11,60	4,22	0,0116

**Cuadro A22. Peso seco total por planta de plátano en ambas cosechas 2009 y 2010. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de 2010.**

Peso seco total (g) por planta (cosecha de 2009)							
Planta	Peso dedo	Peso pinzote	Peso raquis	Peso lámina	Peso cormo	Peso raíz	Peso Tallo
1	2628,38	82,15	292,82	386,21	645,93	93,33	2157,32
2	3010,80	84,86	201,79	254,05	468,72	126,77	1683,80
3	3136,10	103,27	190,85	248,46	331,85	64,88	2492,10
Peso seco total (g) por planta (cosecha de 2010)							
Planta	Peso dedo	Peso pinzote	Peso raquis	Peso lámina	Peso cormo	Peso raíz	Peso Tallo
1	4594,12	82,90	262,33	348,46	777,29	248,87	176,92
2	4677,25	91,57	274,61	249,24	937,05	229,68	196,03
3	4827,84	98,52	210,61	245,19	944,27	222,39	171,48

**Cuadro A23. Resultados de análisis químico foliar al inicio de la floración (siete meses). Experimento N-K. Cosecha de 2009. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de 2010.**

RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICO FOLIAR ( Experimento 1, cosecha 2009)												
ID USUARIO	NK	%						mg/kg				
	Tratamiento	N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
E1 - 1	N0K0	3,29	0,26	0,76	0,33	3,28	0,24	98	9	28	306	8
E1 - 2	N0K1	3,36	0,23	0,81	0,36	3,18	0,25	97	9	22	342	8
E1 - 3	N0K2	3,42	0,19	0,75	0,31	2,86	0,20	78	8	25	283	7
E1 - 4	N0K3	3,45	0,21	0,75	0,33	2,95	0,22	95	10	43	322	8
E1 - 5	N1K0	3,59	0,22	0,79	0,34	3,20	0,23	87	9	33	296	8
E1 - 6	N1K1	3,67	0,23	0,90	0,43	3,13	0,23	143	9	27	360	8
E1 - 7	N1K2	3,81	0,21	0,80	0,37	3,05	0,22	98	9	28	375	8
E1 - 8	N1K3	3,73	0,23	0,93	0,38	3,19	0,23	104	9	26	461	7
E1 - 9	N2K0	3,83	0,22	0,84	0,42	3,01	0,22	89	11	27	433	8
E1 - 10	N2K1	3,99	0,22	0,86	0,41	3,02	0,22	91	9	30	644	8
E1 - 11	N2K2	4,05	0,20	0,86	0,43	2,96	0,23	79	8	24	587	8
E1 - 12	N2K3	4,09	0,22	0,96	0,45	2,99	0,25	96	8	20	649	9
<b>Niveles de N</b>		<b>Agrupamiento por niveles de cada tratamiento</b>										
		<b>N</b>	<b>P</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>K</b>	<b>S</b>	<b>Fe</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Mn</b>	<b>B</b>
<b>0</b>	<b>N0Kn</b>	<b>3,38</b>	0,22	0,77	<b>0,33</b>	3,07	0,23	92,00	9,00	29,50	<b>313,3</b>	7,75
<b>100</b>	<b>N1Kn</b>	<b>3,70</b>	0,22	0,86	<b>0,38</b>	3,14	0,23	108,00	9,00	28,50	<b>373,0</b>	7,75
<b>200</b>	<b>N2Kn</b>	<b>3,99</b>	0,22	0,88	<b>0,43</b>	3,00	0,23	88,75	9,00	25,25	<b>578,3</b>	8,25
<b>Niveles de K</b>												
<b>0</b>	<b>NnK0</b>	<b>3,57</b>	0,23	0,80	0,36	<b>3,16</b>	0,23	91,33	9,67	29,33	345,0	8,00
<b>125</b>	<b>NnK1</b>	<b>3,67</b>	0,23	0,86	0,40	<b>3,11</b>	0,23	110,33	9,00	26,33	448,7	8,00
<b>250</b>	<b>NnK2</b>	<b>3,76</b>	0,20	0,80	0,37	<b>2,96</b>	0,22	85,00	8,33	25,67	415,0	7,67
<b>375</b>	<b>NnK3</b>	<b>3,76</b>	0,22	0,88	0,39	<b>3,04</b>	0,23	98,33	9,00	29,67	477,3	8,00

**Cuadro A24. Resultados de análisis químico foliar al inicio de la floración (siete meses). Experimento N-K. Cosecha de 2010. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de 2010.**

ID USUARIO	RESULTADOS ANÁLISIS QUÍMICO FOLIAR. Experimento 1. Cosecha 2010.											
	NK	%						mg/kg				
	Tratamiento	N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
E1 - 1	N0K0	4,21	0,23	0,85	0,50	2,94	0,25	76	8	17	341	8
E1 - 2	N0K1	3,99	0,22	0,81	0,49	3,11	0,24	74	8	18	296	9
E1 - 3	N0K2	4,02	0,25	0,94	0,52	3,23	0,27	81	8	25	423	9
E1 - 4	N0K3	4,03	0,24	0,90	0,50	3,46	0,26	80	9	21	404	9
E1 - 5	N1K0	4,28	0,22	0,86	0,56	2,76	0,26	84	9	20	418	9
E1 - 6	N1K1	4,15	0,21	0,77	0,50	2,67	0,24	70	7	23	606	9
E1 - 7	N1K2	4,08	0,23	0,83	0,54	3,15	0,25	76	8	18	628	10
E1 - 8	N1K3	4,07	0,22	0,81	0,49	3,18	0,26	73	8	18	556	8
E1 - 9	N2K0	4,44	0,21	0,87	0,56	2,96	0,26	75	8	17	676	9
E1 - 10	N2K1	4,48	0,23	0,90	0,57	3,01	0,28	78	9	19	876	10
E1 - 11	N2K2	4,35	0,22	0,90	0,55	2,87	0,27	76	9	18	914	10
E1 - 12	N2K3	4,33	0,20	0,58	0,39	2,68	0,22	62	8	16	756	9
Niveles de N		Agrupamiento por niveles de cada tratamiento										
	Tratamiento	N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
0	N0Kn	<b>4,06</b>	0,24	0,88	0,50	3,19	0,26	77,75	8,25	20,25	<b>366</b>	8,75
100	N1Kn	<b>4,15</b>	0,22	0,82	0,52	2,94	0,25	75,75	8,00	19,75	<b>552</b>	9,00
200	N2Kn	<b>4,40</b>	0,22	0,81	0,52	2,88	0,26	72,75	8,50	17,50	<b>806</b>	9,50
Niveles de K												
0	NnK0	4,31	0,22	0,86	0,54	<b>2,89</b>	0,26	78,33	8,33	18,00	478	8,67
125	NnK1	4,21	0,22	0,83	0,52	<b>2,93</b>	0,25	74,00	8,00	20,00	593	9,33
250	NnK2	4,15	0,23	0,89	0,54	<b>3,08</b>	0,26	77,67	8,33	20,33	655	9,67
375	NnK3	4,14	0,22	0,76	0,46	<b>3,11</b>	0,25	71,67	8,33	18,33	572	8,67

**Cuadro A25. Resultados de análisis químico foliar al inicio de la floración. (siete meses). Experimento S-K. Cosecha de 2009. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de 2010.**

RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICO FOLIAR. Experimento 3. Cosecha 2009												
ID	SK	%						mg/kg				
	Tratamiento	N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
E3 - 1	K0S0	3,88	0,22	0,82	0,42	3,20	0,24	94	8	15	422	8
E3 - 2	K1S0	3,93	0,21	0,76	0,40	3,00	0,22	88	8	16	387	7
E3 - 3	K2S0	3,85	0,22	0,79	0,43	3,10	0,24	103	8	17	425	8
E3 - 4	K3S0	3,86	0,22	0,86	0,42	3,10	0,24	95	9	17	601	7
E3 - 5	K0S1	3,87	0,19	0,74	0,36	2,80	0,22	71	7	14	372	6
E3 - 6	K1S1	3,91	0,22	0,88	0,46	3,00	0,24	98	8	17	501	7
E3 - 7	K2S1	3,85	0,21	0,83	0,40	3,08	0,24	90	8	17	426	7
E3 - 8	K3S1	3,96	0,23	0,93	0,46	3,26	0,26	95	8	17	547	8
<b>Niveles de S</b>		<b>Agrupamiento de los niveles por cada tratamiento</b>										
		N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
<b>0</b>	<b>KnS0</b>	3,88	0,22	<b>0,81</b>	0,42	3,10	<b>0,235</b>	95,0	8,25	16,3	<b>459</b>	7,5
<b>30</b>	<b>KnS1</b>	3,90	0,21	<b>0,85</b>	0,42	3,04	<b>0,24</b>	88,5	7,75	16,3	<b>462</b>	7,0
<b>Niveles de K</b>												
<b>0</b>	<b>K0Sn</b>	3,88	0,21	0,78	0,39	<b>3,00</b>	0,23	82,5	7,50	<b>14,5</b>	397	7,0
<b>125</b>	<b>K1Sn</b>	3,92	0,22	0,82	0,43	<b>3,00</b>	0,23	93,0	8,00	<b>16,5</b>	444	7,0
<b>250</b>	<b>K2Sn</b>	3,85	0,22	0,81	0,42	<b>3,09</b>	0,24	96,5	8,00	<b>17,0</b>	426	7,5
<b>325</b>	<b>K3Sn</b>	3,91	0,23	0,90	0,44	<b>3,18</b>	0,25	95,0	8,50	<b>17,0</b>	574	7,5

**Cuadro A26. Resultados de análisis químico foliar al inicio de la floración (siete meses). Experimento S-K. Cosecha de 2010. La Fortuna, San Carlos. C. Rica. Octubre de 2010.**

ID USUARIO	RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICO FOLIAR. Experimento 3. Cosecha 2010											
	SK	%						mg/kg				
	Tratamiento	N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
E3 - 1	K0S0	4,54	0,22	0,81	0,64	2,50	0,26	66	9	15	483	9
E3 - 2	K1S0	4,38	0,23	0,89	0,63	2,67	0,25	69	9	18	642	9
E3 - 3	K2S0	4,37	0,22	0,88	0,60	2,85	0,26	72	9	19	816	10
E3 - 4	K3S0	4,44	0,24	0,94	0,62	3,01	0,28	77	10	18	811	10
E3 - 5	K0S1	4,56	0,22	0,92	0,71	2,57	0,27	64	10	24	548	10
E3 - 6	K1S1	4,31	0,21	0,79	0,57	2,68	0,24	66	8	17	608	9
E3 - 7	K2S1	4,45	0,24	0,85	0,57	3,14	0,27	74	10	17	780	10
E3 - 8	K3S1	4,32	0,23	0,93	0,62	3,15	0,26	78	9	18	1019	10
		<b>Agrupamiento por niveles de cada tratamiento</b>										
Niveles de S		N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
0	KnS0	4,43	0,23	0,88	0,62	2,76	<b>0,263</b>	71,0	9,25	<b>17,5</b>	688	9,50
30	KnS1	4,41	0,23	0,87	0,62	2,89	<b>0,26</b>	70,5	9,25	<b>19,0</b>	739	9,75
		<b>Niveles de K</b>										
0	K0Sn	4,55	0,22	0,87	0,68	<b>2,54</b>	0,27	<b>65,0</b>	9,50	19,5	<b>516</b>	9,5
125	K1Sn	4,35	0,22	0,84	0,60	<b>2,68</b>	0,25	<b>67,5</b>	8,50	17,5	<b>625</b>	9,0
250	K2Sn	4,41	0,23	0,87	0,59	<b>3,00</b>	0,27	<b>73,0</b>	9,50	18,0	<b>798</b>	10,0
325	K3Sn	4,38	0,24	0,94	0,62	<b>3,08</b>	0,27	<b>77,5</b>	9,50	18,0	<b>915</b>	10,0