

**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**

ALEJANDRO BARQUERO BADILLA

Trabajo final de graduación presentado a la Escuela de Agronomía como
requisito parcial para optar al grado de Licenciatura en
Ingeniería en Agronomía

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

2010

**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**

ALEJANDRO BARQUERO BADILLA

Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador

Ing. Agr. Parménides Furcal Berigüete, M.Sc.

Asesor

Ing. Agr. Carlos Muñoz Ruiz, Ph.D.

Jurado

Ing. Agr. Arnoldo Gadea Rivas, M.Sc.

Jurado

Ing. Agr. Fernando Gómez Sánchez, MAE.

Coordinador

Trabajos Finales de Graduación

Ing. Agr. Arnoldo Gadea Rivas, M.Sc.

Director

Escuela de Agronomía

2010

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer este logro a nuestro padre Dios, porque en un día como hoy puedo escribir estas líneas, estoy con salud, trabajo y me siento feliz por lo que he logrado gracias a él.

A toda mi familia, mi mamá linda Nora Vilma Badilla Jiménez, que ha estado conmigo en las buenas y malas, y no se ha cansado de apoyarme y brindarme todo su amor y cariño. Además le agradezco porque siempre que salgo de la casa me da la bendición para que Dios me acompañe.

A mi papá Álvaro Ricardo Barquero Álvarez, que aunque la distancia estuvo mucho tiempo presente, el amor de un padre y amigo siempre lo sentí acompañándome.

A mis hermanos Rachel, Leo, Vary y Cesi, que hemos caminado juntos por caminos difíciles pero entre todos y con la ayuda de Dios siempre salimos adelante. Gracias a Rachel por hacernos tíos y traer a la familia una muñequita linda que se llama Nazareth.

Le agradezco a la Escuela de Agronomía del I.T.C.R-S.S.C, por darme la oportunidad de estudiar una carrera tan prestigiosa e importante en la actualidad nacional. A todos sus docentes y administrativos, que por una u otra manera inculcaron en mi, valores y conocimientos con los que he crecido de manera personal y profesional. Con agradecimiento especial al profesor, M.Sc. Parménides Furcal Berigüete, ya que sus ideas hicieron posible la elaboración de este documento, por ser un amigo, consejero y brindarme su ayuda cuando la he necesitado. También al Lic. Carlos Arce Calderón por su amistad y colaboración en el análisis estadístico del presente trabajo y al Ing. Agustín Acosta por brindar el área de estudio además de su aporte técnico.

A mis compañeros de generación 2004: Didier, Ronny, Cochoys, Caricaco, Gemidos, Pipiolo, Choco, Amor de madre, Hernia, Erika, Yuyo, Jakie, Elio y Tere. A la generación 2005, Puerto, Cherenga, María Seca, Jaiva, Cangrejón, Micro y muy cariñosamente a la señorita Patricia López. A mis amigos Pupa, Edin, Culo de Perro, Chepito, Huevo, Kalaka, Las Piolas, Los Pescados, entre otros. Para todos ellos, un especial agradecimiento por haber compartido buenos momentos en el Instituto Tecnológico de Costa Rica.

DEDICATORIA

Para nuestro señor Dios padre.

Mi familia, por siempre brindarme su fiel y sincero apoyo para seguir adelante.

Para agricultor nacional, que con muchos obstáculos logra producir el alimento de Costa Rica.

A ese trabajador conocido como “peón”, al que le toca el trabajo duro de campo, por ser promotor del desarrollo agrícola nacional.

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	I
DEDICATORIA	II
TABLA DE CONTENIDO	II
LISTA DE CUADROS	I
LISTA DE CUADROS DEL ANEXO A	II
LISTA DE CUADROS DEL ANEXO B	III
LISTA DE CUADROS DEL ANEXO C	V
LISTA DE CUADROS DEL ANEXO D	VII
LISTA DE FIGURAS	IX
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo general.....	2
1.2. Objetivos específicos	2
1.3. Hipótesis.....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Origen del plátano	4
2.2. Características del clon “Curraré semi gigante”	4
2.2.1. Taxonomía	4
2.2.2. Morfofisiología.....	4
2.2.2.1. Sistema radical	5
2.2.2.2. Cormo	5
2.2.2.3. Pseudotallo y yemas	5
2.2.2.4. Sistema foliar	6
2.2.2.4.1. Vainas foliares	6
2.2.2.4.2. Pseudopecíolo	7
2.2.2.4.3. Nerviación central	7
2.2.2.4.4. Limbo o lámina foliar	7

2.2.2.5. La inflorescencia.....	8
2.2.2.6. Desarrollo del fruto	8
2.3. Ciclo vegetativo	9
2.3.1. Fase vegetativa.....	9
2.3.1.1. Brotación.....	9
2.3.1.2. Organogénesis.....	9
2.3.1.3. Diferenciación Floral	10
2.3.2. Fase reproductiva	10
2.3.3. Fase productiva.....	10
2.4. Condiciones climáticas y edáficas del cultivo	11
2.4.1. Condiciones climáticas.....	11
2.4.1.1. Temperatura	11
2.4.1.2. Altitud.....	12
2.4.1.3. Luminosidad.....	12
2.4.1.4. Viento.....	12
2.4.1.5. Necesidades hídricas	13
2.4.2. Exigencias edafológicas	13
2.4.2.1. Características físicas	13
2.4.2.2. Características químicas	14
2.5. Nutrición del cultivo.....	14
2.5.1. Fertilización nitrogenada	15
2.5.2. Fertilización fosforada	16
2.5.3. Fertilización potásica.....	16
2.5.4. Fertilización azufrada	17
2.6. Componentes vegetativas, productivas y nutritivas.....	17
2.6.1. Componentes vegetativas.....	18
2.6.1.1. Altura del pseudotallo.....	18
2.6.1.2. Circunferencia del pseudotallo	19
2.6.2. Componentes productivas.....	19
2.6.2.1. Peso del racimo	19
2.6.2.2. Número de manos por racimo	20
2.6.2.3. Número de dedos por racimo	21
2.6.2.4. Longitud del dedo central de la segunda mano	22
2.6.2.5. Calibre del dedo central de la segunda mano	22

2.6.3. Componentes nutritivas.....	23
2.6.3.1. Análisis de suelo	23
2.6.3.2. Concentración de nutrientes en hojas	23
2.6.3.3. Absorción de nutrientes por tejidos	24
3. MATERIALES Y MÉTODOS	25
3.1. Localización.....	25
3.2. Material experimental	25
3.3. Manejo del experimento.....	25
3.4. Tratamientos.....	28
3.5. Variables medidas y metodología de toma de datos.....	29
3.5.1. Variables en el suelo	29
3.5.2. Variables en el cultivo	30
3.5.2.1. Variables vegetativas	30
3.5.2.2. Variables productivas.....	30
3.5.2.3. Variables nutritivas.....	31
3.6. Modelo estadístico.....	33
4. RESULTADOS Y DISCUSION	34
4.1. Análisis de suelo.....	34
4.2. Experimento nitrógeno-potasio (N-K).....	34
4.2.1. Variables vegetativas	34
4.2.2. Variables productivas	37
4.2.3. Variables nutritivas.....	42
4.2.3.1. Concentración de nutrientes en hojas	42
4.3. Experimento fósforo-potasio (P-K).....	43
4.3.1. Variables vegetativas	43
4.3.2. Variables productivas	46
4.3.3. Variables nutritivas.....	47
4.3.3.1. Concentración de nutrientes en hojas	47
4.4. Experimento azufre-potasio (S-K).....	48
4.4.1. Variables vegetativas y productivas	48
4.4.2. Variables nutritivas.....	49
4.4.2.1. Concentración de nutrientes en hojas	49

4.5.	Absorción de nutrientes por los tejidos	50
4.6.	Plan de fertilización.....	52
5.	CONCLUSIONES.....	57
6.	RECOMENDACIONES.....	59
7.	BIBLIOGRAFIA.....	60
8.	ANEXO A	66
9.	ANEXO B	67
10.	ANEXO C	74
11.	ANEXO D	81

LISTA DE CUADROS

Número	Título	Página
1.	Dosis de nutrimentos en kg ha ⁻¹ para cada tratamiento según experimento correspondiente. La Fortuna, San Carlos. 2010.	28
2.	Distribución de la aplicación de los tratamientos según fase del cultivo. La Fortuna, San Carlos. 2010.	29
3.	Absorción y distribución porcentual de elementos en la parte comercial y no comercial de la planta de plátano. La Fortuna, San Carlos. 2010.	51
4.	Distribución porcentual de elementos en las diferentes estructuras de la planta de plátano. La Fortuna, San Carlos. 2010.	52
5.	Absorción de cada elemento por el cultivo, aporte del suelo, rastrojo, y demanda presentada para la aplicación de fertilizante nitrogenado. La Fortuna, San Carlos. 2010.	55
6.	Absorción de cada elemento por el cultivo, aporte del suelo, y demanda presentada para la aplicación de fertilizante nitrogenado y potásico. La Fortuna, San Carlos. 2010.	56

LISTA DE CUADROS DEL ANEXO A

Número	Título	Página
A1.	Resultados de análisis químico y físico del suelo, correspondientes al área experimental. La Fortuna de San Carlos. 2010.	66

LISTA DE CUADROS DEL ANEXO B

Número	Título	Página
B 1.	Análisis de varianza para la variable vegetativa, altura del pseudotallo a los 3,5 meses de crecimiento. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.	67
B 2.	Prueba de contrastes polinomiales para la variable vegetativa, altura del pseudotallo a los 3,5 meses de crecimiento, según dosis de nitrógeno aplicado. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.	67
B 3.	Análisis de varianza para la variable vegetativa, grosor del pseudotallo a los 3,5 meses de crecimiento. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.	68
B 4.	Prueba de contrastes polinomiales para la variable vegetativa, grosor del pseudotallo a los 3,5 meses de crecimiento, según dosis de nitrógeno aplicado. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.	68
B 5.	Análisis de varianza para la variable vegetativa, altura del pseudotallo a los 7 meses de crecimiento. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.	68
B 6.	Prueba de contrastes polinomiales para la variable vegetativa, altura del pseudotallo a los 7 meses de crecimiento, según dosis de nitrógeno aplicado. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.	69
B 7.	Análisis de varianza para la variable vegetativa, grosor del pseudotallo a los 7 meses de crecimiento. N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.	69
B 8.	Prueba de contrastes polinomiales para la variable vegetativa, grosor del pseudotallo a los 7 meses de crecimiento, según dosis de nitrógeno aplicado. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.	69
B 9.	Análisis de varianza para la variable productiva número de manos. N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.	70
B 10.	Prueba de contrastes polinomiales para la variable productiva número de manos, según dosis de nitrógeno aplicado. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.	70

B 11.	Análisis de varianza para la variable productiva número de dedos. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.	70
B 12.	Prueba de contrastes polinomiales para la variable productiva número de dedos, según dosis de nitrógeno aplicado. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.	71
B 13.	Análisis de varianza para la variable productiva longitud del dedo central de la segunda mano. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.	71
B 14.	Prueba de contrastes polinomiales para la variable productiva longitud del dedo central de la segunda mano, según dosis de nitrógeno aplicado. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.	71
B 15.	Análisis de varianza para la variable productiva calibre del dedo central de la segunda mano. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.	72
B 16.	Prueba de contrastes polinomiales para la variable productiva calibre del dedo central de la segunda mano, según dosis de nitrógeno aplicado. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.	72
B 17.	Análisis de varianza para la variable productiva peso del racimo. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.	72
B 18.	Prueba de contrastes polinomiales para la variable productiva peso del racimo, según dosis de nitrógeno aplicado. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.	73
B 19.	Concentración de nutrientes en hojas según diferentes dosis de nitrógeno y potasio aplicados. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.	73

LISTA DE CUADROS DEL ANEXO C

Número	Título	Página
C 1.	Análisis de varianza para la variable vegetativa, altura del pseudotallo a los 3,5 meses de crecimiento. Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.	74
C 2.	Análisis de varianza para la variable vegetativa, altura del pseudotallo a los 3,5 meses de crecimiento, bajo la dosis testigo de fósforo. Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.	74
C 3.	Análisis de varianza para la variable vegetativa, altura del pseudotallo a los 3,5 meses de crecimiento, bajo la dosis 70 kg de fósforo ha ⁻¹ . Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.	75
C 4.	Análisis de varianza para la variable vegetativa, grosor del pseudotallo a los 3,5 meses de crecimiento. Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.	75
C 5.	Análisis de varianza para la variable vegetativa, grosor del pseudotallo a los 3,5 meses de crecimiento, bajo la dosis testigo de fósforo. Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.	76
C 6.	Análisis de varianza para la variable vegetativa, grosor del pseudotallo a los 3,5 meses de crecimiento, bajo la dosis 70 kg de fósforo ha ⁻¹ . Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.	76
C 7.	Análisis de varianza para la variable vegetativa, altura del pseudotallo a los 7 meses de crecimiento. Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.	77
C 8.	Análisis de varianza para la variable vegetativa, grosor del pseudotallo a los 7 meses de crecimiento. Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.	77
C 9.	Análisis de varianza para la variable productiva número de manos. Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.	78
C 10.	Análisis de varianza para la variable productiva número de dedos. Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.	78

C 11.	Análisis de varianza para la variable productiva, longitud del dedo central de la segunda mano. Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.	79
C 12.	Análisis de varianza para la variable productiva, calibre del dedo central de la segunda mano. Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.	79
C 13.	Análisis de varianza para la variable productiva peso del racimo. Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.	80
C 14.	Concentración de nutrientes en hojas según diferentes dosis de fósforo y potasio aplicados. Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.	80

LISTA DE CUADROS DEL ANEXO D

Número	Título	Página
D 1.	Análisis de varianza para la variable vegetativa, altura del pseudotallo a los 3,5 meses de crecimiento. Experimento K-S. La Fortuna, San Carlos. 2010.	81
D 2.	Prueba de contrastes polinomiales para la variable vegetativa, altura del pseudotallo a los 3,5 meses de crecimiento, según dosis de potasio aplicado. Experimento K-S. La Fortuna, San Carlos. 2010.	81
D 3.	Análisis de varianza para la variable vegetativa, grosor del pseudotallo a los 3,5 meses de crecimiento. Experimento K-S. La Fortuna, San Carlos. 2010.	82
D 4.	Prueba de contrastes polinomiales para la variable vegetativa, grosor del pseudotallo a los 3,5 meses de crecimiento, según dosis de potasio aplicado. Experimento K-S. La Fortuna, San Carlos. 2010.	82
D 5.	Análisis de varianza para la variable vegetativa, altura del pseudotallo a los 7 meses de crecimiento. Experimento K-S. La Fortuna, San Carlos. 2010.	82
D 6.	Prueba de contrastes polinomiales para la variable vegetativa, altura del pseudotallo a los 7 meses de crecimiento, según dosis de potasio aplicado. Experimento K-S. La Fortuna, San Carlos. 2010.	83
D 7.	Análisis de varianza para la variable vegetativa, grosor del pseudotallo a los 7 meses de crecimiento. Experimento K-S. La Fortuna, San Carlos. 2010.	83
D 8.	Prueba de contrastes polinomiales para la variable vegetativa, grosor del pseudotallo a los 7 meses de crecimiento, según dosis de potasio aplicado. Experimento K-S. La Fortuna, San Carlos. 2010.	83
D 9.	Análisis de varianza para la variable productiva, número de manos. Experimento K-S. La Fortuna, San Carlos. 2010.	84
D 10.	Prueba de contrastes polinomiales para la variable productiva, número de manos, según dosis de potasio aplicado. Experimento K-S. La Fortuna, San Carlos. 2010.	84

D 11.	Análisis de varianza para la variable productiva, número de dedos. Experimento K-S. La Fortuna, San Carlos. 2010.	84
D 12.	Prueba de contrastes polinomiales para la variable productiva, número de dedos, según dosis de potasio aplicado. Experimento K-S. La Fortuna, San Carlos. 2010.	85
D 13.	Análisis de varianza para la variable productiva, longitud del dedo central de la segunda mano. Experimento K-S. La Fortuna, San Carlos. 2010.	85
D 14.	Prueba de contrastes polinomiales para la variable productiva, longitud del dedo central de la segunda mano, según dosis de potasio aplicado. Experimento K-S. La Fortuna, San Carlos. 2010.	85
D 15.	Análisis de varianza para la variable productiva, calibre del dedo central de la segunda mano. Experimento K-S. La Fortuna, San Carlos. 2010.	86
D 16.	Prueba de contrastes para la variable productiva, calibre del dedo central de la segunda mano, según dosis de potasio aplicado. Experimento K-S. La Fortuna, San Carlos. 2010.	86
D 17.	Análisis de varianza para la variable productiva, peso del racimo. Experimento K-S. La Fortuna, San Carlos. 2010.	86
D 18.	Prueba de contrastes polinomiales para la variable productiva, peso del racimo, según dosis de potasio aplicado. Experimento K-S. La Fortuna, San Carlos. 2010.	87
D 19.	Cuadro D 19. Concentración de nutrientes en hojas según diferentes dosis de potasio y azufre aplicados. Experimento K-S. La Fortuna, San Carlos. 2010.	87

LISTA DE FIGURAS

Número	Título	Página
1.	Área experimental y distribución de tratamientos. La Fortuna, San Carlos. 2010.	26
2.	Área de muestreo realizada en la tercera hoja de la planta de plátano. La Fortuna, San Carlos. 2010. Modificado de Rodríguez <i>et al.</i> (1985).	31
3.	Estructuras vegetativas y productivas tomadas para el análisis de absorción de nutrientes. La Fortuna, San Carlos. 2010. (Modificado de Palencia <i>et al.</i> 2006).	32
4.	Altura del pseudotallo, según dosis de nitrógeno aplicado. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.	35
5.	Grosor del pseudotallo, según dosis de nitrógeno aplicado. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.	36
6.	Número de dedos por racimo, según dosis de nitrógeno aplicado. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.	38
7.	Longitud del dedo central de la segunda mano, según dosis de nitrógeno aplicado. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.	39
8.	Peso del racimo, según dosis de nitrógeno. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.	41
9.	Concentración foliar de nitrógeno, según dosis de potasio aplicado. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.	42
10.	Concentración foliar de potasio, según dosis de nitrógeno aplicado. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.	43
11.	Interacción fósforo-potasio, para la variable altura del pseudotallo a los 3,5 meses de crecimiento. Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.	44
12.	Interacción fósforo-potasio, para la variable grosor del pseudotallo a los 3,5 meses de crecimiento. Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.	46
13.	Concentración foliar de fósforo, según dosis de potasio aplicado. Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.	47

14.	Concentración foliar de potasio, según dosis de fósforo aplicado. Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.	48
15.	Concentración foliar de azufre, según dosis de potasio aplicado. Experimento S-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.	49
16.	Concentración foliar de potasio, según dosis de azufre aplicados. Experimento S-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.	50
17.	Distribución de N y K, recomendada para la aplicación de fertilizante en primera generación (planta madre). La Fortuna, San Carlos. 2010. (Imagen modificada de Palencia <i>et al.</i> 2006).	53

RESUMEN

Bajo la necesidad de mejores prácticas productivas que enfrenta el cultivo de plátano en la zona norte del país, el presente estudio evaluó la fertilización al suelo de los elementos N, P, K y S en diferentes dosis, con el fin de establecer un plan nutricional para el cultivo. Dicha investigación se desarrolló en el pueblo de Agua Azul de Fortuna, Cantón de San Carlos, Alajuela, Costa Rica, bajo condiciones del trópico húmedo, entre el año 2008 y 2010. Se evaluaron estadísticamente las variables vegetativas, grosor y altura del pseudotallo a los 3,5 meses y 7 meses de desarrollo, y las variables productivas número de manos y dedos por racimo, peso del racimo, longitud y calibre del dedo central de la segunda mano al momento de la cosecha, bajo un modelo en bloques, completo al azar con muestreo. Las variables análisis de suelos, concentración foliar de nutrientes y absorción total de elementos por los tejidos, se tomaron como una guía de referencia en el comportamiento nutricional de la planta. El análisis de suelo presentó deficiencias de P y S, bases intercambiables en rangos moderados, al igual que el Zn y Cu. El Mn se encuentra en un nivel de medio a alto y el Fe presenta una condición elevada. Respecto al ANDEVA realizado se presentaron diferencias altamente significativas ($P \leq 0,01$), para el experimento N-K según la dosis de nitrógeno aplicado, en las variables grosor y altura del pseudotallo en sus dos períodos de evaluación, número de dedos por racimo, peso del racimo y longitud del dedo central de la segunda mano. Para el experimento P-K la interacción de estos presentó diferencias significativas y altamente significativas para las variables altura y grosor del pseudotallo a los 3,5 meses de crecimiento bajo la dosis testigo de fósforo. Los análisis de concentración foliar presentaron un incremento importante en el porcentaje de nitrógeno conforme aumentó el nivel de este nutriente aplicado, para los demás elementos no se presentó ninguna variación, mostrando una tendencia constante respecto a cada tratamiento aplicado. Los análisis químicos de las diferentes partes de la planta al momento de la cosecha, permitieron encontrar que la absorción del plátano en orden de importancia es de 452,39; 93,07; 51,86; 17,99; 10,21 y 6,51 kg ha⁻¹ de K₂O, N, CaO, MgO, P₂O₅ y SO₄ respectivamente.

Palabras clave: Plátano (*Musa AAB*), nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, variable vegetativa, productiva y nutritiva, concentración y absorción.

ABSTRACT

Because of the need to improve production practices in banana's crops in at the north of the country, this study evaluated soil fertilization of N, P, K elements, and S at different doses in order to establish a nutritional plan for cultivation. This research was developed in Agua Azul, La Fortuna, San Carlos, Alajuela, Costa Rica, under tropical and humid conditions, between years 2008 and 2010. The variables statistically evaluated; were vegetative; pseudostem width and height at 3.5 months and 7 months of development; and production variables as number of hands and fingers per bunch, bunch weight and length and size of the middle finger of the second hand at harvest time. A complete block experimental design with random sampling was used. The soil analysis variables were nutrient concentration and total absorption by the tissue, elements were taken as a reference guide dietary behavior of the plant. Soil analysis showed deficiencies of P and S, exchangeable bases in moderate ranges, like Zn and Cu. The Mn is medium to high, Fe has a high status. Regarding the ANOVA showed highly significant differences ($P \leq 0.01$), for the experiment N-K depending on the dose of nitrogen applied in the variable thickness and height of the pseudostem in the two assessment periods, number of fingers per bunch, weight bunch length and the middle finger of the second hand. For the experiment P-K interaction these two elements showed highly significant differences for height and thickness of the pseudostem at 3.5 months of growth, under control dose of phosphorus. The foliar concentration analysis showed a significant increase in the percentage of nitrogen as the level of this nutrient applied increases, to the other elements did not show any variation, showing a consistent trend for each treatment applied. The chemical analysis of the different parts of the plant at harvest time, allowed to find that the absorption of bananas in order of importance is 452,39; 93,07; 51,86; 17,99; 10,21 and 6,51 kg ha⁻¹ of K₂O, N, CaO, MgO, P₂O₅ and SO₄, respectively.

Keywords: Banana (*Musa AAB*), nitrogen, phosphorus, potassium, sulfur, vegetative, productive and nutritious variable, concentration, absorption.

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo del plátano en la zona norte del país tiene gran importancia para los pequeños agricultores. En pequeñas áreas, se le da tecnologías mínimas de producción, sin embargo las condiciones ambientales de la zona son ideales para su desarrollo. También se pueden desarrollar áreas de cultivo a nivel comercial para exportar frutas de buena calidad al extranjero (González 1999).

A raíz de la presencia de factores climáticos 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. Lugares donde se concentran las mayores áreas de siembra, con un 50% para la zona Atlántica y 25% para la región Huetar Norte, los porcentajes restantes indican un 12% en la región Brunca y 13% distribuido en el resto del país (CNP 2009).

La actividad platanera a nivel nacional en el año 2004 alcanzó un valor agregado de ¢6.108 millones, presentando un incremento promedio anual durante el período 2000-2004 del 4.8% (Araya 2008). Datos más recientes indican que la producción promedio anual es de 100.000 Tm, donde aproximadamente el 30% se destina al consumo nacional como fruta fresca, un tercio para la agroindustria y las restantes 30.000 Tm de plátano se exportan generando un ingreso aproximado para nuestro país de US\$ 15 millones (CNP 2009).

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 o potencial nutricional de cada suelo. 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 determinado.

A pesar del interés de los productores por mejorar la producción, no existen investigaciones recientes en la zona ni en el país acerca de la fertilización del cultivo, dosis adecuadas y momento de la aplicación. Por esta razón se hace necesario realizar investigaciones que permitan definir la necesidad de fertilizante para el plátano.

En ese sentido, surge la necesidad de establecer este trabajo, para determinar los niveles óptimos de nitrógeno y potasio en la producción del cultivo de plátano, y por otra parte, definir si es necesario el uso de fósforo y azufre en la zona, para este cultivo, puesto que existen dudas sobre la necesidad de fósforo aún en suelos con bajo contenido.

1.1. Objetivo General

- Evaluar la respuesta en el crecimiento y rendimiento de la primera generación del cultivo de plátano (*Musa AAB*) a la aplicación de N, P, K y S en la Fortuna de San Carlos, Alajuela, Costa Rica.

1.2. Objetivos específicos

- 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 concentración de nutrimentos y la distribución de los mismos en los diferentes órganos del cultivo 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.

1.3. Hipótesis

- El efecto de la aplicación de las combinaciones o forma independiente de los elementos N-K, P-K, y K-S, puede producir mejores resultados para las variables vegetativas y productivas, en dosis máximas de cada elemento.
- Independientemente de la combinación o efecto individual de los elementos N-K, P-K, y K-S, no se presentará ninguna diferencia significativa en ninguna de las variables evaluadas.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen del plátano

Se ha considerado a la península Malaya como probable centro de origen, tanto de *Musa balbisiana* como de *M. acuminata*, cuyos cruzamientos producen todas las variedades de plátanos comestibles (González 1999).

2.2. Características del clon “Curraré semi gigante”

2.2.1. Taxonomía

Según Simmonds (1973) y Vázquez *et al.* (2005), el plátano es un híbrido que debe ser clasificado de la siguiente manera:

Familia: Musáceas

Género: *Musa*

Serie: *Eumusa*

Grupo: *Musa acuminata x Musa balbisiana (AAB)*

Subgrupo: Plantain

2.2.2. Morfofisiología

Se debe conocer la morfología y estructura de la planta durante las fases de establecimiento y explotación del cultivo. Esto permite comprender mejor los diferentes procesos fisiológicos, las relaciones e interacciones existentes entre la planta y los componentes del medio ambiente en el cual se desarrolla (González 1999).

En sentido general una planta de plátano está formada por el sistema radical, el tallo y sus yemas, el sistema foliar y la inflorescencia que da origen al racimo (Champion 1968).

2.2.2.1. Sistema radical

El cormo es la base central de la planta, donde las raíces salen de la parte superior de este. Las raíces principales se ramifican en secundarias y éstas a su vez en raíces o pelos absorbentes. Estos últimos localizados en su mayoría entre 20-25 cm de la base de la planta, con una profundidad superficial de 10 a 15 cm. Las raíces jóvenes presentan estructura blanda y cilíndrica, y conforme avanza su edad la epidermis se va cutinizando hasta llegar a transformarse en un tejido suberizado. La diferenciación de las raíces se define inmediatamente después de la parición (Rodríguez *et al.* 1985).

2.2.2.2. Cormo

Según Orozco y Chavarra (1999), el cormo o tallo es un bulbo sólido de forma cónica o cilíndrica, carnoso debido a la gran cantidad de parénquima amiláceo y a su alto contenido de agua. Este se divide en dos zonas claramente diferenciadas: la primera, la zona cortical externa, esta constituida por epidermis y exodermis (formadas por capas de células quitinizadas y suberizadas), separada de la interna por el periciclo. El interior denominado cilindro central, esta conformado por la mesodermis (endodermis y tejido de cambium). De esta zona interna se originan el sistema radicular, foliar y las yemas vegetativas que darán origen a los hijos.

2.2.2.3. Pseudotallo y yemas

Según Murillo y Pacheco (1994), el pseudotallo es considerado herbáceo, aéreo, 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.

Las yemas o brotes tienen su origen en la zona central y emergen en la superficie del cormo por la base del entrenudo. Al inicio, el crecimiento y desarrollo de las yemas respecto al eje del tallo es perpendicular, pero luego se torna paralelo a éste. Inicialmente su forma es cónica hasta que se da la emergencia de la primera hoja. Durante esta etapa los brotes y el sistema radical propio producen únicamente vainas foliares. Donde la duración de este período está controlada por reguladores de crecimiento que posee la planta madre y cesa al momento de producirse la cosecha o corte de la planta madre. A partir de este momento, los retoños empiezan a emitir hojas con limbos anchos y así se empieza a formar el sistema foliar y el hijo empieza a independizarse nutricionalmente de la planta madre (Champion 1968).

2.2.2.4. Sistema foliar

Según Champion (1968) y Simmons (1973), la distribución de las hojas en la planta es de forma de espiral. Estas a su vez están compuestas partiendo de su base en; vainas foliares, pseudopeciolo, nerviación central y el limbo o lámina foliar. Según Fernández (1986), el despliegue de la hoja inicia conforme la base va saliendo del pseudotallo conforme el crecimiento de la vaina que porta la hoja. El intervalo de brotación foliar se ve afectada por: bajas temperaturas, sanidad de la planta y estado nutricional, especialmente cuando el elemento nitrógeno es limitante.

2.2.2.4.1. Vainas foliares

Esta es la parte basal y envolvente de la hoja que forma parte del pseudotallo (Rodríguez *et al.* 1985). Según Champion (1968), es alargada, recta, con bordes rectilíneos, excepto en sus extremidades. Si se le realiza un corte transversal, se presenta en forma decreciente con bordes extremadamente finos, con una parte central más compacta de 23 cm. La epidermis de sus dos caras es lisa, la cara convexa adquiere una coloración variable según sea el tipo de clon.

2.2.2.4.2. Pseudopecíolo

Este es redondeado por debajo y acanalado por arriba. Gran parte del pecíolo está compuesto por espacios aseríferos, constituidos por canales longitudinales dispuestos de manera radial, los cuales son interrumpidos por tabiques transversales, como la vaina. La epidermis del pecíolo está engrosada con celulosa, en tanto que la hipodermis está lignificada. Este segundo hecho agregado a la alta concentración de haces vasculares ubicados en la superficie externa de la parte interior redondeada del pecíolo se encuentra bajo compresión debido al peso de la lámina de la hoja (Simmons 1973).

2.2.2.4.3. Nerviación central

La nerviación central es una prolongación sin transacciones del pseudopecíolo, donde continúa la misma anatomía. Esta se va adelgazando a través de la hoja hasta llegar al ápice de la misma (Champion 1968).

2.2.2.4.4. Limbo o lámina foliar

La hoja tiene forma ovalada, su extremo apical es cónico, el estado nutricional define su coloración, en condiciones normales es verde oscuro en el haz y verde claro en el envés, donde también se registra el mayor número de estomas (Smith y Velázquez 2004).

Según Champion (1968) y Simmonds (1973), cuando la lámina foliar inicia su desarrollo, el limbo derecho envuelve al izquierdo. La lámina foliar en apertura, o "candela", realiza su desarrollo dentro del canal mismo. Una planta emite de 25 a 35 hojas, con una frecuencia de emisión de una hoja cada 7 a 10 días.

Smith y Velázquez (2004), indican que para condiciones costeras en la zona atlántica de Costa Rica una planta de plátano puede emitir hasta su

parición 38 ± 2 hojas, teniendo en cuenta que la tasa de emisión foliar promedio es de una hoja cada 7 días.

2.2.2.5. La inflorescencia

Al terminar la diferenciación floral, inicia el proceso de inflorescencia, (donde hasta este momento la planta a producido el 50% de total de sus hojas) donde luego de determinados procesos fisiológicos se da el inicio de la formación del racimo. Una vez que el ápice de la inflorescencia emerge en la parte superior de la planta (la chira o bellota), ésta continúa su desarrollo de manera vertical hasta completar su emergencia y tornarse péndula provocando la inclinación del pseudotallo. El proceso en el cual las brácteas se empiezan a levantar secuencialmente y dejan en descubierto las manos, dura alrededor de 15 días. Posterior a esto se inician una serie de doblamientos de los pedúnculos que hacen que se lleve a cabo cambios en la posición de las filas de los frutos hasta que el racimo adquiera su conformación definitiva (Smith y Velázquez 2004).

2.2.2.6. 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 la 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. Ciclo vegetativo

Las fases fenológicas del cultivo de plátano se dividen de la siguiente manera: fase vegetativa, reproductiva y productiva (Belalcázar 1991; Rodríguez y Guerrero 2002).

2.3.1. Fase vegetativa

Según Rodríguez y Guerrero (2002), este período comprende desde la emisión de raíces del cormo, hasta aproximadamente seis a siete meses posterior, donde se da el inicio la fase reproductiva de la planta. Belalcázar (1991), divide esta fase en tres etapas: brotación, organogénesis y diferenciación floral.

2.3.1.1. Brotación

Momento en el cual es sembrado el cormo, inicia la formación de raíces principales y secundarias y se da la aparición de la primera hoja de un pseudotallo poco desarrollado. El período de tiempo para que esto ocurra se encuentra entre 15 a 30 días de desarrollo (Belalcázar 1991).

2.3.1.2. Organogénesis

La mayor parte de raíces salen de la parte superior del cormo, inmediatamente debajo de la inserción de las hojas, disminuyendo el número de raíces hacia la parte inferior del cormo. Esta fase muestra sensibilidad a la variación en el suministro de elementos minerales y la mayoría de absorción de potasio se da en ella. El desarrollo alcanzado por la planta, en esta etapa, influye directamente sobre el número máximo de frutos que van a desarrollarse, aunque también el clima que prevalezca en la fase de floración influye en el rendimiento de la planta (Rodríguez y Guerrero 2002).

2.3.1.3. Diferenciación Floral

La diferenciación ocurre en un período aproximado entre los 6 a 7 meses de iniciado el proceso de emisión de hojas. En este momento el meristemo o ápice vegetativo inicia su proceso fisiológico de diferenciación, es decir se detiene el desarrollo vegetativo para dar paso a una yema floral, la cual dará origen a la inflorescencia y posteriormente al racimo (Belalcázar 1991).

2.3.2. Fase reproductiva

Dura aproximadamente de 85 a 90 días. El tallo floral se eleva del corno a través del pseudotallo y es visible hasta el momento en que aparece la inflorescencia. El eje de la inflorescencia es la continuación del tallo floral. En éste, las hojas están reemplazadas por brácteas que recubren las flores (dedos); una vez que aparece la inflorescencia, las brácteas comienzan a abrirse y caerse, exponiendo los dedos, que inicialmente apuntan hacia abajo y luego toman una posición inversa hacia arriba (Rodríguez y Guerrero 2002).

2.3.3. Fase productiva

La etapa productiva del plátano comprende parámetros de rendimiento y calidad de producción. Donde se da la organización de la inflorescencia y llenado de los frutos (dedos) que conforman el racimo, hasta el momento de la cosecha (González 1999).

Según Araya (2008), en sistema de deshija madre-hijo-nieto, la teoría indica que se espera en una cepa, un racimo cada tres meses. El primero se cosecharía entre los 10 y 11 meses después de la siembra. Sin embargo la cepa sufre un deterioro gradual y cada cosecha es de menor calidad y rendimiento que la anterior. Por lo que se recomienda el manejo de la plantación a una o dos cosechas como máximo. En las áreas dedicadas a la

exportación, se obtienen rendimientos que varían entre 400 y 900 cajas de 23,4 kg ha⁻¹ año⁻¹ (9,36 a 21,06 Tm ha⁻¹), con un promedio de 400 cajas ha⁻¹ año⁻¹.

Rodríguez *et al.* (1985), determinaron que bajo pérdidas de un 20%, producción de 1,2 racimos por planta por año, densidad de siembra de 1720 plantas por hectárea, se logra producir 1651 racimos por hectárea por año, estimando un peso promedio de 12 kg, se logra un rendimiento de 19,81 Tm ha⁻¹.

2.4. Condiciones climáticas y edáficas del cultivo

2.4.1. Condiciones climáticas

El cultivo del plátano se puede desarrollar en áreas geográficas ubicadas entre los 30° de latitud norte y sur, áreas que reúnen las condiciones climáticas óptimas para el desarrollo del cultivo (González 1999). 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.

2.4.1.1. Temperatura

Según López (2002), el cultivo del plátano requiere de alta temperatura considerándose óptima entre los 26 °C y 27 °C. Temperaturas inferiores a este rango producen retrasos en el período de cosecha, debido a que se alarga el ciclo vegetativo y productivo de la planta. Sin embargo el beneficio de menores temperaturas es que se da una menor incidencia de enfermedades fungosas como sigatoka y cordana que requieren de alta temperatura y humedad relativa.

2.4.1.2. Altitud

Smith y Velázquez (2004), afirman que aunque el plátano sea una planta adaptada a las condiciones tropicales, su mejor desarrollo se da en regiones bajo condiciones de clima húmedo y cálido. Por lo 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.

2.4.1.3. Luminosidad

No hay evidencia de respuesta al fotoperíodo en este cultivo, pero la duración del ciclo aumenta con bajas intensidades de luz. Bajo condiciones de penumbra y suelos desfavorables, las plantas llegan a completar su ciclo en un período de 14 meses, en comparación con 8 meses en plantaciones bien iluminadas. En Costa Rica se necesita un mínimo de 4 horas diarias de luz, con un promedio anual mínimo de 1500 horas luz (Pardo 1983).

2.4.1.4. Viento

Por la naturaleza, de la planta, (sus hojas laminares y su sistema radical superficial), 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.

2.4.1.5. Necesidades hídricas

Debido a la naturaleza herbácea de la planta, su amplia superficie foliar y su rápido crecimiento, requiere de grandes cantidades de agua para su adecuado desarrollo. Se recomienda sembrar el plátano en aquellas zonas cuya precipitación oscila entre 1800 y 3600 mm de promedio anual, la moderada oscila entre 1200 a 1800 y 3600 a 4600 mm y la precipitación no apta es menor a 1200 mm y mayor a 4600 mm anuales (Smith y Velázquez 2004).

2.4.2. Exigencias edafológicas

El suelo para el plátano al igual que en la mayoría de cultivos, tiene su influencia, a través de sus características físicas y químicas, esta última requerida en momentos de importancia donde el balanceo de elementos minerales esenciales requeridos para el metabolismo, es definitivo en crecimiento y producción de la planta. El plátano se adapta a diferentes condiciones de suelo, sin embargo su desarrollo se deteriora en suelos con limitaciones estructurales y nutricionales. Para el correcto crecimiento y desarrollo del plátano es necesario conocer características físicas, químicas y biológicas del suelo, ya que se requiere disponibilidad de nutrientes en óptimas cantidades de ciertos elementos nutritivos, esto con el fin de definir planes de fertilización y rentabilidad del cultivo (Palencia *et al.* 2006).

2.4.2.1. Características físicas

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.

2.4.2.2. Características químicas

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 (Vázquez *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. Nutrición del cultivo

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 se sugiere cambiar la práctica de fertilización del cultivar de plátano curraré semi gigante a tres etapas: hasta la apertura de la hoja 15 agregando 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), indican que la respuesta del cultivo no es uniforme en todos los suelos, por lo que depende del contenido inicial de nutrientes en el suelo. En ese sentido no es conveniente considerar una dosis general de nutrientes para ser recomendada en busca de altos rendimientos en plátano.

Bolaños *et al.* (2002), en un estudio realizado en Quindío, Colombia, concluyen que la fertilización completa (orgánica y química), más el manejo integrado (deshoja fitosanitario y químico bajo preaviso) de la sigatoka, repercute con efectos positivos sobre el crecimiento y producción del cultivo de plátano, obteniéndose mayor peso de racimo, mayor perímetro de pseudotallo y niveles tolerables a la incidencia y la severidad de la sigatoka.

2.5.1. Fertilización nitrogenada

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 dos tratamientos: aplicación de niveles de nitrógeno (0, 100, 200 y 300 kg N ha⁻¹ año⁻¹) y edad de cosecha (1, 2 y 3 meses después de la floración), presentó diferencias significativas ($P<0,01$) para los dos tratamientos (fertilización y edad de cosecha) en las variables: peso promedio de racimo (PPR), concentración de nitrógeno en hojas (CNH) y concentración de nitrógeno en frutos (CNF). La interacción de los dos tratamientos 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).

Hernández *et al.* (1977), 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, los contenidos de fósforo (P) y potasio (K) foliar tendieron a disminuir ligeramente.

2.5.2. Fertilización fosforada

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).

Estudios realizados por Hernández *et al.* (1977), citado por Marín y Pérez (1992), demostraron que 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. Recopilación de información de Vázquez *et al.* (2005), determinaron que el fósforo es importante en la formación de raíces y del racimo, sus deficiencias son difíciles de detectar en campo; sin embargo, disminuye el ritmo de producción de hojas, las cuales se presentan muy verdes con clorosis marginal, seguida de una necrosis, ocurre un acaparamiento de la planta, y posteriormente su muerte prematura.

Espinosa *et al.* (1998), determinaron mediante experimentos, la baja respuesta del plátano a este nutriente, condición que parece general para las musáceas.

2.5.3. Fertilización potásica

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).

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 K₂O, 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 K₂O. De acuerdo a las ecuaciones estimadas estadísticamente, la dosis adecuada de N fue de 300 kg ha⁻¹ y la de K₂O se encontró entre 250 y 300 kg ha⁻¹ para un peso del dedo central de la primera mano de 462 gramos.

2.5.4. Fertilización azufrada

La mayor parte del azufre (S) es utilizado por la planta para la formación de proteínas, especialmente aminoácidos, cisteína y metionina, los cuales son constituyentes de las proteínas. Otros compuestos esenciales que contienen azufre son las vitaminas tiamina y biotina, así como la coenzima A, un compuesto esencial para la respiración y para la síntesis y degradación de ácidos grasos (Soto 1992).

En suelos con bajo contenido de S, se ha demostrado que la aplicación de este nutriente se refleja en la respuesta del cultivo, además de favorecer la absorción de K por la planta, se han obtenido mayores rendimientos al combinar dosis altas de 90 kg ha⁻¹ de S, con 150 y 210 kg ha⁻¹ de N y K respectivamente, alcanzando un rendimiento aproximado a las 45 Tm ha⁻¹, para la variedad Hartón en Magdalena, Colombia (Espinosa *et al.* 1998).

2.6. Componentes vegetativas, productivas y nutritivas

La evaluación del rendimiento productivo del plátano según su desarrollo vegetativo y productivo, se analiza bajo tres componentes, comprendidas de la siguiente manera. Las variables vegetativas, donde se evalúa la altura del pseudotallo y la circunferencia del mismo. En las variables productivas se

considera, peso del racimo (PR), número de manos por racimo (MR), número de dedos por racimo (DR), y longitud y calibre del dedo central de la segunda mano (LD) y (CD). En cuanto a variables nutritivas se evalúa la condición química del suelo, además de la concentración de nutrientes en la planta mediante análisis foliar y la absorción de nutrientes analizando cada órgano vegetativo, evaluando absorción en raíz (ANR), cormo (ANC), pseudotallo (ANS), vaina (ANV), lámina (ANL), pinzote (ANP) y dedos (AND).

2.6.1. Componentes vegetativas

2.6.1.1. Altura del pseudotallo

Para segunda generación del cultivar “Curraré”, supliendo dosis bajas de los nutrientes N y K, González (1999), obtuvo un promedio general de altura de $3,49 \pm 0,63$ m, valor considerado por el mismo actor como aceptable, al compararlo con datos reportados por Belalcázar (1991), para la variedad Hartón (en Colombia). Donde en ausencia de malezas se obtuvieron alturas de 3,14 m, y en presencia de ellas se dieron alturas de 3,36 m.

Evaluando el material de siembra, Rojas (1993), determinó mensualmente la altura del pseudotallo de diferentes tipos de cormo (tipo de hijo) y material *in-vitro*, para la variedad “Curraré”, obteniendo valores promedios para hijos de espada a los 4 y 7 meses después de la siembra de 63,84 y 187,83 cm. Para las plántulas obtenidas en laboratorio Rojas determinó, que sus valores de altura para los mismos meses de evaluación fueron de 80,62 y 216,16 cm, donde al analizar los datos no se presentaron diferencias significativas de un momento a otro de evaluación según el tipo de hijo evaluado.

Aplicando dosis medias de N, P y K, Fernández (1986), obtuvo alturas para segunda generación de plátano y banano al momento de parición (aproximadamente 7 meses) de 164,96 y 171,64 cm. Datos similares a los

obtenidos en la primera evaluación realizada a la planta madre. Demostrando bajas tasas de desarrollo vegetativo diario.

2.6.1.2. Circunferencia del pseudotallo

Rojas (1993), determinó circunferencias mensuales del pseudotallo, para hijos de espada y material *in-vitro*, en la variedad “Curraré”, obteniendo valores promedios para cada material evaluado a los 4 y 7 meses de 19,90 y 45,73, y 23,73 y 53,65 cm respectivamente, sin obtener diferencias significativas entre la evaluación a los 4 y 7 meses respecto a los hijos evaluados.

Evaluando arreglos espaciales González (1999), determinó un valor promedio para el grosor del pseudotallo evaluado a un metro de la base de la planta de $60,91 \pm 1,45$ cm, para todo el experimento. Valor inferior al ser comparado con datos de Vargas (1995), citado por González (1999), el cual reportó valores de $65 \pm 1,45$ cm, para segunda generación de la variedad “Curraré” en la zona Atlántica de Costa Rica.

Hernández *et al.* (2007), determinaron la circunferencia de la planta en el cv. Hartón, a la mitad del pseudotallo y a un metro de la base de la planta en período de cosecha, obteniendo valores promedios de 71, 75 y 67,75 cm respectivamente, donde no se dio ninguna diferencia significativa debido a la poca variabilidad que presentaron los datos en cada tratamiento.

2.6.2. Componentes productivas

2.6.2.1. Peso del racimo

En plátano a diferencia del banano, la aplicación de nutrientes a la planta produce incremento en el peso de los dedos y los cambios en el número de manos por racimo y número de dedos por mano son muy pequeños (Espinosa *et al.* 1998).

Evaluando métodos de siembra González (1999), determinó un promedio general de peso de $10,98 \pm 2,18$ kg para la variedad Curraré. Dato definido por González como similar, al ser comparado con autores que evaluaron la misma variedad y obtuvieron diferencias mínimas sin valor significativo. Datos diferentes obtuvo Rojas (1993), al determinar pesos superiores para hijos de espada y material *in-vitro* de 11,37 y 11,64 kg respectivamente, sin obtener diferencias significativas al evaluar el material de propagación.

En Venezuela, Hernández *et al.* (2007), obtuvieron rendimientos mayores en el cv. Hartón bajo los tratamientos T0: sin fertilizar, T1: dosis de NPK, aplicando cada tres meses $\frac{1}{4}$ de la cantidad total, T2: aplicación de un 100 y 40% de P y K respectivamente, al momento de desflore de la planta madre, y un 60% de K al darse el descepe, T3: aplicación de $\frac{1}{2}$ de T2, y T4: aplicación de urea al momento del descepe y desflore. Para cada tratamiento los valores promedio de su peso fueron; 14,19, 14,81, 13,96, 13,05 y 17,74 kg, obteniendo diferencias significativas al presentar T4 un rendimiento superior, que concuerda con el reportado para plantas de máximo rendimiento superior a los 15 kg racimo⁻¹.

2.6.2.2. Número de manos por racimo

Espinosa *et al.* (1998), determinaron la baja respuesta del plátano Hartón al mostrar variabilidad en el número de manos. En dicho experimento determinó cuatro tratamientos; T1: 0 aplicación de NPK, T2: 150 kg de N, 20 kg de P y 140 kg de K, T3; 150 kg de N, 20 kg de P y 210 kg de K, y T4; 150 kg de N, 20 kg de P y 280 kg de K. Obteniendo un número promedio de manos por cada tratamiento de 6,25, 6,20, 6,35 y 6,65, sin darse diferencias significativas para cada tratamiento o elemento. Orozco y Chaverra (1999), refuerzan la investigación de Espinosa *et al.* (1998), al comentar que la variabilidad en el número de dedos se puede dar en manera significativa, inducida por condiciones ambientales adversas o desbalances nutricionales antes de la

floración, sin embargo el número de manos no, ya que esta variable está codificada cuatro meses antes de que se produzca la floración.

Datos determinados por González (1999), demostraron diferencias significativas, presentando valores de 6,44, 6,36 y 6,44 manos racimo⁻¹, para métodos de siembra en cuadro, tresbolillo y doble surco respectivamente, en una población de 3200 plantas ha⁻¹. Las diferencias significativas se dan al comparar los mismos métodos de siembra, pero con una población menor de 1800 plantas ha⁻¹, mostrando un número de manos promedio por racimo de 7,41, justificado según González (1999), a un mayor vigor de las plantas causado por un menor crecimiento de la zona área o foliar de la planta. Sin embargo esta diferencia no se puede considerar tan marcada debido a las densidades de siembra comparadas.

2.6.2.3. Número de dedos por racimo

En un estudio realizado por Rojas (1993), determinó valores promedio para hijos de espada y material *in-vitro* de 34,79 y 34,49 dedos por racimo respectivamente. Donde no se dieron diferencias significativas según material evaluado, pero si se dio un número de moderado a alto de dedos por racimo. Según Hernández *et al.* (2007), para el cv. Hartón en Venezuela, el promedio general del experimento fue de 36,75 dedos por racimo, dándose una mejor respuesta a la obtenida con el cv. Curraré, pero sin obtener diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

González (1999), obtuvo un promedio general del experimento de $35 \pm 7,82$ dedos por racimo, obteniendo los mejores resultados en áreas con baja densidad de siembra, justificando que estos óptimos rendimientos se deben a un mayor desarrollo foliar de la planta, donde sus raíces pueden extenderse más en busca de nutrientes y el área foliar puede aprovechar mejor la luz solar.

2.6.2.4. Longitud del dedo central de la segunda mano

Para la variable longitud del dedo central de la segunda mano, González (1999), determinó un valor promedio del experimento de $31,03 \pm 2,27$ cm, obteniendo valores promedios muy similares según el arreglo espacial de siembra, sin obtener diferencias significativas para determinada variable.

En un estudio realizado en la zona norte de Costa Rica, evaluando el comportamiento del plátano en dos diferentes localidades, Rodríguez y Morales (1988), determinaron una longitud promedio para el dedo central de la primera mano de 24,65 cm, en la localidad conocida La Perla, y de 23,95 cm en la localidad de Zonafuca, mostrando diferencias significativas entre los arreglos espaciales de Doble surco y Hexagonal monocultivo, en la segunda localidad. En Colombia, Martínez *et al.* (2002), evaluaron variables vegetativas y productivas en la variedad "Harton enano" en primer y segundo ciclo, obteniendo una longitud promedio para el dedo central en la primera generación de 29,13 cm y 26,42 cm en la segunda generación, obteniendo diferencias significativas entre primer y segundo ciclo de cosecha.

2.6.2.5. Calibre del dedo central de la segunda mano

El diámetro de los dedos en frutos a cosechar se denomina con el término grado o calibre, que es el diámetro D1 medido en treinta y dosavos de pulgadas, lo que equivale a 0,79375 milímetros. El calibre, es mayor en las dos primeras manos y disminuye en 0,5 grados por mano hacia las manos inferiores. La diferencia de grado entre la primera mano y la última, varía con relación al tamaño de la fruta desde dos grados para frutas de 6 manos hasta 4,9 grados para frutas de 10 manos (Soto 1992).

Para el cultivo de banano Soto (1992), determino que existe una correlación bien definida entre el grosor del dedo central de la segunda mano y el peso del racimo. Por cada grado, el promedio en peso de la fruta aumenta 1,71 kg.

En un estudio realizado por González (1999), bajo una fertilización alta en nitrógeno y potasio en segunda generación de plátano c.v. "Curraré", encontró calibres máximos de $56,2 \pm 2,17$ pulgadas, bajo una densidad de siembra de 3200 plantas ha^{-1} , encontrando diferencias significativas entre el arreglo espacial y la densidad de siembra.

Según Lardizabal (2007), para la empresa Dole en Honduras, el calibre mínimo para la exportación permitido de plátano Curraré enano es de 52 treinta y dosavos de pulgadas, indicando que valores menores a estos caracterizan frutos de bajo peso y calidad.

2.6.3. Componentes nutritivas

2.6.3.1. Análisis de suelo

Según Rodríguez *et al.* (1985), el análisis de suelos es una herramienta que permite determinar las propiedades físicas y características químicas del suelo. Las características físicas indican dos conceptos importantes, los cuales son; la facilidad de penetración de las raíces y la capacidad de retención de agua, mientras que las propiedades químicas determinan la capacidad del suelo para suplir nutrientes a la planta. Ambas características relacionadas directamente con la extensión del sistema radical. Cuando el análisis de suelos se realiza para determinar la clase y cantidad de nutrientes que se debe aplicar, existe una baja posibilidad de crear desbalances nutricionales, ya que el análisis determina deficiencias o excesos de minerales.

2.6.3.2. Concentración de nutrientes en hojas

La concentración de un determinado nutriente en los diferentes órganos de la planta, es indicador de la disponibilidad de este para la planta. Por lo que se establece una relación directa con la capacidad del suelo para suplirlo y el estado nutricional de la planta. Al hablar del nivel crítico de un nutriente en la planta, se refiere a la concentración, donde dicho elemento se encuentra

limitante para la planta, afectando su desarrollo vegetativo, productivo y posterior rendimiento (Rodríguez et al. 1985).

2.6.3.3. Absorción de nutrientes por tejidos

La cantidad de nutrimento que requiera o absorba el cultivo durante su ciclo de vida está en función directa al rendimiento de ese cultivo. Bertsch (1998), plantea que hay que establecer una diferencia entre los conceptos: “requisito total” y “exportación”. Conceptos que se asocian a un determinado valor de rendimiento de producto comercial, sin embargo, el primero se refiere a la absorción total de nutrimentos (partes de la planta que forman la estructura comercial) que hace la planta o plantación para producir ese determinado rendimiento, mientras que la exportación solo está considerando aquella cantidad de nutrientes utilizados en la elaboración del producto comercial y que al cosecharse, se presenta como un producto que no retorna al sistema.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

La investigación se realizó en la finca del señor Agustín Acosta, productor de plátano en la zona de Agua Azul de La Fortuna en San Carlos, Costa Rica. En esta finca se destinó una sección de una hectárea para el establecimiento de los experimentos, lugar donde anteriormente se produjo plátano en primera generación (planta madre), con una densidad aproximada de 2000 plantas ha⁻¹. La zona se encuentra en el trópico húmedo, donde las condiciones de los últimos tres años indican que la temperatura anual promedio es de 25 °C, humedad relativa de un 84,9%, la precipitación promedio ronda los 3815,7 mm anuales, las temperaturas máximas y mínimas se encuentran en 31,5 y 22 °C respectivamente. El área experimental se ubica a 165 msnm, en las coordenadas 10,49446° Norte y 084,60069° Oeste.

3.2. Material experimental

El material experimental que se usó fue el cultivar de plátano 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 es utilizado en las plantaciones comerciales de la zona por los productores, tanto para primera producción (planta madre) como segunda producción (hijo).

3.3. Manejo del experimento

Los tres experimentos que se describen a continuación, tienen como propósito evaluar la respuesta de la planta madre en el cultivo de plátano, a la aplicación de distintos niveles de nutrimentos presentes en formulaciones comerciales de fertilizantes. En este sentido, 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.

Cada unidad experimental dispuso de 25,2 metros cuadrados. Considerando que la densidad de siembra fue de 2380 plantas por hectárea, se sembraron 6 plantas en cada unidad experimental, bajo un diseño de doble hilera, donde se realizó el muestreo en tres de estas para su respectivo análisis estadístico (Figura 1).

Las labores de manejo general del área experimental (control fitosanitario, control de malezas, deshierbas, deshojas) las ejecutaron los obreros de la finca, de acuerdo con las instrucciones del propietario.

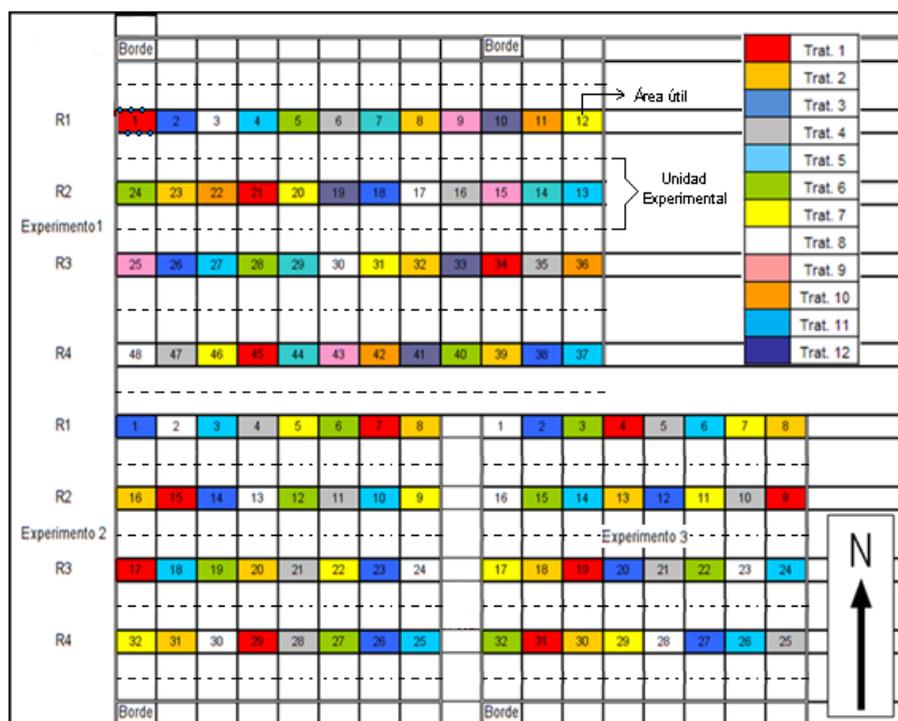


Figura 1. Área experimental y distribución de tratamientos. La Fortuna, San Carlos. 2010.

Nota: a pesar de los tratamientos tener el mismo número, en cada experimento su dosis de fertilizante varía.

Experimento 1. Efecto de la aplicación de nitrógeno (N) y potasio (K) sobre el crecimiento y rendimiento.

- Tres niveles de N (0 - 100 y 200 kg ha⁻¹).
- Cuatro niveles de K como (K₂O) (0 - 125 - 250 - 375 kg ha⁻¹).

Se usó un diseño de bloques completos al azar en un arreglo factorial 3*4 con cuatro repeticiones y muestreo, para un total de 48 unidades experimentales.

Considerando que los suelos de la zona tienen influencia de materiales volcánicos, existe una alta probabilidad que sean deficientes en P. En ese sentido, se realizó la aplicación de 70 kg de fósforo ha⁻¹ en todas las unidades experimentales, como una fertilización base.

Experimento 2. Efecto de la aplicación de fósforo (P) y potasio (K) sobre el crecimiento y rendimiento.

- Dos niveles de P (0 - 70 Kg de P₂O₅ ha⁻¹).
- Cuatro niveles de K como (K₂O) (0 - 125 - 250 - 375 kg ha⁻¹).

Se usó un diseño de bloques completos al azar en un arreglo factorial 2*4 con cuatro repeticiones y muestreo. El total de unidades experimentales fue de 32 parcelas.

Con el propósito de reducir los riesgos de que se manifieste carencia de N, se aplicó 100 kg de N ha⁻¹ en todas las unidades experimentales.

Experimento 3. Efecto de la aplicación de azufre (S) y potasio (K) sobre el crecimiento y rendimiento.

El S es un nutrimento ausente en los programas de fertilización de los agricultores dedicados al cultivo de plátano. Sin embargo, en suelos volcánicos

se ha observado que cuando se suministra P y boro (B), se aumenta la probabilidad de manifestarse las deficiencias de S (Bornemisza 1990).

- Dos niveles de S (0 - 30 kg de S ha⁻¹).
- Cuatro niveles de K como (K₂O) (0 - 125 - 250 - 375 kg ha⁻¹).

Se usó un diseño de bloques completos al azar en un arreglo factorial 2*4 con cuatro repeticiones y muestreo. El total de unidades experimentales fue de 32 parcelas.

Con el propósito de reducir los riesgos de que se manifieste carencia de N y P, se aplicó 100 Kg de N ha⁻¹ y 70 Kg de P ha⁻¹ en todas las unidades experimentales.

3.4. Tratamientos

Cuadro 1. Dosis de nutrimentos en kg ha⁻¹ para cada tratamiento según experimento correspondiente. La Fortuna, San Carlos. 2010.

Tratamiento	Experimento 1			Experimento 2			Experimento 3			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ 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 las fases y la demanda nutricional del cultivo, según la distribución presentada en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Distribución de la aplicación de los tratamientos según fase del cultivo. La Fortuna, San Carlos. 2010.

	Nutrimento/fertilizante	Porcentaje de aplicación (%)	Fase fenológica
1^{er} año (planta madre) (1era cosecha)	Fósforo	100	Primer mes de edad (20 de mayo de 2008)
	Nitrógeno, potasio y azufre fraccionados.	15	Antes de la apertura de la hoja # 15 (3 meses) (31 de julio de 2008)
		50	En el periodo comprendido entre la hoja # 15 y 20 (4,5 meses) (11 de setiembre de 2008)
		35	En el periodo comprendido entre la hoja # 22 y la emergencia de la inflorescencia (6 meses) (30 de octubre de 2008)

3.5. Variables medidas y metodología de toma de datos

3.5.1. Variables en el suelo

Se realizó análisis de suelos antes de la siembra, el cual contempló; Acidez extraíble, pH, Ca, Mg, K, P, Fe, Zn, Mn, Cu, S y materia orgánica. En cuanto a propiedades físicas, se determinó únicamente la textura del suelo. De forma aleatoria en toda el área experimental se realizó la toma de submuestras con un barreno, luego se combinaron y cuartearon obteniendo la muestra para el análisis químico y de textura del suelo.

3.5.2. Variables en el cultivo

3.5.2.1. Variables vegetativas

-Altura de la planta (AP) y grosor del tallo (GT)

A las plantas seleccionadas se les midió la altura desde la superficie del suelo hasta el punto de salida de la flor. En la base del pseudotallo se hizo la medida del grosor. Estas mediciones se hicieron un mes antes de la segunda fertilización fraccionada (semana del 10 al 16 de agosto de 2008) y al inicio de la floración, 15 días después de haber completado los tratamientos (semana del 9 al 15 de noviembre de 2008) es decir cerca de los 3,5 y 7 meses de crecimiento del cultivo aproximadamente. La determinación de estas variables se realizó con una cinta métrica en metros (m).

3.5.2.2. Variables productivas

-Peso del racimo (PR)

-Número de manos por racimo (N^oMR)

-Número de dedos por racimo (N^oDR)

-Longitud del dedo central de la segunda mano (LD)

-Calibre (grosor) del dedo central de la segunda mano (CD)

En el área útil de cada unidad experimental y durante cada cosecha se midieron y anotaron los datos obtenidos de las variables: longitud y calibre del dedo central de la segunda mano (LD y CD), número de manos (N^oMR) y dedos por racimo (N^oDR), y peso del racimo (PR). Para obtener estos datos se uso, cinta métrica en metros (m), calibrador en treinta y dozavos de pulgada (pulg) y balanza en kilogramos (kg). La medición de estas variables se realizó en el momento de la cosecha de cada uno de los racimos de tres plantas del área útil.

3.5.2.3. Variables nutritivas

-Concentración de nutrientes en las hojas (CNH)

Se realizó antes de la floración (20 de noviembre de 2008). En esta variable se tomó muestras en todas las repeticiones, para formar muestras compuestas por tratamiento que fueron analizadas en el laboratorio, por lo tanto la finalidad de esta variable es conocer la concentración de los nutrientes en las hojas de cada tratamiento, valor que sirve para interpretar las demás variables. El análisis químico por cada unidad experimental representa un costo muy elevado. En ese sentido se hizo sólo a cada tratamiento, lo que impide someter los datos a análisis estadístico, pero como se dijo anteriormente, sirve como una guía para la interpretación de los demás resultados.

Para obtener la muestra de CNH al inicio de la floración, se tomó la parte media de la tercera hoja completamente abierta (Figura 2). Posteriormente de haber tomado la muestra, en el laboratorio se retiró restos de nervadura y borde de la hoja a la sección tomada.

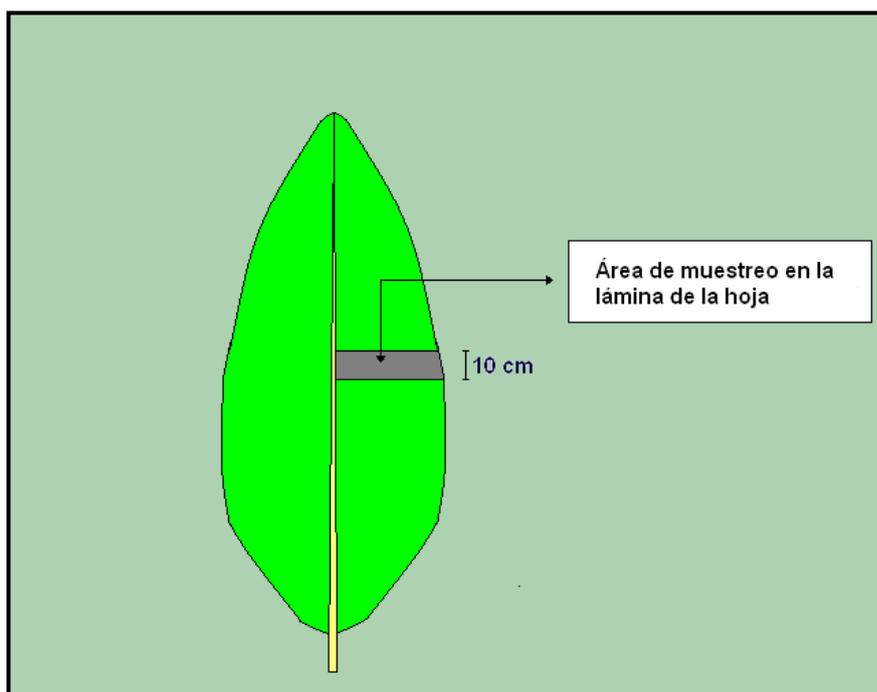


Figura 2. Área de muestreo realizada en la tercera hoja de la planta de plátano. La Fortuna, San Carlos. 2010. Modificado de Rodríguez *et al.* (1985).

-Absorción de nutrientes por los tejidos

Se muestreó: raíz (ANR), cormo (ANC), pseudotallo (ANT), hoja (ANH), pseudopecíolo (ANS), pinzote (ANP), y fruto (ANF), al momento de la cosecha para determinar extracción de nutrimentos en esas estructuras, seleccionando cuatro plantas con buenas características, en cuanto a desarrollo y producción (Figura 3). Cada parte vegetativa y productiva se separó y pesó; luego se tomaron las muestras para la determinación de materia seca (MS) en el laboratorio de Agrostología del Instituto Tecnológico de Costa Rica, para luego ser enviadas al laboratorio de análisis químicos en la Universidad de Costa Rica en San José, donde se realizó el análisis químico.

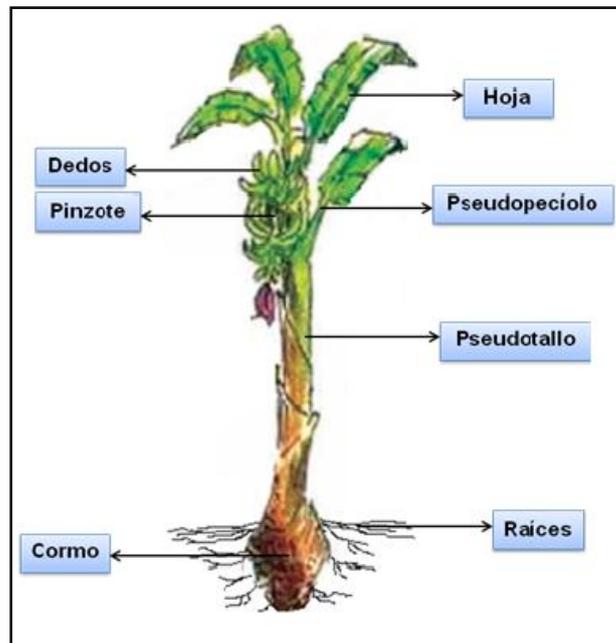


Figura 3. Estructuras vegetativas y productivas tomadas para el análisis de absorción de nutrientes. La Fortuna, San Carlos. 2010. (Modificado de Palencia *et al.* 2006).

3.6. Modelo estadístico

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó un diseño experimental completamente al azar con muestreo, según el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + L_i + M_j + (L * M)_{ij} + \beta_k + \varepsilon_{ij} + \lambda_{ijk}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable dependiente (observación)

μ = Media de la población

L_i = Efecto de la i-ésima dosis de fertilizante

M_j = Efecto de la j-ésima dosis de fertilizante

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

β_k = Efecto del k-ésimo bloque

ε_{ij} = Error Experimental

λ_{ijk} = 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 polinomiales de grado lineal, cuadrático y cúbico, ya que los niveles del factor tratamiento son cuantitativos y equidistantes.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Análisis de suelo

Los resultados obtenidos en el análisis de suelo (Cuadro A 1), mostraron una condición ligeramente ácida, la CICE es considerada según Bertsch (1998), como media, al presentar un valor de $12,6 \text{ cmol}(+) \text{ L}^{-1}$. El nivel de materia orgánica es bajo al presentar un 3,4%, lo cual puede influir en el aporte de N y S; el valor de P se encuentra en 5 mg L^{-1} , el cual también es bajo. En cuanto a elementos menores el Zn, Cu, Mn y Fe, los dos primeros muestran un nivel moderado de 5,3 y 15 mg L^{-1} respectivamente, el Mn de moderado a alto con 42 mg L^{-1} y el Fe se presenta en una condición elevada de 161 mg L^{-1} . Según las condiciones presentadas y los parámetros indicados por Bertsch (1998), el nivel de fertilidad del suelo es considerado como medio.

La textura obtenida fue franco arcillosa, donde destaca un mayor contenido de arcilla con un 38%. Dada esta consideración, Smith y Velázquez (2004) y Araya (2008), clasifican dicha textura como fina, moderada para el desarrollo del cultivo del plátano al tener un porcentaje menor del 60% de arcilla.

4.2. Experimento nitrógeno-potasio (N-K)

4.2.1. Variables vegetativas

Hernández *et al.* (2007), comentan que la deficiencia de elementos mayores en plátano, considerando principalmente el nitrógeno, da como resultado tallos débiles y raíces susceptibles al ataque de enfermedades, ocasionando en la planta pérdida de verticalidad y desarrollo.

Para la variable vegetativa altura del pseudotallo a los 3,5 y 7 meses de desarrollo, la Figura 4 muestra una tendencia lineal creciente (Cuadros B 2 y B

6), según aumenta la dosis de nitrógeno, dándose la mayor altura en la dosis de 200 kg ha⁻¹, para ambos momentos de evaluación.

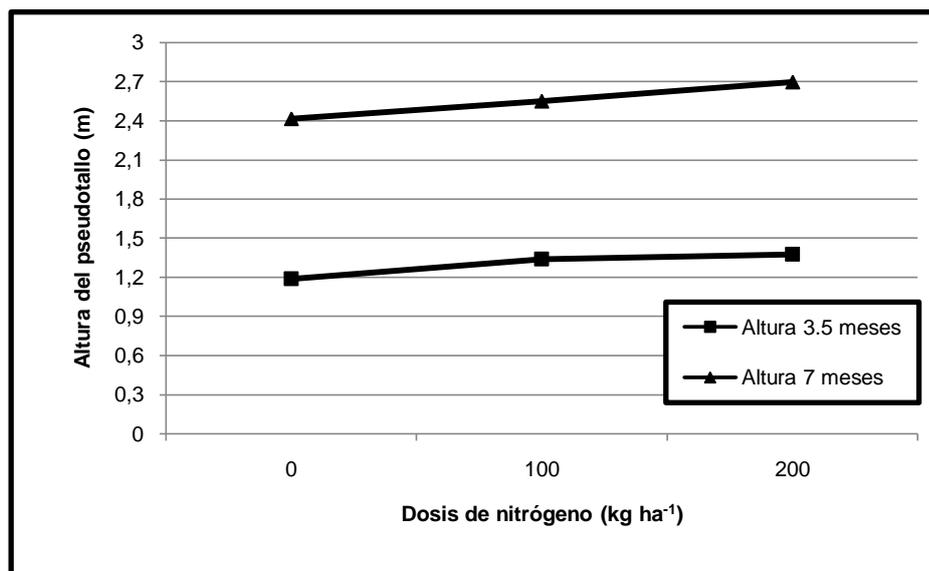


Figura 4. Altura del pseudotallo, según dosis de nitrógeno aplicado. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.

Los resultados indican la necesidad del elemento por la planta, ya que entre los niveles evaluados a los 3,5 meses, la diferencia entre el testigo y la dosis máxima mostró una diferencia de 0,19 m entre los promedios. Diferencia que aumenta 0,09 m a los 7 meses de desarrollo, entre los mismos niveles, acentuando el efecto en la altura que causa la aplicación de nitrógeno. Estos resultados difieren en mejor condición a los presentados por Rojas (1993), el cual obtuvo valores de altura a los 4 y 7 meses de evaluación para la variedad “Curraré” de 0,63 y 1,87 m respectivamente, evaluando el tipo de semilla a la siembra de hijo y material *in vitro*, donde tales diferencias en cada momento de evaluación, se pueden atribuir a un menor peso en la semilla de siembra por parte de Rojas, además el manejo de la fertilización no presentó altas dosis como si se realizó en el presente trabajo.

La variable grosor al igual que la altura del pseudotallo, mostró diferencias altamente significativas ($P \leq 0,01$) según la dosis de nitrógeno aplicada (Cuadros B 3 y B 7), comportamiento que respalda Soto (1992), indicando que ambas variables presentan una relación directa bajo dos

critérios, em primeiro termo o tipo de clone e depois o vigor da planta já que é resultado de seu estado de crescimento.

En la Figura 5 se presenta el mismo comportamiento creciente lineal (Cuadros B 4 y B 8), que se dio en la altura, donde la aplicación del nivel de 200 kg ha^{-1} muestra un grosor de $0,41 \text{ m}$; siendo este el mejor, sin embargo la diferencia entre el promedio de este nivel con el testigo y la aplicación de 100 kg ha^{-1} es $0,05$ y $0,01 \text{ m}$ respectivamente, presentando poca variabilidad entre dosis, en los $3,5$ meses de evaluación.

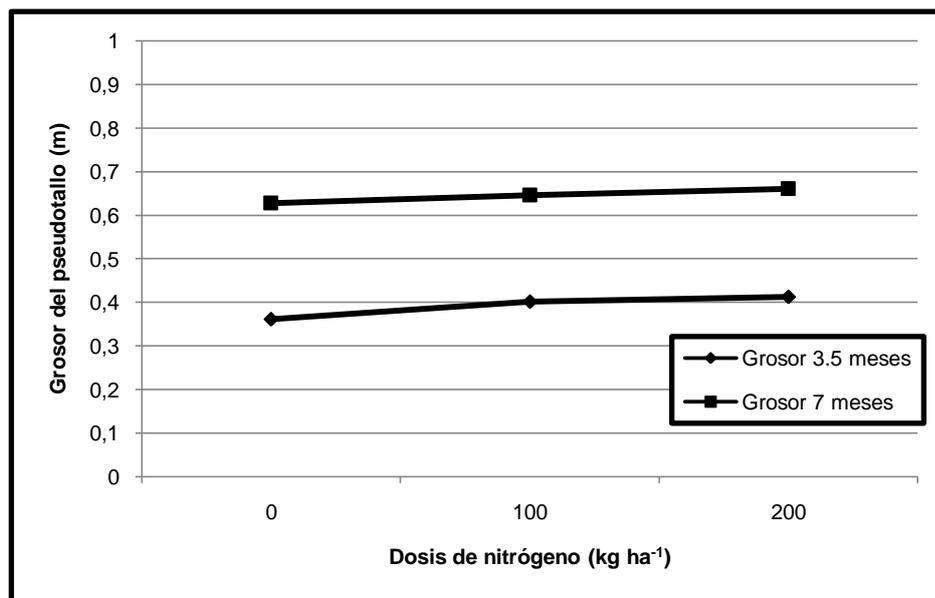


Figura 5. Grosor del pseudotallo, según dosis de nitrógeno aplicado. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.

Caso similar ocurre con la diferencia entre promedios a los 7 meses donde la dosis máxima de nitrógeno presentó un grosor de $0,66 \text{ m}$, mostrando poca variabilidad respecto a los niveles de 0 y 100 kg ha^{-1} con $0,63$ y $0,65 \text{ m}$ respectivamente. Por lo que al considerar ambos resultados la diferencia es mínima, de muy poca variación al no aplicar y al aplicar dosis que vayan de 100 a 200 kg ha^{-1} de nitrógeno.

4.2.2. Variables productivas

Al realizar el análisis estadístico, los datos mostraron para el experimento N-K, diferencias altamente significativas ($P \leq 0,01$) en las variables número de dedos, longitud del dedo central de la segunda mano y peso del racimo según dosis de N aplicado (Cuadros B 11, B 13 y B 17). Para las variables número de manos y calibre del dedo central de la segunda mano no hubo efecto significativo del N y K o la interacción entre estos dos elementos (Cuadros B 9 y B 15). Sin embargo, para esta última variable si se dio un efecto significativo. Al mostrar la prueba de contrastes polinomiales diferencias significativas ($P \leq 0,05$) (Cuadro B 16), respecto a la tendencia lineal de los datos, lo que se refuerza la variable calibre del dedo central de la segunda mano, al influir en el peso del racimo y por ende está relacionada con el en el rendimiento del cultivo. Por otro lado la poca respuesta presentada por la variable número de manos, está relacionada con características varietales de la planta, donde Orozco y Chaverra (1999), comentan la poca variabilidad en dicha variable, al estar codificada cuatro meses antes de que se produzca la floración. Respaldando lo comentado por Orozco y Chaverra (1999), estudios realizados por Espinosa *et al.* (1998), indican que el aumento en la fertilidad del suelo provocó un aumento en el peso de los dedos y los cambios en el número de manos fueron muy pequeños.

Como se mencionó anteriormente la variable número de dedos, mostró diferencias altamente significativas ($P \leq 0,01$), según las dosis de nitrógeno aplicadas, (Figura 6), donde la dosis de 100 kg ha^{-1} mostró el mejor rendimiento promedio, diferenciando con la dosis testigo en 2,5 dedos aproximadamente. La dosis máxima de nitrógeno disminuyó 0,32 dedos respecto al nivel intermedio y aumentó 2,16 dedos respecto al testigo. Orozco y Chaverra (1999), comentan que la variabilidad en el número de dedos puede ser inducida significativamente por condiciones ambientales adversas o desbalances nutricionales antes de la floración, a lo que se le atribuye la diferencia entre promedios de la dosis testigo, la cual pudo provocar desbalances nutricionales, limitando el desarrollo del racimo.

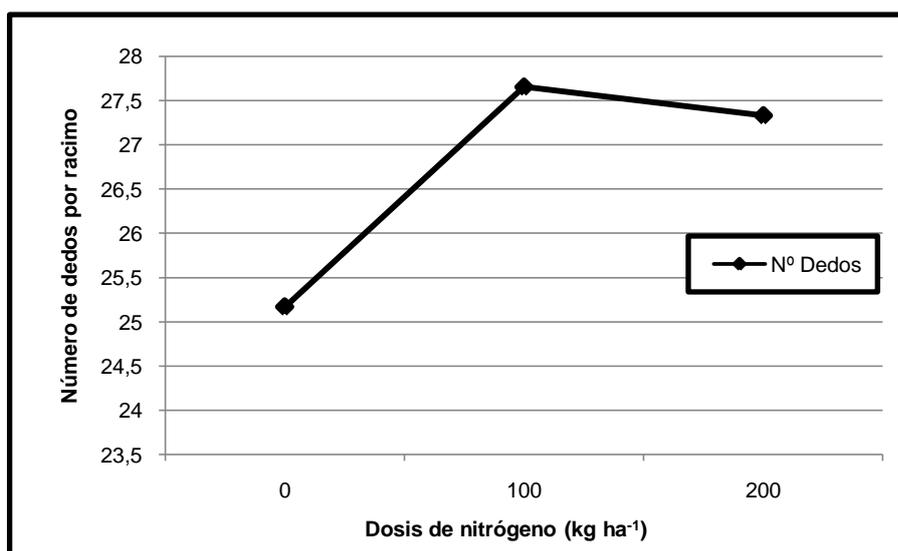


Figura 6. Número de dedos por racimo, según dosis de nitrógeno aplicado. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.

Respecto a los datos obtenidos, González (1999), obtuvo un promedio general de $35 \pm 7,82$ dedos de $7,00 \pm 0,98$ manos en promedio, superando el promedio obtenido en este estudio de 26,72 dedos en 5,04 manos, considerando estos dos últimos valores como aceptables si se comparan de manera proporcional a los obtenidos por González. En Venezuela, Bravo y Echenique (2002), obtuvieron un número promedio de 20,66 dedos en 5,33 manos, y peso del racimo de 6,42 kg, en la variedad Hartón, reflejando una condición nutricional muy pobre de la plantación, ya que Rodríguez *et al.* (1999), citados por Bravo y Echenique (2002), reporta un peso promedio por racimo de 19,6 kg, para la variedad Hartón bajo condiciones óptimas de fertilización.

La variable longitud del dedo central de la segunda mano, mostró diferencias altamente significativas ($P \leq 0,01$), según el nivel de nitrógeno aplicado. Se muestra en la Figura 7, que el nivel testigo presentó aproximadamente 2 cm menos respecto a la dosis máxima de nitrógeno. Resultados similares obtuvieron Combatt *et al.* (2004), en Colombia para la variedad Hartón (*Musa AAB Simmonds*), donde al aplicar una dosis de 150 Kg ha⁻¹ de nitrógeno, se obtuvo un valor promedio de 23,3 cm de longitud en el dedo central de la primera mano, valor que aumentó conforme se aplicó una

mayor dosis de nitrógeno y potasio, comportamiento que respaldan Belálcazar *et al.* (1996), citados por Combatt *et al.* (2004), quienes exponen que el nitrógeno tiene un efecto marcado sobre el crecimiento de los dedos de la mano de la planta de banano, cuyos investigadores demostraron la relación directa entre la absorción de nitrógeno y la producción de materia seca.

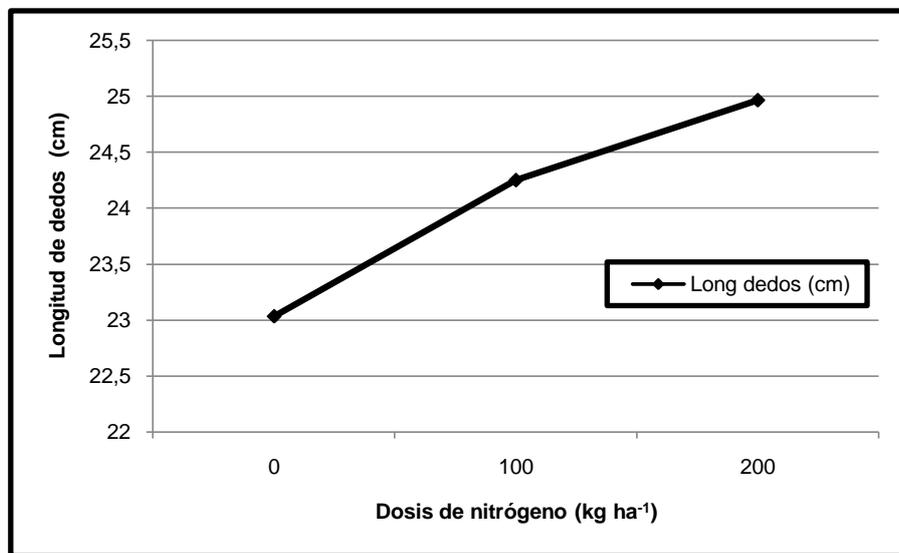


Figura 7. Longitud del dedo central de la segunda mano, según dosis de nitrógeno aplicado. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.

Para la variedad Curraré, Rojas (1993), determinó un valor promedio de 24,95 cm para la longitud del dedo central de la segunda mano, datos con muy poca variación respecto a los obtenidos en el presente experimento.

Según datos obtenidos en el análisis de varianza, la respuesta del peso del racimo mostró diferencias altamente significativas ($P \leq 0,01$) en las tres diferentes dosis de nitrógeno utilizadas, caso que respalda Belálcazar y demás investigadores (1991), citados por Combatt *et al.* (2004), los cuales exponen la importancia del nitrógeno en la planta de plátano, donde tal elemento interviene y participa en la composición de la clorofila, aminoácidos y proteínas, además de regular la absorción del potasio y fósforo, lo que determina el crecimiento y peso final del racimo.

La respuesta de la variedad Curraré semi gigante es un indicativo de la necesidad de este nutriente en cuanto a peso del racimo, obteniendo diferencias en sus medias de 8,06; 9,73 y 10 kg, para dosis de 0, 100, y 200 kg ha⁻¹ de nitrógeno respectivamente, como se observa en la Figura 8. Valores inferiores a los reportados por Rojas (1993), con un promedio general de 12,85 kg, los obtenidos por González (1999), de 10,98 kg, y los analizados por Rodríguez y Morales (1988) de 13,37 kg promedio en la localidad de La Perla de San Carlos. Estos dos últimos en la misma variedad Curraré. Al comparar estos datos con los obtenidos en el presente estudio se puede considerar un valor óptimo para los resultados de peso del racimo, ya que los pesos citados fueron influenciados por un mayor número de manos, debido a que estos no se les realizó la práctica de desmane como si se hizo en esta investigación.

La diferencia entre el testigo y los tratamientos de 100 y 200 kg ha⁻¹ fue de 1,87 y 1,94 kg ha⁻¹, lo que muestra el efecto del N y un mayor rendimiento del cultivo en la dosis máxima de este elemento. Según dichas consideraciones los rendimientos ha⁻¹, con una densidad media de 2380 plantas ha⁻¹ pasarían de 19,18 Tm ha⁻¹ para la dosis testigo, a 23,15 Tm ha⁻¹ para la dosis de 100 kg ha⁻¹ y 23,8 Tm ha⁻¹ para una dosis máxima utilizada de 200 kg ha⁻¹ de N, rendimientos similares, excepto para el testigo, a los reportados por Hernández *et al.* (2007), en la variedad Dominico, donde se alcanzan rendimientos máximos estables de 22,8 y 25,2 Tm ha⁻¹, para primera y segunda generación aplicando 150 gramos de nitrógeno por planta.

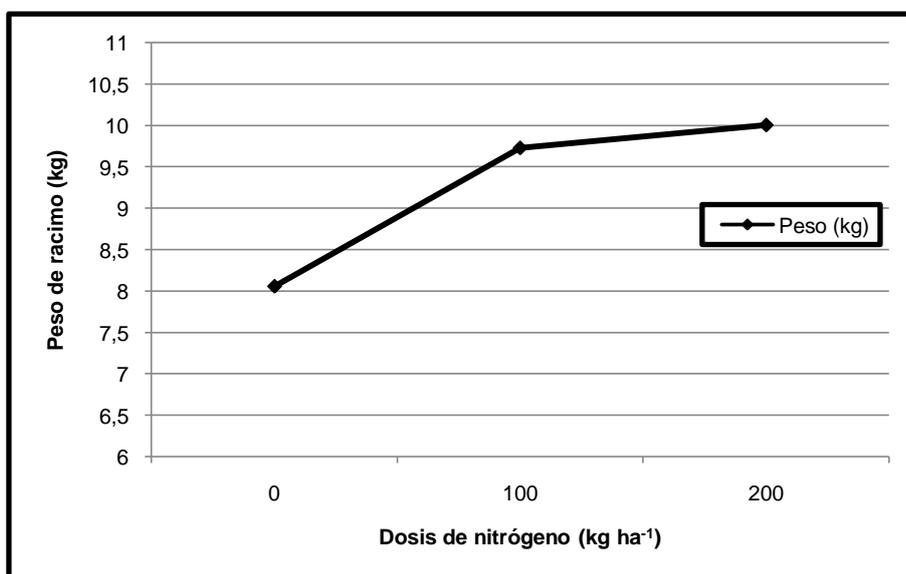


Figura 8. Peso del racimo, según dosis de nitrógeno. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.

Según Muñoz (1995), caso similar a este ocurrió en tierras colombianas de altura media y suelos con un contenido de materia orgánica de 3,79%, donde se realizaron aplicaciones de urea, en dosis entre 0 y 200 kg ha⁻¹, produciendo incrementos significativos en la producción de plátano de 16,3 a 21,3 Tm ha⁻¹.

Las diferencias en peso de cada tratamiento están directamente influenciadas por el número de dedos y longitud del dedo central de la segunda mano, ya que al darse diferencias significativas en estas variables provocan que el peso del racimo aumente respecto al testigo. Efecto similar al que produce la variable calibre del dedo central de la segunda mano. El coeficiente de variación y determinación obtenidos en el análisis de la variable peso del racimo fueron de 21,97% y 0,74 respectivamente (Cuadro B 17).

4.2.3. Variables nutritivas

4.2.3.1. Concentración de nutrientes en hojas

El comportamiento en cuanto a concentración de nutrientes en las hojas se refleja en la Figura 9, donde el porcentaje de nitrógeno presentó un incremento importante conforme se aplicó un nivel mayor de fertilizante nitrogenado. Dicho elemento fue el único que presentó una tendencia creciente en el estudio, ya que para los demás elementos, las concentraciones variaron poco sin presentar diferencias importantes.

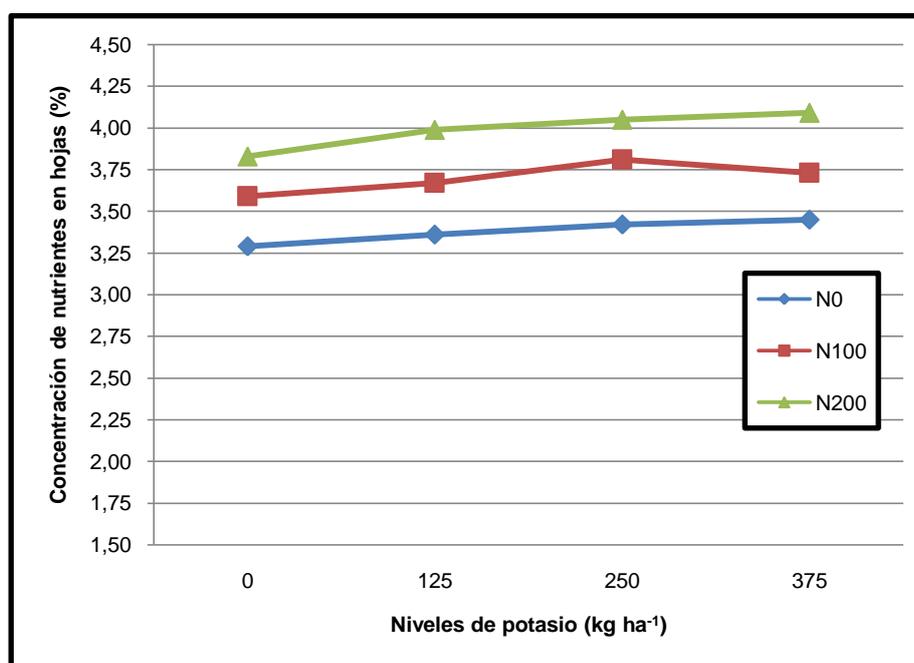


Figura 9. Concentración foliar de nitrógeno, según dosis de potasio aplicado. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.

La concentración promedio de nitrógeno fue de 3,69%, obteniendo valores superiores a los obtenidos por Rodríguez y Morales (1988), de 3,38%. Para el caso del K (Figura 10) su valor promedio en el experimento fue de 3,07%; valor que comparado con los presentados por Rodríguez y Morales (1988), no se encuentra cerca del dato promedio indicado por estos autores, en la variedad Curraré, de 4,15%, ni el presentado por Bravo y Echenique (2002),

para la variedad Hartón en Venezuela de 3,62%, donde se presentó un nivel crítico aproximado de 3,8%.

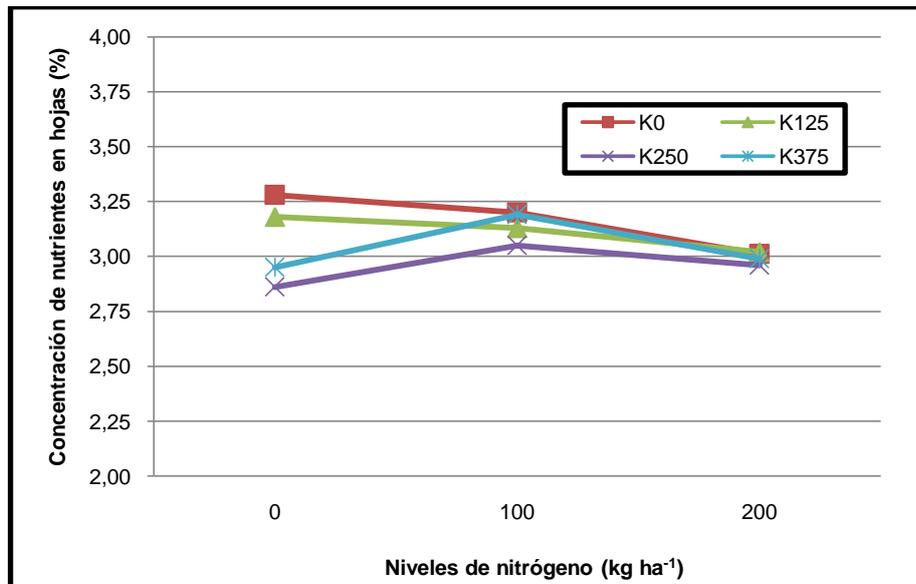


Figura 10. Concentración foliar de potasio, según dosis de nitrógeno aplicado. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.

Respecto al dato presentado por Rodríguez y Morales (1988), se da una diferencia importante a la obtenida en el presente trabajo, lo que se puede interpretar como un déficit nutritivo, debido a una baja respuesta a las diferentes dosis de potasio aplicadas.

4.3. Experimento fósforo-potasio (P-K)

4.3.1. Variables vegetativas

Mediante el análisis de varianza se determinó la respuesta, que presentó la aplicación fósforo y potasio, obteniendo diferencias significativas ($P \leq 0,05$) para la variable altura del pseudotallo a los 3,5 meses de desarrollo, para los diferentes niveles de potasio según la dosis testigo de fósforo (Cuadro C 2). Como lo muestra la Figura 11, la tendencia se puede describir como lineal constante, excepto cuando la línea pasa por la dosis de 250 kg ha⁻¹ de potasio

declinando su altura en 0,14 m respecto a las dosis de 0 y 125 kg ha⁻¹ y 0,11 m en comparación con el nivel de 375 kg ha⁻¹, tendencia que se describe como anormal, ya que no se puede atribuir dicho comportamiento a ningún factor interno relacionado con la interacción o efecto independiente de los tratamientos. Por lo que se puede interpretar que es esta diferencia la que causa la respuesta entre los elementos, debido a la caída en el promedio de los datos que se presenta para la dosis testigo de fósforo al aplicar 250 kg ha⁻¹ de potasio, indicando que la que la dosis testigo de fósforo y la aplicación de 70 kg ha⁻¹, si presentan diferencias significativas, como se muestra en la Figura 11, donde los promedios de la aplicación de fósforo superan el tratamiento testigo, influyendo en la altura de un tratamiento a otro.

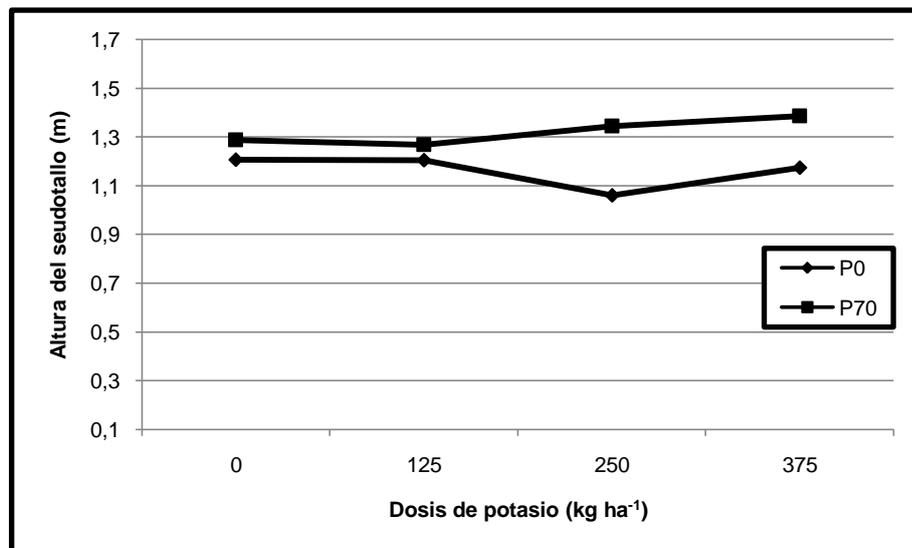


Figura 11. Interacción fósforo-potasio, para la variable altura del pseudotallo a los 3,5 meses de crecimiento. Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.

En comparación con la dosis testigo de fósforo, el nivel máximo de 70 kg ha⁻¹, presenta una mayor altura en sus diferentes combinaciones con el elemento potasio (Figura 11), aumento atribuido al aporte fisiológico y vegetativo, que causa dicho elemento en la planta, donde Vázquez *et al.* (2005), definen el fósforo como necesario e importante en la formación de raíces, racimo y hojas, además de contrarrestar deficiencias para posteriores limitaciones vegetativas y productivas. Por otro lado no se mostraron diferencias significativas entre los niveles de potasio según la dosis máxima de

fósforo, mostrando similitud entre los promedios de 0 y 125 kg ha⁻¹ de potasio, variando poco de manera creciente en los siguientes dos niveles.

Respecto a los datos obtenidos, Fernández (1986), determinó valores superiores a los obtenidos con un promedio de 1,49 m a los 3,5 meses de crecimiento, mientras que el promedio general resultante en este estudio fue de 1,16 m. Valorando material de siembra Rojas (1993), obtuvo promedios aproximados a los 4 meses de desarrollo de 0,63 m, valor inferior al obtenido en el presente experimento de 1,24 m, por lo que dichos resultados presentan amplias diferencias con los obtenidos.

Al analizar el grosor del pseudotallo, y compararlo gráficamente con la altura obtenida en la Figura 11, se muestra similitud en la tendencia de los datos bajo las mismas dosis de fósforo y potasio, donde Rojas (1993), indica la alta relación que presentan ambas variables al determinar una correlación altamente significativa para diámetro versus altura de ($r=0,94$), evaluando el tipo de semilla de siembra. Dada esta consideración, en la Figura 12 se puede observar como la dosis de 250 kg ha⁻¹ de potasio, bajo el nivel testigo de fósforo, presentó la misma tendencia siendo el nivel de menor grosor con 0,32 m, los demás datos mostraron similitud, variando muy poco en sus promedios de grosor. Para la aplicación de 70 kg ha⁻¹, su tendencia fue lineal creciente, con muy poca variación entre sus promedios, sin darse diferencias significativas entre estos. Sin embargo entre dosis de fósforo se presentó el mismo comportamiento que el de la altura, donde se obtuvieron diferencias significativas, que influyen directamente en el grosor de la planta. Cabe destacar que las diferencias significativas resultantes para las variables vegetativas según dosis de fósforo, no presentaron la misma condición al evaluar características productivas del racimo.

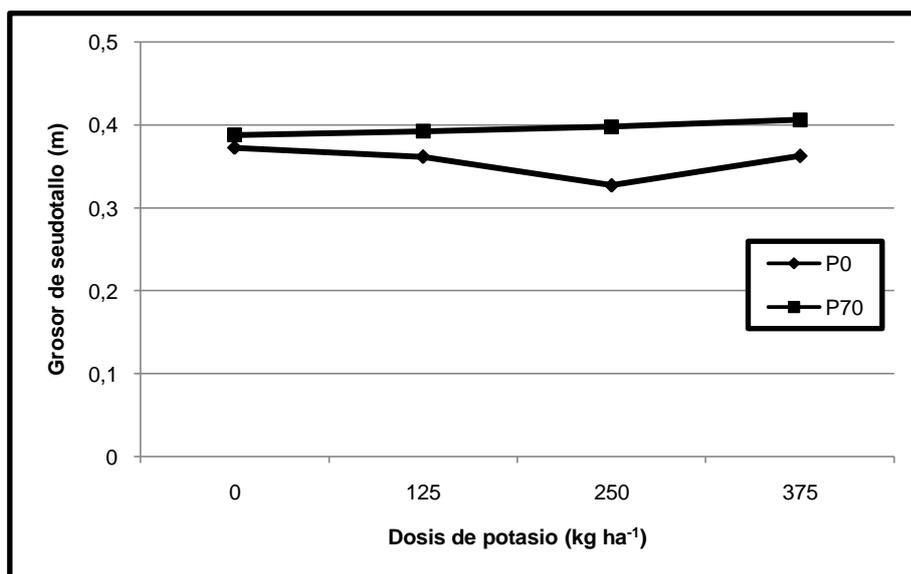


Figura 12. Interacción fósforo-potasio, para la variable grosor del pseudotallo a los 3,5 meses de crecimiento. Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.

Datos promedio obtenidos de 0,35 y 0,39 m, para la dosis testigo y de 70 kg ha⁻¹ de P respectivamente, se presentaron en mejor condición a los obtenidos por Rojas (1993), donde obtuvo circunferencias de 0,19 y 0,23 m, para el desarrollo a los 4 meses de hijos de espada y material *in-vitro*.

4.3.2. Variables productivas

El experimento P-K, no presentó diferencias significativas en ninguna de las variables productivas analizadas. En el caso del fósforo Espinosa *et al.* (1998), afirman la baja respuesta del cultivo a este nutriente, caso que respalda Simmonds (1973), el cual determinó, que el requerimiento de fósforo para el plátano es muy bajo (10 a 40 ppm) debido a su baja extracción y movilidad en el suelo. En cuanto a las variables productivas o de rendimiento, Rodríguez y Rodríguez (1998), citados por Hernández *et al.* (2007), indican que el fósforo no afecta estas variables en el cultivo del plátano.

Respecto al potasio, se puede atribuir la respuesta nula del cultivo, al contenido presentado en el suelo, el cual es de 0,36 cmol(+) L⁻¹

aproximadamente 280,8 kg de potasio ha^{-1} (Cuadro A 1), fertilidad considerada de media a alta según los niveles aplicados y requeridos por el cultivo. Es importante mencionar que los residuos de la cosecha anterior de plátano, pudo aumentar este contenido de potasio, ya que el muestreo de suelo se realizó pocos días después de la labranza y la cosecha del cultivo previo.

4.3.3. Variables nutritivas

4.3.3.1. Concentración de nutrientes en hojas

El elemento fósforo no presentó mayor variación en su concentración foliar al aplicar una dosis de 0 y 70 kg ha^{-1} (Figura 13). El valor promedio del experimento fue de 0,22%, donde según Rodríguez y Morales (1988), dicho dato se presenta en rangos adecuados, donde la planta de plátano absorbe suficientes nutrientes para el desarrollo normal del cultivo.

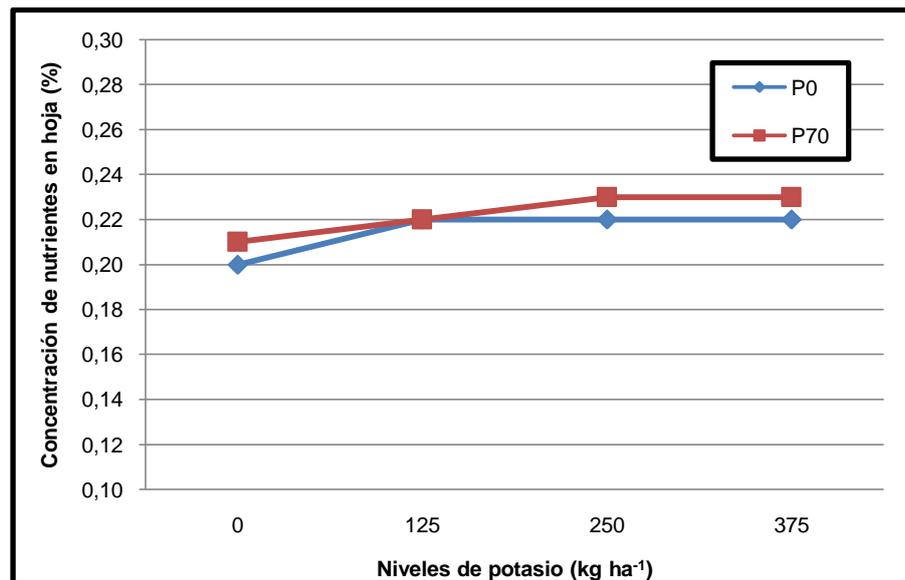


Figura 13. Concentración foliar de fósforo, según dosis de potasio aplicado. Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.

Para el caso del potasio las dosis crecientes de 125, 250 y 375 kg ha^{-1} aplicadas, no mostraron mayor efecto en el rendimiento del cultivo, ni en la

concentración en las hojas, la cual no presenta variaciones considerables sin importar el nivel aplicado (Figura 14).

Situación similar ocurrió en Colombia para la variedad Hartón donde el contenido de 491,4 kg de potasio ha^{-1} , no varió la respuesta productiva del cultivo, comportamiento esperado debido a que el nivel presentado de este nutriente en el suelo es suficiente para satisfacer las necesidades nutricionales del cultivo (Espinosa *et al.* 1998).

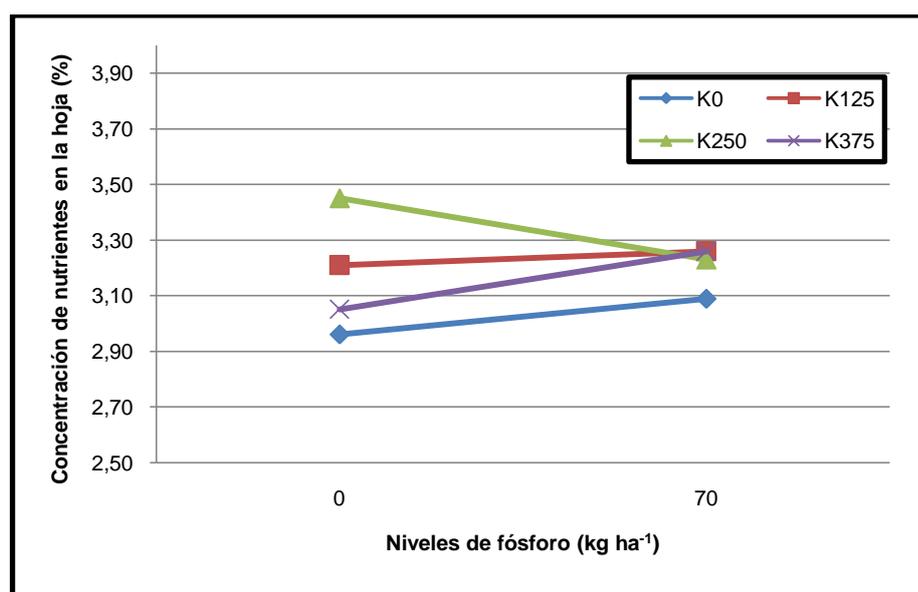


Figura 14. Concentración foliar de potasio, según dosis de fósforo aplicado. Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.

4.4. Experimento azufre-potasio (S-K)

4.4.1. Variables vegetativas y productivas

Para las diferentes combinaciones de S y K, no se presentaron diferencias significativas en variables vegetativas grosor y altura a los 3,5 y 7 meses de desarrollo (Cuadro D 1, D 3, D 5, y D 7), en el caso de las variables productivas el comportamiento fue el mismo (Cuadro D 9, D 11, D 13, D 15 y D 17).

4.4.2. Variables nutritivas

4.4.2.1. Concentración de nutrientes en hojas

La aplicación de S y K, no mostró variaciones en la tendencia de los datos (Figura 15), presentando una concentración de 0,24% de azufre, la cual comparada con datos obtenidos por Rodríguez y Morales (1988), se encuentra bajo un nivel adecuado, donde la planta no llega a presentar deficiencias.

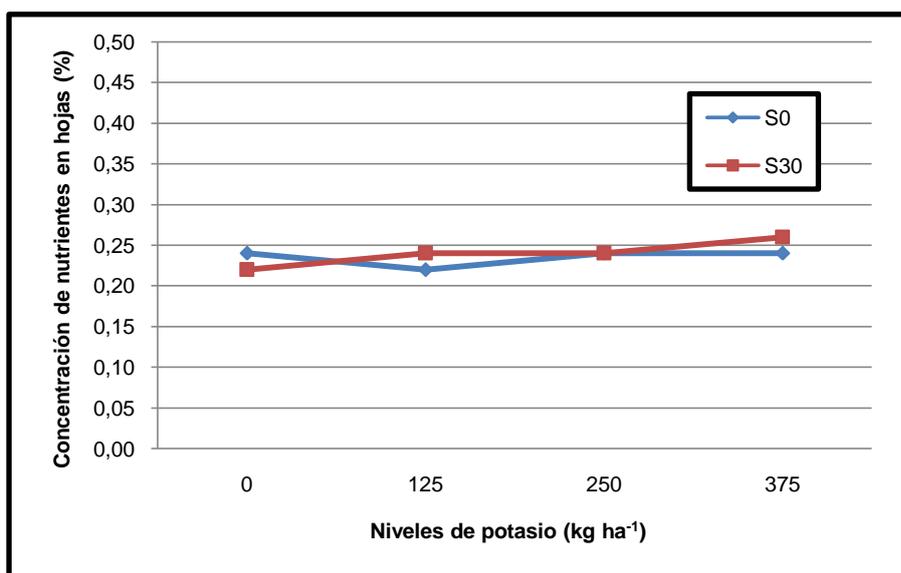


Figura 15. Concentración foliar de azufre, según dosis de potasio aplicado. Experimento S-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.

Para la concentración de K en hojas su valor fue de 3,07%, considerándose bajo al ser comparado con experimentos que promedian cantidades de 4,15% (Rodríguez y Morales 1988), condición que se presentó en los tres experimentos realizados (Figura 16).

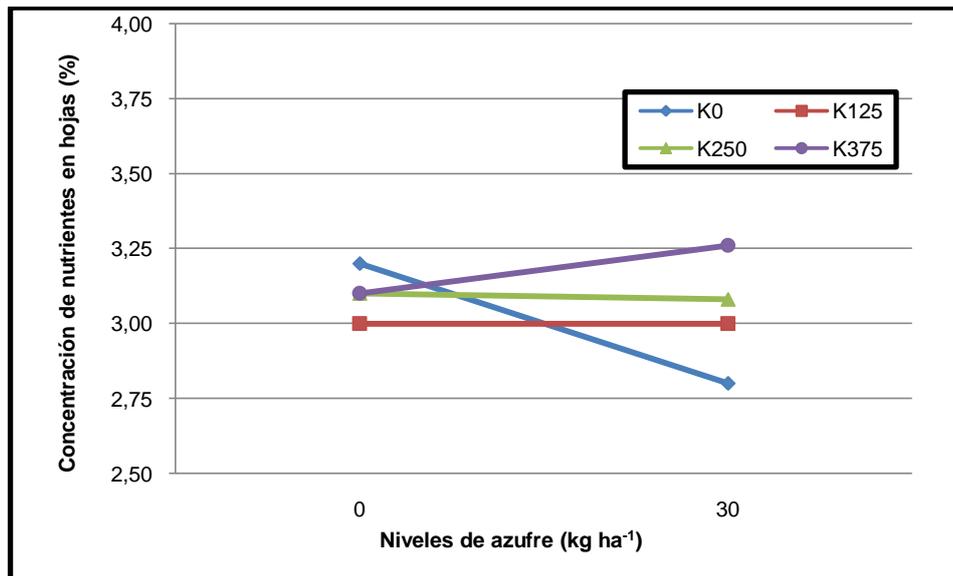


Figura 16. Concentración foliar de potasio, según dosis de azufre aplicado. Experimento S-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.

4.5. Absorción de nutrientes por los tejidos

En el Cuadro 3 se muestra la absorción de elementos obtenida por el cultivo para un rendimiento de 20,46 Tm ha⁻¹ promedio. Según los datos obtenidos se presentan demandas nutricionales importantes de nitrógeno y principalmente potasio, con una absorción muy alta y considerable de 452,4 kg ha⁻¹, dato similar al presentado por Palencia *et al.* (2006) en Colombia para variedades como la Hartón, con mayor demanda nutricional y un mejor rendimiento ha⁻¹, con una necesidad del elemento potasio ha⁻¹ de 440 kg. El mismo autor presenta demandas para nitrógeno de 220, fósforo 110, calcio 110, magnesio 80, azufre 30, boro 5, zinc 5, y cobre 5, todos estos valores en kg ha⁻¹. Datos considerados muy superiores a los obtenidos en el presente estudio, donde destaca una alta dosis de fósforo, que comparada con la absorción del elemento en este trabajo, es considerablemente alta, indicando las variaciones en cuanto a demandas nutricionales de una variedad a otra. Este comportamiento del P en la variedad Curraré semi gigante afirma la baja respuesta del cultivo a su aplicación como lo fue demostrado por Espinosa *et al.* (1998), Hernández *et al.* (1977), citados por Marín y Pérez (1992), y (Mena 1997).

Cuadro 3. Absorción y distribución porcentual de elementos en la parte comercial y no comercial de la planta de plátano. La Fortuna, San Carlos. 2010.

Elemento	Abs. (kg ha ⁻¹)	% de absorción	Parte vegetativa (%)		Sistema (%)	
			Comercial*	No comercial	Retornable**	No retornable
N	93,07	14,56	26,80	73,20	69,41	30,59
P	10,21	1,60	41,79	58,21	52,89	47,11
Ca	51,86	8,11	2,69	97,31	96,75	3,25
Mg	17,99	2,81	27,09	72,91	71,30	28,70
K	452,39	70,78	15,30	84,70	80,23	19,77
S	6,51	1,02	24,86	75,14	69,95	30,05
	Abs. (g ha⁻¹)					
Fe	4,988.87	0,76	1,94	98,06	96,82	3,18
Cu	30,77	0,005	19,81	80,19	79,16	20,84
Zn	201,19	0,03	14,06	85,94	84,33	15,67
Mn	1,944.09	0,30	0,61	99,39	98,80	1,20
B	80,85	0,01	15,62	84,38	79,84	20,16

*Comercial: Dedos.

**Retornable: Raíz, cormo, pseudotallo, pseudopecíolo y hojas.

Para los demás nutrientes el nivel de absorción se presenta en una condición favorable, ante sus bajas concentraciones demandadas por hectárea, como es el caso del Ca, Mg, S, Fe, Cu, Zn, Mn y B donde todos estos elementos son suplidos por el contenido presente de cada elemento en el suelo.

En el Cuadro 4, el porcentaje presentado como comercial es exclusivo para los dedos como producto de venta, sin embargo a este porcentaje se ha agregado el porcentaje del pinzote como estructura que porta los dedos, por lo que ambos tejidos abandonan el sistema considerándose no retornables. El porcentaje de elementos que sale del sistema es menor al que se reincorpora nuevamente, aún así hay elementos como el N, P, Mg, S y Cu, que presentan un porcentaje alto que sale del sistema en los dedos, por lo que es importante considerar elementos faltantes, con el fin de planear la nutrición de próximas plantaciones.

Respecto a los valores presentados de absorción para cada elemento en el cuadro anterior, se distribuye en el Cuadro 5 el porcentaje de nutrientes correspondiente a las diferentes partes vegetativas de la planta.

Cuadro 4. Distribución porcentual de elementos en las diferentes estructuras de la planta de plátano. La Fortuna, San Carlos. 2010.

Estructura	Elemento nutritivo (%)										
	N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	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
Pseudotallo	35,41	29,93	62,21	40,64	61,65	37,86	67,95	50,33	66,76	56,32	59,89
Hojas	20,48	14,27	13,69	9,02	3,63	20,45	1,45	8,02	5,00	29,58	8,71
Seudopécíolo	5,21	3,47	13,76	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	26,80	41,79	2,69	27,09	15,30	24,86	1,94	19,81	14,06	0,61	15,62

Es claro que el pseudotallo tiende a presentar el mayor porcentaje de elemento absorbido, debido a un mayor volumen acumulado de materia seca, sin embargo se presentan porcentajes altos de elementos en otros órganos de la planta como es el caso de Fe en la raíz de la planta lo que pudo afectar el desarrollo de ese órgano por toxicidad. Mn, N y S en las hojas y N, P, Mg, S, Cu y B en el dedo del racimo. Respecto a la distribución presentada de nutrientes por estructura vegetativa no se encontró el apoyo teórico con estudios y datos similares a los obtenidos en el presente trabajo.

4.6. Plan de fertilización

Tomando en cuenta la disponibilidad de nutrientes en el suelo, la absorción total de elementos presentada en la planta, la reincorporación de rastrojo, la eficiencia según elemento, fertilizante a aplicar y condiciones climáticas presentes en el año, se distribuye la aplicación de elementos de la siguiente manera:

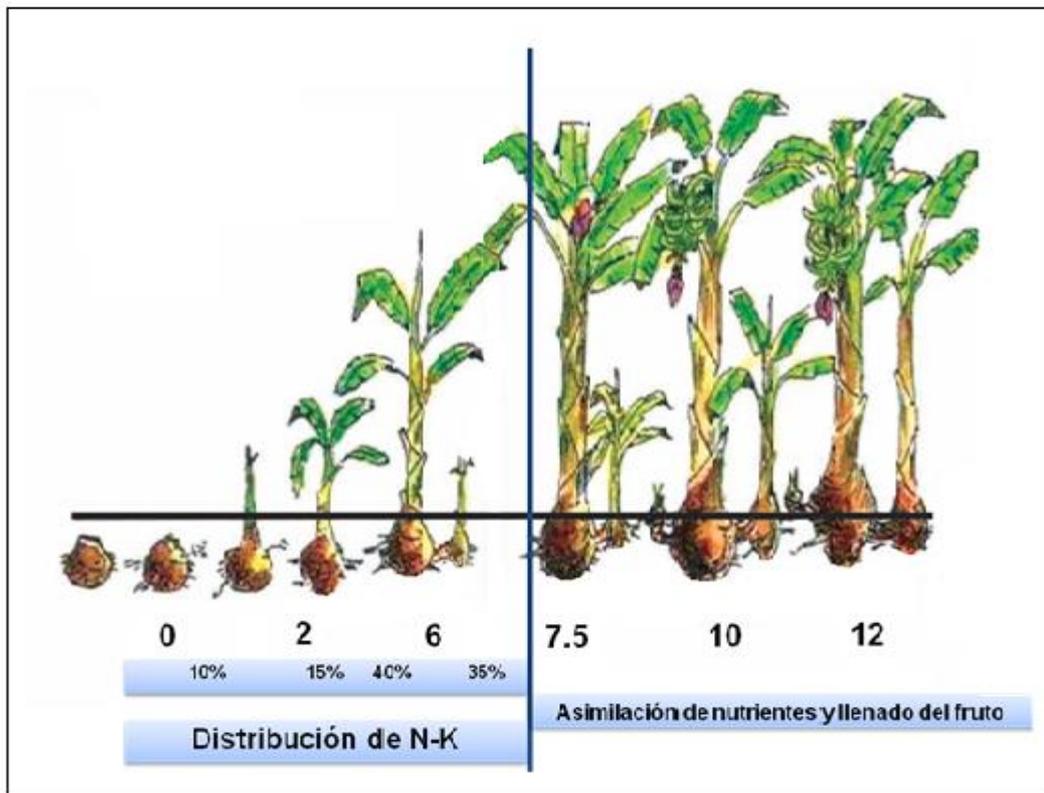


Figura 17. Distribución de N y K, recomendada para la aplicación de fertilizante en primera generación (planta madre). La Fortuna, San Carlos. 2010. (Imagen modificada de Palencia *et al.* 2006).

La distribución de nutrientes presentada en la Figura 17, indica los momentos y dosis adecuadas de aplicación de fertilizante para primera generación o planta madre, donde se recomienda aplicar un 10% del total de la dosis en un período posterior a los 25 días de realizada la siembra, donde el sistema radicular comienza a establecerse y desarrollarse con mayor rapidez, debido a que las raíces principales se ramifican en secundarias y éstas a su vez en raíces absorbentes (Rodríguez *et al.* 1985). Belalcázar (1991), indica que en este período se desarrolla la primera hoja verdadera en un pseudotallo poco desarrollado, dando inicio al proceso de asimilación de nutrientes por la planta. En un período aproximado a los dos meses de iniciada la etapa organogénesis, se aplica un 15% de fertilizante, debido al inicio de una serie de procesos acelerados de crecimiento, donde el cultivo presenta sensibilidad a la variación en el suministro de elementos minerales (Rodríguez y Guerrero 2002). En este momento se da la apertura de la hoja # 9 aproximadamente. Continuando con esta serie de procesos de crecimiento y necesidades

nutricionales requeridas en la etapa de organogénesis, se estima una dosis del 40% en la apertura de la hoja # 17 iniciando el quinto mes después de la siembra, donde según Fernández (1986), el intervalo de brotación foliar se puede ver afectado, si el elemento nitrógeno es limitante. Al finalizar la organogénesis el desarrollo alcanzado por la planta influye directamente sobre el número máximo de frutos que van a desarrollarse (Rodríguez y Guerrero 2002), es en este momento cuando se propone la última dosis de 35%, entre los 6,5 y 7,5 meses comprendido entre la apertura de la hoja # 23 y 27. Posteriormente se da el inicio de la floración, llenado y desarrollo de fruto mediante los nutrientes asimilados.

La cantidad final de fertilizante demandado por el cultivo de plátano por hectárea se presenta en el Cuadro 5, donde se indica la cantidad de nutrientes absorbidos por el cultivo, los presentes en el suelo y los aportados por el rastrojo (descontando porcentaje de elementos no retornable) debido a la plantación anterior, estos últimos incorporados debido a la preparación del suelo, condiciones climáticas presentes en la zona y la facilidad de descomposición del material vegetativo, al presentar alto contenido de agua y bajo nivel de carbohidratos estructurales. Bajo estas condiciones, el contenido de elementos aportados por el suelo y el rastrojo suplen la necesidad nutricional del cultivo en la mayoría de los elementos. Las deficiencias se presentan respecto a los elementos N y K, (este último en caso de no haber aporte de rastrojo), es por este hecho que son los únicos elementos comprendidos en el plan de fertilización de este estudio, donde Hernández *et al.* (2007), concluyen que el elemento nitrógeno debe ser tomado como un norte a seguir al momento de realizar fórmulas y dosis de fertilizante aplicadas al cultivo de plátano variedad Hartón en Colombia.

Para nitrógeno las fuentes comerciales más comunes son el nitrato de amonio y la urea, presentando la ventaja de su aplicación según las condiciones climáticas presentes, recomendando la aplicación de urea bajo condiciones más húmedas y la de nitrato de amonio para la época con menos lluvias, donde dichas observaciones son tomadas debido al tipo de comportamiento que sufre cada fertilizante después de su aplicación. Dadas

estas consideraciones y tomando en cuenta las condiciones climáticas presentadas en la zona, se presume que es por estos motivos que el cultivo mostró respuesta a la aplicación de 200 kg ha⁻¹ de N, pero absorbió menos de la mitad, 93,07 kg ha⁻¹ de N, lo que indica una eficiencia de 47% provocada principalmente por las constantes e intensas precipitaciones dadas durante el ciclo del cultivo.

Para el caso del K, el fertilizante cloruro de potasio se presenta como la opción más accesible al presentar un alto porcentaje de potasio, facilitando labores de dosificación para el cultivo.

Cuadro 5. Absorción de cada elemento por el cultivo, aporte del suelo, rastrojo, y demanda presentada para la aplicación de fertilizante nitrogenado. La Fortuna, San Carlos. 2010.

Elemento	Absorción Planta kg ha ⁻¹	Aporte Suelo kg ha ⁻¹	Aporte Rastrojo kg ha ⁻¹	Diferencia kg ha ⁻¹	Efic.	Demanda elemental kg ha ⁻¹	Demanda final kg ha ⁻¹	
							Urea	N. Amonio
							46	33,5
N	93,07	0	64,60	28,47	0,6*	47,45	103,15	141,64
P	10,21	10	5,40	-5,19				
Ca	51,86	3720	50,17	-3718,31				
Mg	17,99	600	12,83	-594,84				
K	452,39	281	362,97	-191,38				
S	6,51	8	4,55	-6,04				
Fe	4,89	322	4,73	-321,84				
Cu	0,03	30	0,02	-29,99				
Zn	0,20	11	0,17	-10,57				
Mn	1,94	84	1,92	-83,98				

*Eficiencia considerada según condiciones climáticas de la zona, origen de suelo y recomendación teórica de Bertshc (1998).

La demanda final de fertilizante, se presenta en el cuadro anterior, la cuál dosificada como se presentó en la figura 17, bajo las condiciones presentes en este trabajo y realizando las labores en el tiempo indicado y con la técnica adecuada, permite a la planta un adecuado desarrollo vegetativo y productivo, así como nutritivo.

A diferencia del cuadro anterior, el Cuadro 6 presenta la necesidad de elementos en caso de no contemplar el contenido de rastrojo en el suelo, es

decir, para plantaciones nuevas con contenidos nutricionales en el suelo similares a las presentes en este trabajo.

Cuadro 6. Absorción de cada elemento por el cultivo, aporte del suelo, y demanda presentada para la aplicación de fertilizante nitrogenado y potásico. La Fortuna, San Carlos. 2010.

Elemento	Absorción Planta kg ha ⁻¹	Aporte Suelo kg ha ⁻¹	Diferencia	Efic.	Demanda elemental kg ha ⁻¹	Coef. de oxidación	Demanda final kg ha ⁻¹		
			kg ha ⁻¹				Urea 46	N. Amonio 33,5	KCl 60
N	93,07	0	93,07	0,6*	155,12		337,22	463,04	
P	10,21	10	0,21						
Ca	51,86	3720	-3668,14						
Mg	17,99	600	-582,01						
K	452,39	281	171,59	0,75*	228,79	1,20			457,57
S	6,51	8	-1,49						
Fe	4,89	322	-317,11						
Cu	0,03	30	-29,97						
Zn	0,20	11	-10,40						
Mn	1,94	84	-82,06						

*Eficiencia considerada según condiciones climáticas de la zona, origen de suelo y recomendación teórica de Bertshc (1998).

En este caso (Cuadro 6) la necesidad de elementos es muy diferente, ya que las demandas de N y K aumentan de manera considerable, debido principalmente a la baja eficiencia que presentan los fertilizantes por características climáticas de la zona anteriormente comentadas y el faltante de rastrojo. Estos dos elementos se distribuyen en los porcentajes y momentos indicados según la distribución realizada en el plan de fertilización comentado anteriormente. Para el caso del P, aunque este se mostrara deficiente, la dosis demandada es muy baja, aproximadamente 210 g ha⁻¹, por lo que es mejor omitirla del plan nutricional, considerando además, la baja respuesta del plátano a este elemento.

5. CONCLUSIONES

1. Bajo las condiciones que se presentaron en el desarrollo de este estudio se concluye que: El efecto individual del nitrógeno presentó diferencias altamente significativas para las variables grosor y altura del pseudotallo a los 3,5 y 7 meses de crecimiento, número de dedos por racimo, longitud del dedo central de la segunda mano y peso del racimo.
2. La aplicación del elemento potasio no presentó diferencias significativas en ninguna de las variables vegetativas y productivas, de los tres experimentos realizados.
3. La evaluación del elemento fósforo presentó diferencias significativas, donde el efecto del fósforo indicó diferencias entre promedios en las variables altura y grosor del pseudotallo a los 3,5 meses de desarrollo, contrario al efecto de este elemento en las variables productivas.
4. La aplicación individual y combinada del elemento azufre, no mostró efecto significativo en ninguna de las variables vegetativas y productivas evaluadas.
5. La aplicación combinada de fertilizantes nitrogenados y potásicos no presentó efecto significativo sobre las variables vegetativas y productivas evaluadas.
6. A excepción del nitrógeno, el resto de elementos analizados en la concentración foliar de nutrientes presentaron una tendencia constante sin mayor variación en ninguno de los tratamientos de N, P, K y S evaluados.
7. La absorción total de nutrientes presentó una alta demanda de potasio, esta absorción fue suplida por un intermedio a alto contenido de este elemento en el suelo y el aporte del rastrojo de la plantación anterior, lo

que posiblemente limitó la respuesta del cultivo a las diferentes dosis de fertilizante potásico aplicado según los tratamientos evaluados.

8. El rendimiento actual del cultivo del plátano variedad (Curraré semi gigante) puede aumentar, si se maneja adecuadamente las prácticas agronómicas, la aplicación de nutrientes minerales según la fase fenológica del cultivo y la consideración de las condiciones climáticas presentes durante el desarrollo del mismo.
9. La absorción de N, P y K, durante el ciclo del cultivo fue de 93,07, 10,21 y 452,39 kg ha⁻¹ respectivamente, para un rendimiento de 20,46 Tm ha⁻¹.
10. La absorción de los elementos Ca, Mg y S, durante el desarrollo del cultivo fue de 51,86, 17,99 y 6,51 kg ha⁻¹ respectivamente, para un rendimiento de 20,46 Tm ha⁻¹.

6. RECOMENDACIONES

1. Realizar la evaluación estadística, de la variable número de hojas al momento de la cosecha, contemplando un adecuado manejo de la Sigatoka negra.
2. Para próximas investigaciones en fertilización del plátano, evaluar una dosis de N superior a 200 kg ha^{-1} , ya que en el presente estudio la planta mostró respuesta a las variables vegetativas y la mayoría de productivas, al aplicar esta cantidad del elemento nitrógeno.
3. Repetir el trabajo para la planta madre para confirmar o rechazar los resultados de no respuesta al potasio encontrado en este estudio, a pesar de la importancia que le atribuye la literatura a este elemento en el cultivo de plátano.
4. Continuar el experimento para la segunda generación del plátano, esto con el fin de establecer la demanda nutritiva requerida para el hijo.

7. BIBLIOGRAFIA

- Alvarado, R. 2009. Estación meteorológica Santa Clara de San Carlos. IMN (Instituto Meteorológico Nacional). Instituto Tecnológico de Costa Rica. Santa Clara, Costa Rica.
- Araya, J. 2008. Agrocadena de plátano. Caracterización de la agrocadena. MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, CR). Consultado 16 oct. 2008. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00082.pdf>
- Bauer, J; Incón, H; y 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). Consultado el 20 de agosto de 2009. Disponible en: www.zulia.infoagro.info.ve.
- Belalcázar, S. 1991. El cultivo del plátano (*Musa AAB*) en el trópico. Colombia. IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 376p.
- Bertsch, F. 1998. La fertilidad de los suelos y su manejo. ACCS (Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo). I Edición. Costa Rica. 161p.
- Bolaños, MM; Aranzazu, F; Celis, DL; Morales, H; y Zuluaga, LE. 2002. Fertilización e incidencia de Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis morelet*) en plátano dominico-hartón (*Musa AAB*) en Armenia, Colombia. In: 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. pp. 24-25.

Bravo, P; y Echenique, J. 2002. Balance nutricional del plátano Harton (*Musa AAB*) en Yaracuy. Rev. Fac. Agron. (Maracay) 28:131-143 pp. Universidad Central de Venezuela, Maracay. Consultado el 8 de diciembre de 2009. Disponible en:
http://www.redpav.avepagro.org.ve/fagro/V28_2/5A_V28_N2.pdf

Champion, J. 1968. El plátano. Edición española. Barcelona, España. Editorial Blume. 247 p.

Combatt, EM; Martínez, G; y Barrera, JL. 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/Bol etin_Platano_01-09-2009.pdf

Espinosa, J; Belalcázar, S; Suárez, D; y Chacón, A. 1998. Fertilización del plátano en altas densidades. INPOFOS (Instituto de la Potasa y el Fósforo), y CORPOICA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria). Consultado el 20 de diciembre de 2008. Disponible en:
[http://www.ppi-ppic.org/ppiweb/ltamn.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/446048db9edf1f4a05256a5300598093/\\$FILE/Cultivo%20del%20pl%C3%A1tano%20en%20altas%20densidades.pdf](http://www.ppi-ppic.org/ppiweb/ltamn.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/446048db9edf1f4a05256a5300598093/$FILE/Cultivo%20del%20pl%C3%A1tano%20en%20altas%20densidades.pdf)

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>

Fernández, M. 1986. Curvas de crecimiento de la segunda generación de tres cultivares de plátano y uno de banano en Santa Clara, San Carlos. Convenio I.T.C.R – CATIE (Instituto Tecnológico de Costa Rica - Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). Tesis de Bachillerato. Costa Rica. 45p.

González, H. 1999. Evaluación de tres métodos y cuatro densidades de siembra en la producción de la segunda generación (hijos) del plátano (*Musa AAB*) cv. “CURRARÉ” en la zona de San Carlos, Costa Rica. Tesis de Lic. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 74p.

Hernández, Y; Marín, M; y García, J. 2007. Respuesta en el rendimiento del plátano (*Musa AAB* cv. *Hartón*) en función de la nutrición mineral y su ciclo fenológico. Parte I. Crecimiento y producción Rev. Fac. Agron. (LUZ). 2007, 24: 607-626 pp. Citado el 12 de agosto de 2009. Consultado en:
http://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/suplemento_2004/Hernandez%20et%20al.pdf

InfoStat. 2008. InfoStat versión 2008. Grupo InfoStat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición, Ed. 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

Lardizabal, R. 2007. Producción de plátano en alta densidad. EDA (Entrenamiento y Desarrollo de Agricultores). Honduras. Citado el 3 de setiembre de 2009. Consultado en:

http://www.mcahonduras.hn/documentos/PublicacionesEDA/Manuales%20de%20produccion/EDA_Manual_Produccion_Platano_05_07.pdf

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

Marín, M; y Pérez, R. 1992. Importancia del análisis foliar en la evaluación de la fertilidad de suelos en Venezuela. Revista de Agronomía (LUZ):9:1-15.1992. Revisado el 12 de marzo de 2008. Disponible en: www.revfacagronluz.org.ve/v09_1/0901z010.html

Martínez, G; Manzanilla, E; Pargas, R; y Marín, C. 2002. Respuesta del peso de racimo y otros componentes del rendimiento del plátano 'harton enano' (*Musa AAB*) sometido a tres densidades de siembra. XV Memoria. Cartagena de Indias Colombia. AUGURA (Asociación de Bananeros de Colombia). Citado el 15 de setiembre de 2009. Disponible en: http://musalit.inibap.org/pdf/IN030069_es.pdf

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. 1995. Fertilización del plátano (*Musa AAB, Simonds*) en suelos de clima medio en Colombia. II Edición. Monómeros Colombo Venezolanos S.A. (E.M.A.). Consultado el 12 de agosto del 2009. Disponible en: <http://hasp.axesnet.com/contenido/documentos/medcapitulo11.pdf>

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=AWQqijADFrlC&printsec=frontcover&dq=atlas+agropecuario+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/Cultivodelplatanano.pdf>

Pardo, J. 1983. El cultivo del banano. San José, Costa Rica. EUNED. Serie: cultivos mayores No. 7. 73p.

Rojas, E. 1993. Influencia del material de siembra sobre la producción de plátano (*Musa AAB*) en la zona de San Carlos Costa Rica. Tesis de Lic. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 75p.

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>

Rodríguez, M; y Morales, J. 1988. Arreglos espaciales en sistemas de Plátano (*Musa AAB*) y Tiquisque Blanco (*Xanthosoma saggitifolium* Schoott), en la Fortuna de San Carlos Costa Rica. Agronomía Costarricense

12(2):219-230 pp. Consultado el 6 de octubre de 2009. Disponible en:
http://www.mag.go.cr/rev_agr/v12n02_219.pdf

Rodríguez, M; Morales, J; y Chavarría, J. 1985. Producción de Plátanos (*Musa AAB, ABB*). CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). Departamento de producción vegetal. Costa Rica. 101p.

Sancho, H. 1999. Curvas de absorción de nutrientes: importancia y uso en los programas de fertilización. *Informaciones Agronómicas*. Nº 36: 11-13. Consultado 1 diciembre de 2006. Disponible en www.ppi-far.org.

Simmonds, N. 1973. Los plátanos. II Edición. España. Editorial Blume. 247p.

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

Soto, M. 1992. Bananos, cultivos y comercialización. II Edición. Costa Rica. Edit. Litografía e Imprenta LiL, S.A. 649p.

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.campocolima.gob.mx/paginaOEIDRUS/PaquetesTecnologicos/PTPlatano.pdf>

8. ANEXO A

Cuadro A 1. Resultados de análisis químico y físico del suelo, correspondientes al área experimental. La Fortuna de San Carlos. 2010.

pH	cmol(+)/L					%		mg/L						Textura			
	H ₂ O	Acidez	Ca	Mg	K	CICE	S. AL - MO		P	Zn	Cu	Fe	Mn	S	Arc	L	Are
															38	29	33
5.9	0,47	9,3	2,5	0,36	12,6	4	3,4	5	5,3	15	161	42	4	Fran. Arc.			
5.5	0,5	4	1	0,8	5		5	10	3	1	10	5	12				

9. ANEXO B

Cuadro B 1. Análisis de varianza para la variable vegetativa, altura del pseudotallo a los 3,5 meses de crecimiento. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.

Variable	N	R ²	R ² 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 B 2. Prueba de contrastes polinomiales para la variable vegetativa, altura del pseudotallo a los 3,5 meses de crecimiento, según dosis de nitrógeno aplicado. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.

N	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	8759,26	1	8759,26	27,32	0,0001**
Cuadrático	1108,42	1	1108,42	3,46	0,0719
Total	9867,68	2	4933,84	15,39	0,0001

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

Cuadro B 3. Análisis de varianza para la variable vegetativa, grosor del pseudotallo a los 3,5 meses de crecimiento. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.

Variable	N	R ²	R ² 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 B 4. Prueba de contrastes polinomiales para la variable vegetativa, grosor del pseudotallo a los 3,5 meses de crecimiento, según dosis de nitrógeno aplicado. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.

N	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	651,04	1	651,04	24,64	0,0001**
Cuadrático	73,00	1	73,00	2,76	0,1060
Total	724,05	2	362,02	13,70	0,0001

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

Cuadro B 5. Análisis de varianza para la variable vegetativa, altura del pseudotallo a los 7 meses de crecimiento. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura (m)	144	0,73	0,00	9,40

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	51273,11	110	466,12	0,81	0,7943
Bloque	1487,22	3	495,74	0,86	0,4719
N	18824,68	2	9412,34	16,32	0,0001**
K2O	3394,06	3	1131,35	1,96	0,1390
N*K2O	4405,82	6	734,30	1,27	0,2965
Bloque*N*K2O>Muestra	23161,33	96	241,26	0,42	0,9995
Error	19038,11	33	576,91		
Total	70311,22	143			

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

Cuadro B 6. Prueba de contrastes polinomiales para la variable vegetativa, altura del pseudotallo a los 7 meses de crecimiento, según dosis de nitrógeno aplicado. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.

N	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	18816,00	1	18816,00	32,62	0,0001**
Cuadrático	8,68	1	8,68	0,02	0,9031
Total	18824,68	2	9412,34	16,32	0,0001

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

Cuadro B 7. Análisis de varianza para la variable vegetativa, grosor del pseudotallo a los 7 meses de crecimiento. N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Grosor (cm)	144	0,72	0,00	6,42

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,15	110	1,3E-03	0,78	0,8313
Bloque	2,8E-03	3	9,2E-04	0,54	0,6613
N	0,03	2	0,01	7,61	0,0019**
K2O	0,01	3	3,7E-03	2,18	0,1086
N*K2O	0,01	6	1,3E-03	0,76	0,6048
Bloque*N*K2O>Muestra	0,10	96	1,0E-03	0,60	0,9708
Error	0,06	33	1,7E-03		
Total	0,20	143			

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

Cuadro B 8. Prueba de contrastes polinomiales para la variable vegetativa, grosor del pseudotallo a los 7 meses de crecimiento, según dosis de nitrógeno aplicado. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.

N	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	651,04	1	651,04	24,64	0,0001**
Cuadrático	73,00	1	73,00	2,76	0,1060
Total	724,05	2	363,02	13,70	0,0001

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

Cuadro B 9. Análisis de varianza para la variable productiva número de manos. N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Nº Manos	133	0,80	0,00	8,20

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	17,28	106	0,16	0,95	0,5883
Bloque	0,68	3	0,23	1,32	0,2879
N	0,04	2	0,02	0,11	0,8954
K2O	0,28	3	0,09	0,54	0,6578
N*K2O	1,04	6	0,17	1,02	0,4366
Bloque*N*K2O>Muestra	15,23	92	0,17	0,97	0,5659
Error	4,45	26	0,17		
Total	21,73	132			

Cuadro B 10. Prueba de contrastes polinomiales para la variable productiva número de manos, según dosis de nitrógeno aplicado. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.

N	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	0,03	1	0,03	0,20	0,6553
Cuadrático	6,5E-04	1	6,5E-04	3,8E-03	0,9515
Total	0,04	2	0,02	0,10	0,9024

Cuadro B 11. Análisis de varianza para la variable productiva número de dedos. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Nº Dedos	133	0,80	0,00	12,77

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
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 ($P \leq 0,01$).

Cuadro B 12. Prueba de contrastes polinomiales para la variable productiva número de dedos, según dosis de nitrógeno aplicado. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.

N	SC	gl	CM	F	p-valor
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 ($P \leq 0,01$).

Cuadro B 13. Análisis de varianza para la variable productiva longitud del dedo central de la segunda mano. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Long (cm)	133	0,81	0,04	8,10

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
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			

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

Cuadro B 14. Prueba de contrastes polinomiales para la variable productiva longitud del dedo central de la segunda mano, según dosis de nitrógeno aplicado. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.

N	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	87,91	1	87,91	23,06	0,0001**
Cuadrático	2,03	1	2,03	0,53	0,4725
Total	89,20	2	44,60	11,70	0,0002

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

Cuadro B 15. Análisis de varianza para la variable productiva calibre del dedo central de la segunda mano. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.

Variable	N	R ²	R ² 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 B 16. Prueba de contrastes polinomiales para la variable productiva calibre del dedo central de la segunda mano, según dosis de nitrógeno aplicado. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 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 B 17. Análisis de varianza para la variable productiva peso del racimo. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.

Variable	N	R ²	R ² 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**
K2O	4,75	3	1,58	0,38	0,7700
N*K2O	25,18	6	4,20	1,00	0,4459
Bloque*N*K2O>Muestra	159,69	92	1,74	0,41	0,9989
Error	109,02	26	4,19		
Total	412,27	132			

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

Cuadro B 18. Prueba de contrastes polinomiales para la variable productiva peso del racimo, según dosis de nitrógeno aplicado. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.

N	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	81,64	1	81,64	19,47	0,0002**
Cuadrático	14,86	1	14,86	3,54	0,0710
Total	94,43	2	47,22	11,26	0,0003

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

Cuadro B 19. Concentración de nutrientes en hojas según diferentes dosis de nitrógeno y potasio aplicados. Experimento N-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.

NK(P)	%						mg/kg				
	N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
N0K0	3,29	0,26	0,76	0,33	3,28	0,24	98	9	28	306	8
N0K1	3,36	0,23	0,81	0,36	3,18	0,25	97	9	22	342	8
N0K2	3,42	0,19	0,75	0,31	2,86	0,20	78	8	25	283	7
N0K3	3,45	0,21	0,75	0,33	2,95	0,22	95	10	43	322	8
N1K0	3,59	0,22	0,79	0,34	3,20	0,23	87	9	33	296	8
N1K1	3,67	0,23	0,90	0,43	3,13	0,23	143	9	27	360	8
N1K2	3,81	0,21	0,80	0,37	3,05	0,22	98	9	28	375	8
N1K3	3,73	0,23	0,93	0,38	3,19	0,23	104	9	26	461	7
N2K0	3,83	0,22	0,84	0,42	3,01	0,22	89	11	27	433	8
N2K1	3,99	0,22	0,86	0,41	3,02	0,22	91	9	30	644	8
N2K2	4,05	0,20	0,86	0,43	2,96	0,23	79	8	24	587	8
N2K3	4,09	0,22	0,96	0,45	2,99	0,25	96	8	20	649	9

10. ANEXO C

Cuadro C 1. Análisis de varianza para la variable vegetativa, altura del pseudotallo a los 3,5 meses de crecimiento. Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura (cm)	88	0,94	0,62	8,23

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
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			

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

Cuadro C 2. Análisis de varianza para la variable vegetativa, altura del pseudotallo a los 3,5 meses de crecimiento, bajo la dosis testigo de fósforo. Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura (cm)	44	0,94	0,58	8,27

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8984,28	37	242,82	2,63	0,1129
Bloque	1597,14	3	532,38	5,77	0,0335
K2O	1563,16	3	521,05	5,65	0,0351*
Bloque*K2O>Muestra	5823,98	31	187,87	2,04	0,1901
Error	553,61	6	92,27		
Total	9537,89	43			

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

Cuadro C 3. Análisis de varianza para la variable vegetativa, altura del pseudotallo a los 3,5 meses de crecimiento, bajo la dosis 70 kg de fósforo ha⁻¹. Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Altura (cm)	44	0,91	0,33	8,89

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8070,56	37	218,12	1,58	0,2975
Bloque	71,06	3	23,69	0,17	0,9119
K2O	938,64	3	312,88	2,26	0,1813
Bloque*K2O>Muestra	7060,86	31	227,77	1,65	0,2771
Error	829,17	6	138,19		
Total	8899,73	43			

Cuadro C 4. Análisis de varianza para la variable vegetativa, grosor del pseudotallo a los 3,5 meses de crecimiento. Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Altura (cm)	88	0,93	0,57	7,76

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
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 significativo ($P \leq 0,05$).

Cuadro C 5. Análisis de varianza para la variable vegetativa, grosor del pseudotallo a los 3,5 meses de crecimiento, bajo la dosis testigo de fósforo. Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Grosor (cm)	44	0,97	0,79	4,83

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	588,65	37	15,91	5,37	0,0211
Bloque	64,35	3	21,45	7,24	0,0203
K2O	130,25	3	43,42	14,65	0,0036**
Bloque*K2O>Muestra	394,06	31	12,71	4,29	0,0375
Error	17,78	6	2,96		
Total	606,43	43			

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

Cuadro C 6. Análisis de varianza para la variable vegetativa, grosor del pseudotallo a los 3,5 meses de crecimiento, bajo la dosis 70 kg de fósforo ha⁻¹. Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Grosor (cm)	44	0,87	0,10	9,97

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	650,46	37	17,58	1,13	0,4868
Bloque	14,72	3	4,91	0,31	0,8151
K2O	20,18	3	6,73	0,43	0,7387
Bloque*K2O>Muestra	615,55	31	19,86	1,27	0,4129
Error	93,72	6	15,62		
Total	744,18	43			

Cuadro C 7. Análisis de varianza para la variable vegetativa, altura del pseudotallo a los 7 meses de crecimiento. Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Altura (m)	96	0,72	0,00	7,80

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	23131,69	74	312,59	0,74	0,8323
Bloque	780,45	3	260,15	0,61	0,6147
P	527,34	1	527,34	1,24	0,2779
K2O	442,20	3	147,40	0,35	0,7918
P*K2O	2523,03	3	841,01	1,98	0,1481
Bloque*P*K2O>Muestra	18858,67	64	294,67	0,69	0,8673
Error	8926,80	21	425,09		
Total	32058,49	95			

Cuadro C 8. Análisis de varianza para la variable vegetativa, grosor del pseudotallo a los 7 meses de crecimiento. Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Grosor (cm)	96	0,76	0,00	4,58

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	582,30	74	7,87	0,91	0,6365
Bloque	50,70	3	16,90	1,95	0,1532
P	11,41	1	11,41	1,31	0,2646
K2O	12,91	3	4,30	0,50	0,6894
P*K2O	34,83	3	11,61	1,34	0,2893
Bloque*P*K2O>Muestra	472,44	64	7,38	0,85	0,6989
Error	182,44	21	8,69		
Total	764,74	95			

Cuadro C 9. Análisis de varianza para la variable productiva número de manos. Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Nº Manos	88	0,81	0,00	9,45

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	14,83	72	0,21	0,87	0,6656
Bloque	0,33	3	0,11	0,47	0,7095
P2O5	0,90	1	0,90	3,82	0,0695
K2O	0,74	3	0,25	1,05	0,4012
P2O5*K2O	0,84	3	0,28	1,19	0,3458
Bloque*P2O5*K2O>Muest..	12,01	62	0,19	0,82	0,7162
Error	3,54	15	0,24		
Total	18,36	87			

Cuadro C 10. Análisis de varianza para la variable productiva número de dedos. Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Nº Dedos	88	0,86	0,17	11,36

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	832,36	72	11,56	1,25	0,3279
Bloque	49,21	3	16,40	1,77	0,1960
P2O5	2,01	1	2,01	0,22	0,6479
K2O	7,30	3	2,43	0,26	0,8512
P2O5*K2O	28,23	3	9,41	1,02	0,4134
Bloque*P2O5*K2O>Muest..	745,61	62	12,03	1,30	0,2962
Error	139,00	15	9,27		
Total	971,36	87			

Cuadro C 11. Análisis de varianza para la variable productiva, longitud del dedo central de la segunda mano. Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Long (cm)	88	0,88	0,32	7,75

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	389,59	72	5,41	1,57	0,1658
Bloque	35,47	3	11,82	3,43	0,0445
P2O5	12,40	1	12,40	3,60	0,0774
K2O	9,51	3	3,17	0,92	0,4556
P2O5*K2O	7,48	3	2,49	0,72	0,5540
Bloque*P2O5*K2O>Muest..	324,74	62	5,24	1,52	0,1863
Error	51,74	15	3,45		
Total	441,33	87			

Cuadro C 12. Análisis de varianza para la variable productiva, calibre del dedo central de la segunda mano. Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Calibre	87	0,80	0,00	6,89

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	937,26	71	13,20	0,86	0,6752
Bloque	62,26	3	20,75	1,36	0,2934
P2O5	42,16	1	42,16	2,76	0,1174
K2O	13,69	3	4,56	0,30	0,8258
P2O5*K2O	31,90	3	10,63	0,70	0,5687
Bloque*P2O5*K2O>Muest..	787,25	61	12,91	0,84	0,6915
Error	229,17	15	15,28		
Total	1166,43	86			

Cuadro C 13. Análisis de varianza para la variable productiva peso del racimo. Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso (kg)	87	0,92	0,54	16,97

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	420,05	71	5,92	2,42	0,0291
Bloque	6,22	3	2,07	0,85	0,4883
P2O5	1,53	1	1,53	0,63	0,4412
K2O	6,99	3	2,33	0,95	0,4396
P2O5*K2O	6,37	3	2,12	0,87	0,4780
Bloque*P2O5*K2O>Muest..	398,94	61	6,54	2,68	0,0188
Error	36,61	15	2,44		
Total	456,66	86			

Cuadro C 14. Concentración de nutrientes en hojas según diferentes dosis de fósforo y potasio aplicados. Experimento P-K. La Fortuna, San Carlos. 2010.

PK(N)	%						mg/kg				
	N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
P0K0	3,83	0,20	0,68	0,35	2,96	0,20	86	8	14	279	7
P0K1	3,74	0,22	0,84	0,42	3,21	0,23	98	8	15	403	8
P0K2	3,73	0,22	0,96	0,41	3,45	0,24	97	9	17	404	8
P0K3	3,95	0,22	0,86	0,39	3,05	0,23	106	8	17	455	8
P1K0	3,78	0,21	0,81	0,38	3,09	0,23	89	8	15	331	7
P1K1	3,87	0,22	0,86	0,41	3,26	0,24	113	8	18	512	7
P1K2	3,83	0,23	0,87	0,43	3,23	0,24	103	8	17	440	8
P1K3	3,88	0,23	0,87	0,42	3,26	0,24	116	8	17	515	8

11. ANEXO D

Cuadro D 1. Análisis de varianza para la variable vegetativa, altura del pseudotallo a los 3,5 meses de crecimiento. Experimento K-S. La Fortuna, San Carlos. 2010.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura (cm)	88	0,72	0,00	18,70

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	21194,87	73	290,34	0,50	0,9688
Bloque	5712,73	3	1904,24	3,31	0,0514
S	174,73	1	174,73	0,30	0,5903
K2O	811,18	3	270,39	0,47	0,7080
S*K2O	1554,27	3	518,09	0,90	0,4655
Bloque*S*K2O>Muestra	12941,96	63	205,43	0,36	0,9973
Error	8054,58	14	575,33		
Total	29249,45	87			

Cuadro D 2. Prueba de contrastes polinomiales para la variable vegetativa, altura del pseudotallo a los 3,5 meses de crecimiento, según dosis de potasio aplicado. Experimento K-S. La Fortuna, San Carlos. 2010.

K2O	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	535,34	1	535,34	0,93	0,3511
Cuadrático	253,13	1	253,13	0,44	0,5179
Cúbico	580,14	1	580,14	1,01	0,3323
Total	1368,60	3	456,20	0,79	0,5179

Cuadro D 3. Análisis de varianza para la variable vegetativa, grosor del pseudotallo a los 3,5 meses de crecimiento. Experimento K-S. La Fortuna, San Carlos. 2010.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Grosor (cm)	88	0,75	0,00	15,17

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1445,50	73	19,80	0,57	0,9363
Bloque	391,34	3	130,45	3,76	0,0359
S	15,98	1	15,98	0,46	0,5082
K2O	32,03	3	10,68	0,31	0,8192
S*K2O	112,53	3	37,51	1,08	0,3887
Bloque*S*K2O>Muestra	893,61	63	14,18	0,41	0,9918
Error	485,27	14	34,66		
Total	1930,77	87			

Cuadro D 4. Prueba de contrastes polinomiales para la variable vegetativa, grosor del pseudotallo a los 3,5 meses de crecimiento, según dosis de potasio aplicado. Experimento K-S. La Fortuna, San Carlos. 2010.

K2O	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	20,31	1	20,31	0,59	0,4567
Cuadrático	30,03	1	30,03	0,87	0,3677
Cúbico	14,20	1	14,20	0,41	0,5325
Total	64,54	3	21,51	0,62	0,6132

Cuadro D 5. Análisis de varianza para la variable vegetativa, altura del pseudotallo a los 7 meses de crecimiento. Experimento K-S. La Fortuna, San Carlos. 2010.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura (m)	96	0,69	0,00	9,11

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	27990,17	74	378,25	0,62	0,9290
Bloque	10999,54	3	3666,51	6,04	0,0039
S	315,37	1	315,37	0,52	0,4791
K2O	1586,71	3	528,90	0,87	0,4719
S*K2O	1832,54	3	610,85	1,01	0,4099
Bloque*S*K2O>Muestra	13256,00	64	207,13	0,34	0,9995
Error	12756,79	21	607,47		
Total	40746,96	95			

Cuadro D 6. Prueba de contrastes polinomiales para la variable vegetativa, altura del pseudotallo a los 7 meses de crecimiento, según dosis de potasio aplicado. Experimento K-S. La Fortuna, San Carlos. 2010.

K2O	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	986,13	1	986,13	1,62	0,2165
Cuadrático	368,17	1	368,17	0,61	0,4450
Cúbico	232,41	1	232,41	0,38	0,5429
Total	1586,71	3	528,90	0,87	0,4719

Cuadro D 7. Análisis de varianza para la variable vegetativa, grosor del pseudotallo a los 7 meses de crecimiento. Experimento K-S. La Fortuna, San Carlos. 2010.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Grosor (cm)	96	0,69	0,00	6,67

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	859,94	74	11,62	0,63	0,9228
Bloque	239,58	3	79,86	4,34	0,0157
S	8,88	1	8,88	0,48	0,4948
K2O	44,12	3	14,71	0,80	0,5080
S*K2O	42,89	3	14,30	0,78	0,5198
Bloque*S*K2O>Muestra	524,47	64	8,19	0,45	0,9929
Error	386,33	21	18,40		
Total	1246,28	95			

Cuadro D 8. Prueba de contrastes polinomiales para la variable vegetativa, grosor del pseudotallo a los 7 meses de crecimiento, según dosis de potasio aplicado. Experimento K-S. La Fortuna, San Carlos. 2010.

K2O	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	20,58	1	20,58	1,12	0,3022
Cuadrático	10,80	1	10,80	0,59	0,4521
Cúbico	12,74	1	12,74	0,69	0,4147
Total	44,12	3	14,71	0,80	0,5080

Cuadro D 9. Análisis de varianza para la variable productiva, número de manos. Experimento K-S. La Fortuna, San Carlos. 2010.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Nº Manos	87	0,86	0,24	6,94

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	12,31	70	0,18	1,39	0,2372
Bloque	0,77	3	0,26	2,02	0,1514
K2O	0,28	3	0,09	0,74	0,5412
S	0,13	1	0,13	1,06	0,3184
K2O*S	0,93	3	0,31	2,44	0,1019
Bloque*K2O*S>Muestra	10,20	60	0,17	1,34	0,2647
Error	2,03	16	0,13		
Total	14,34	86			

Cuadro D 10. Prueba de contrastes polinomiales para la variable productiva, número de manos, según dosis de potasio aplicado. Experimento K-S. La Fortuna, San Carlos. 2010.

K2O	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	4,6E-04	1	4,6E-04	3,6E-03	0,9528
Cuadrático	0,11	1	0,11	0,86	0,3680
Cúbico	0,14	1	0,14	1,11	0,3070
Total	0,23	3	0,08	0,59	0,6280

Cuadro D 11. Análisis de varianza para la variable productiva, número de dedos. Experimento K-S. La Fortuna, San Carlos. 2010.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Nº Dedos	87	0,78	0,00	13,44

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	745,01	70	10,64	0,82	0,7282
Bloque	11,85	3	3,95	0,30	0,8229
K2O	19,36	3	6,45	0,50	0,6908
S	2,3E-03	1	2,3E-03	1,8E-04	0,9896
K2O*S	119,06	3	39,69	3,04	0,0592
Bloque*K2O*S>Muestra	594,74	60	9,91	0,76	0,7818
Error	208,60	16	13,04		
Total	953,61	86			

Cuadro D 12. Prueba de contrastes polinomiales para la variable productiva, número de dedos, según dosis de potasio aplicado. Experimento K-S. La Fortuna, San Carlos. 2010.

K2O	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	11,86	1	11,86	0,91	0,3544
Cuadrático	2,87	1	2,87	0,22	0,6455
Cúbico	7,64	1	7,64	0,59	0,4550
Total	20,27	3	6,76	0,52	0,6756

Cuadro D 13. Análisis de varianza para la variable productiva, longitud del dedo central de la segunda mano. Experimento K-S. La Fortuna, San Carlos. 2010.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Long (cm)	87	0,61	0,00	13,39

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	287,38	70	4,11	0,36	0,9981
Bloque	21,52	3	7,17	0,64	0,6019
K2O	21,61	3	7,20	0,64	0,6004
S	1,90	1	1,90	0,17	0,6867
K2O*S	11,76	3	3,92	0,35	0,7909
Bloque*K2O*S>Muestra	230,59	60	3,84	0,34	0,9987
Error	180,13	16	11,26		
Total	467,52	86			

Cuadro D 14. Prueba de contrastes polinomiales para la variable productiva, longitud del dedo central de la segunda mano, según dosis de potasio aplicado. Experimento K-S. La Fortuna, San Carlos. 2010.

K2O	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	19,32	1	19,32	1,72	0,2087
Cuadrático	3,21	1	3,21	0,28	0,6010
Cúbico	0,76	1	0,76	0,07	0,7978
Total	23,49	3	7,83	0,70	0,5681

Cuadro D 15. Análisis de varianza para la variable productiva, calibre del dedo central de la segunda mano. Experimento K-S. La Fortuna, San Carlos. 2010.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Calibre	87	0,75	0,00	5,84

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	559,41	70	7,99	0,70	0,8445
Bloque	28,94	3	9,65	0,85	0,4883
K2O	41,37	3	13,79	1,21	0,3379
S	10,27	1	10,27	0,90	0,3565
K2O*S	49,85	3	16,62	1,46	0,2633
Bloque*K2O*S>Muestra	428,98	60	7,15	0,63	0,9013
Error	182,27	16	11,39		
Total	741,68	86			

Cuadro D 16. Prueba de contrastes para la variable productiva, calibre del dedo central de la segunda mano, según dosis de potasio aplicado. Experimento K-S. La Fortuna, San Carlos. 2010.

K2O	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	39,76	1	39,76	3,49	0,0802
Cuadrático	0,27	1	0,27	0,02	0,8785
Cúbico	0,68	1	0,68	0,06	0,8105
Total	40,80	3	13,60	1,19	0,3437

Cuadro D 17. Análisis de varianza para la variable productiva, peso del racimo. Experimento K-S. La Fortuna, San Carlos. 2010.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso (kg)	87	0,78	0,00	16,59

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
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 D 18. Prueba de contrastes polinomiales para la variable productiva, peso del racimo, según dosis de potasio aplicado. Experimento K-S. La Fortuna, San Carlos. 2010.

K2O	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	11,43	1	11,43	4,47	0,0505
Cuadrático	1,03	1	1,03	0,40	0,5339
Cúbico	5,29	1	5,29	2,07	0,1695
Total	16,46	3	5,49	2,15	0,1343

Cuadro D 19. Concentración de nutrientes en hojas según diferentes dosis de potasio y azufre aplicados. Experimento K-S. La Fortuna, San Carlos. 2010.

KS(NP)	%						mg/kg				
	N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
K0S0	3,88	0,22	0,82	0,42	3,20	0,24	94	8	15	422	8
K1S0	3,93	0,21	0,76	0,40	3,00	0,22	88	8	16	387	7
K2S0	3,85	0,22	0,79	0,43	3,10	0,24	103	8	17	425	8
K3S0	3,86	0,22	0,86	0,42	3,10	0,24	95	9	17	601	7
K0S1	3,87	0,19	0,74	0,36	2,80	0,22	71	7	14	372	6
K1S1	3,91	0,22	0,88	0,46	3,00	0,24	98	8	17	501	7
K2S1	3,85	0,21	0,83	0,40	3,08	0,24	90	8	17	426	7
K3S1	3,96	0,23	0,93	0,46	3,26	0,26	95	8	17	547	8