

## FERTILIZACIÓN DEL PLÁTANO CON NITRÓGENO Y POTASIO DURANTE EL PRIMER CICLO PRODUCTIVO<sup>1</sup>

*Parménides Furcal-Beriguete<sup>2</sup>, Alejandro Barquero-Badilla<sup>3</sup>*

### RESUMEN

**Fertilización del plátano con nitrógeno y potasio durante el primer ciclo productivo.** El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta agronómica a la fertilización con nitrógeno y potasio durante el primer ciclo productivo del plátano (*Musa AAB*). El experimento se estableció en La Fortuna, San Carlos, Costa Rica, en dos años consecutivos, 2008 y 2009, en suelo del orden inceptisol de fertilidad media, formado por materiales aluviales. Se aplicaron dosis de 0, 100 y 200 kg de N/ha y 0,125, 250 y 375 kg de K<sub>2</sub>O/ha. La siembra se realizó con cormos del cultivar Curraré semi gigante, a una densidad de 2380 y 2224 plantas por hectárea, en cada año. Se evaluaron las variables circunferencia y altura de pseudotallo, peso del racimo, número de frutos y de manos por racimo, longitud y calibre del fruto central de la segunda mano. Hubo diferencias estadísticas significativas en las dosis de 100 y 200 kg de N/ha para todas las variables, excepto el número de manos por racimo, en los dos períodos, 2008-2009 y 2009-2010, produciéndose mejores resultados en el segundo período. Con la aplicación de K no se detectaron respuestas significativas en el primer período, quizás debido a la aparición de bacteriosis a los cinco meses de edad; sin embargo, en el período 2009-2010 hubo diferencias significativas en longitud y calibre del fruto central de la segunda mano e interacción entre N y K<sub>2</sub>O en estas dos variables, con mayor longitud (29,13 cm) y calibre (63,04; 1/32 pulgada) en la combinación de las dosis altas. La absorción de nitrógeno y potasio, al momento de la cosecha, fue de 102,6 kg de N/ha y 227,8 kg de K/ha, respectivamente.

**Palabras claves:** *Musa AAB*, plátano Curraré, rendimiento en *Musa AAB*, características del racimo de *Musa AAB*.

### ABSTRACT

**Nitrogen and potassium fertilization for plantain during the first productive stage.** The objective of this study was to evaluate the agronomic response of nitrogen and potassium fertilization during the first production cycle of plantain (*Musa AAB*). The experiment was established in La Fortuna, San Carlos, in the North of Costa Rica, for two consecutive years (2008 and 2009). The study area featured a medium fertility Inceptisol soil formed by alluvial materials. Nitrogen was applied at a ratio of 0, 100, 200 kg of N/ha, while K<sub>2</sub>O was applied at 0,125, 250 and 375 kg/ha, each year. Sowing was done using Curraré Semi Giant cultivar corms, at a density of 2380 and 2224 plants per hectare, every year. The variables evaluated were pseudostem circumference and height, bunch weight, number of fruits and hands per bunch, and caliber of the central fruit of the second hand. The results portray statistically significant differences at the 100 and 200 kg N/ha doses in all variables, except for the number of hands per bunch in both periods: 2008-2009 and 2009-2010; the best results were obtained for the 2009-2010 period. On the other hand, the application of potassium did not lead to significant responses in the first period, most likely because of a bacterial disease detected at the five months age, however, in 2009-2010 there were significant differences in the length and gauge of the middle fruit of the second hand. It is also possible that an interaction occurred between N and K<sub>2</sub>O and these two variables, because the greatest length (29.13 cm) and gauge (63.04; 1/32 inch) took place with the highest doses of both. Furthermore, nutrient absorption by the plants was determined, resulting values of 102.6 and 227.8 kg of N and K/ha, respectively.

**Keywords:** *Musa AAB*, Curraré plantain, yield in *Musa AAB*, bunch characteristics of *Musa AAB*.

<sup>1</sup> Recibido: 11 enero, 2014. Aceptado: 30 de junio, 2014. Este trabajo es parte del Proyecto No. 5402-2151-7801, financiado por la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR).

<sup>2</sup> Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), Escuela de Agronomía, Sede San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Apartado: 223-21001, Alajuela, Ciudad Quesada. pafurcal@itcr.ac.cr, pfurcal@hotmail.com

<sup>3</sup> Bayer Crop Science S.A. Eurocenter II, Barreal de Heredia, Costa Rica. alejandro.barquero@bayer.com, alejandro.esh@hotmail.com



## INTRODUCCIÓN

La presencia de factores agroecológicos favorables y nichos de mercado, han convertido al plátano (*Musa* AAB) en una alternativa de producción en las zonas Huetar Norte y Atlántica de Costa Rica, regiones de mayor auge del país; la primera representa el 25% de la producción nacional y la zona Atlántica entre el 50 y 51%, la Región Brunca alcanza un 12% y el 13% restante se encuentra distribuido en las demás zonas del país (Barrientos y Chaves, 2008; CNP, 2009). Este cultivo ha tenido gran auge en los últimos años, aumentando el área sembrada del 2009 al 2010 un 44,9%, lo que incidió en un aumento en la producción de 50%, con variación positiva en la exportación (SEPSA, 2011). El área sembrada en el año 2012 fue de 9000 ha, similar a la de 2011, pero menor al área registrada en el año de 2010, con 10 000 ha (SEPSA, 2013).

La fase vegetativa es de especial interés para la programación de la fertilización en plátano, pues en ella se produce la formación de las raíces, el desarrollo del pseudotallo, los hijos y la mayoría de las hojas (Guerrero, 2010); comprende las subfases: brotación, organogénesis y diferenciación floral (Belalcázar, 1991). Para que ocurra la subfase de diferenciación floral, a los seis y siete meses de edad, el desarrollo vegetativo se detiene, dando origen a la inflorescencia (fase reproductiva) y posteriormente al racimo (Belalcázar, 1991). El clima imperante durante esta fase influye en el rendimiento de la planta (Rodríguez y Guerrero, 2002).

La absorción de nutrimentos es lenta desde la brotación hasta la hoja 16, a partir de este momento la acumulación de nutrimentos es alta, período que coincide con el desarrollo de los hijos y previo a la presencia de la inflorescencia, es decir que la mayor absorción de nutrimentos ocurre entre la hoja 16 y cuando la inflorescencia se hace visible (Sancho, 1999). A raíz de lo anterior, la programación de la fertilización del experimento se basó en las fases de mayor demanda nutricional y el momento de la aplicación de la fuente de nitrógeno se determinó según la cantidad de lluvias presentes.

Los elementos de mayor consumo y que pueden ser limitantes en el cultivo de plátano son el nitrógeno (N) y el potasio (K) (Espinosa y Belalcázar, 1998; Combatt et al., 2004). La extracción de K puede llegar a 1,03 kg/panta; sin embargo, existe el beneficio que

de este elemento se retorna al suelo del 85 al 90% de lo absorbido y almacenado en las raíces, cormo, pseudotallo y hojas. Muñoz (1995), menciona que en plátano, el retorno en general de nutrimentos al suelo es entre 74 y 78%.

En trabajos de fertilización y nutrición en plátano se encuentran resultados variables, atribuidos a las condiciones del medio y el material genético utilizado, por ello, Combatt et al. (2004), indican que no es conveniente considerar una dosis general de nutrimentos para ser recomendada en busca de altos rendimientos en plátano, pues esta depende de cada suelo. Opinión similar presentan Espinosa y Belalcázar (1998), quienes encontraron respuestas al N, K y S, pero expresaron que la magnitud de las respuestas no es uniforme en todos los suelos, sino que depende del contenido de nutrientes en los mismos. En ese sentido, Muñoz (1995) explica que la posibilidad de respuesta a la fertilización con N se produce en suelos con menos de 5% de materia orgánica; mientras que, a pesar del alto consumo en K, en suelos con mayor de 0,36 cmol(+)/l de este elemento, la posibilidad de respuesta a la fertilización con K es baja.

Los criterios del párrafo anterior apoyan los resultados siguientes: en estudios llevados a cabo en suelos volcánicos, con bajo contenido de boro, alto contenido de bases y desbalance por exceso de potasio respecto al magnesio, no hubo respuesta a la fertilización química con N-P-K (Bolaños et al., 2002). En suelos muy similares a los anteriores, ambos con textura franco arenosa, pero con bajo contenido de materia orgánica, no hubo efecto residual de la fertilización química durante cuatro ciclos de cultivo. Se concluyó que la falta de respuesta pudo deberse a condiciones del medio y alta presencia de plagas como nematodos y picudo (Bolaños et al., 2002). González et al. (2006) en un suelo inceptisol ligeramente ácido, no encontraron diferencias significativas en número de frutos, peso promedio de racimo (PPR) y peso promedio de frutos, a la aplicación de dosis crecientes de N (100, 200, 300 kg/ha) y de K (200, 300 y 400 kg/ha); el mayor PPR (13,4 kg) se obtuvo con 200 y 400 kg de N y de K/ha, respectivamente.

En las hojas de la planta de plátano los niveles de K declinan después de la floración, lo que indica que este elemento es importante en el llenado del fruto (Mena, 1997). Este autor también menciona que la deficiencia de K afecta el racimo en dos aspectos: en número de manos y en peso total del racimo.

En un estudio realizado por Combatt et al. (2004), con N y K en cultivar Simmonds en suelos bajos en azufre, fósforo, potasio y materia orgánica se encontró que el mejor rendimiento y la calidad de frutos se produjo con la interacción 200 kg/ha/año de N y de K<sub>2</sub>O, en PPR y longitud del dedo central de la primera mano.

Al establecer este experimento, los suelos de la zona habían sido caracterizados desde el punto de vista químico, por el contrario, no se conocían las dosis de N y K necesarias para el buen comportamiento del plátano, elementos nutricionales considerados más importantes en el crecimiento y el rendimiento del cultivo de plátano. Por lo anterior, se escogió la fertilización con diferentes dosis de N y K y la interacción de estos dos elementos como una alternativa de investigación dentro del manejo general de este cultivo, con la visión de mejorar la productividad y calidad del plátano, entendiendo que este producto se destina, además del consumo nacional, a la exportación. El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta agronómica del plátano (*Musa* AAB), durante el primer ciclo productivo, a la fertilización con nitrógeno y potasio.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización, siembra y manejo del cultivo

Los trabajos de campo de este experimento se realizaron en La Fortuna de San Carlos, Costa Rica, en dos ciclos consecutivos de plátano. El área experimental se localizó a 165 msnm, en las coordenadas geográficas 10° 49' N y 84° 60' O, la temperatura en la época del estudio presentó un rango de 22 y 31,5 °C y la precipitación anual fue 4463 y 3801 mm para los períodos de la investigación 2008-2009 y 2009-2010, respectivamente. La siembra se realizó en los años 2008 y 2009 y sus respectivas cosechas en el 2009 y 2010, en dos lotes diferentes en la misma finca. Los suelos donde se instaló el trabajo son del orden inceptisol, originados por materiales aluviales con influencia volcánica. Estos son de fertilidad media, con pH en agua 5,7 y 5,9, sumatoria de bases 12,6 y 9,07 cmol(+)/l, contenido de potasio (K) de 0,36 y 0,38 cmol(+)/l, en tanto el fósforo (P) presentó valores de 4 y 5 ppm en cada uno de los dos lotes de siembra, respectivamente. El

K disponible y el P fueron extraídos con la solución Olsen Modificado, mientras que el procedimiento para la obtención de la acidez, el calcio, el magnesio y elementos menores (Mn, Fe, Cu y Zn) fue por medio KCl 1 M. La textura del suelo corresponde a la clase franco arcillosa y el contenido de materia orgánica obtenido por el método de combustión húmeda de Walkley & Black fue de 3,4 y 3,2% en cada uno de los lotes de siembra, respectivamente.

Los resultados de los análisis de suelos proceden de muestras extraídas antes de la preparación del terreno, con la diferencia que en la primera siembra durante las labores de maquinaria se incorporaron los residuos de la cosecha previa de plátano, mientras que en el lote de la segunda siembra no hubo sembradío previo de este cultivo.

La siembra se hizo en lotes rastreados dos veces en lomillos a doble hilera, con cormos seleccionados del cultivar Curraré "semi gigante", la densidad usada fue de 2380 y 2224 plantas por hectárea, para cada uno de los dos años de siembra. Se sembró este cultivar por ser el más difundido en la zona de estudio; los cormos para la siembra fueron extraídos de plantación comercial, y se seleccionaron de tamaño similar y sanidad adecuada, con el propósito de realizar la siembra con material relativamente homogéneo y sano. Previo a la siembra, los cormos fueron tratados por inmersión durante 10 a 15 minutos, con una solución de insecticida-nematicida Oxamil: S-Metil N', N'-dimetil-N ((metilcarbamoil-oxi)-1-tio-oxamimidato), en dosis de 5 ml/l de agua, contra posible presencia de plagas y prevención de incidencia a temprana edad en el campo; a los tres meses de la siembra, se hizo una aplicación de 2,5 g/mata de Terbufós: S-[[[(1,1-dimetiletio]metil]O,O-dietil.

Las labores de manejo del área experimental (control fitosanitario, control de malezas, deshojas, deshojas, entre otras) fueron realizadas de acuerdo con la presencia de malezas, ritmo de emisión de hijos, hojas senescentes y enfermas. Para el caso de hongos, especialmente Sigatoka negra, el control fue tanto preventivo como curativo, el primero consistió en deshojas, deshojas y uso de Mancozeb: 1,2-etilenbis ((ditiocarbamato) Mn, Zn) más aceite agrícola en dosis de 2 kg/ha y 5 l/ha, respectivamente. El control curativo, se hizo aplicando Carbendazina 50 SC entre 0,4 y 0,6 l/ha en dos ocasiones, una de ellas conjuntamente con una aplicación de Metil Tiofanato

50 SC en dosis de 0,5 l/ha. Las malezas se controlaron manualmente (chapias en varias ocasiones) y a los dos meses de edad con Glifosato 35,6 SL (N-fosfonometil glicina) en mezcla con Metsulfurón metil: Metil 2-((4-metoxi-6-metil-1,3,5-triazin-2-il)-amino carbamoil sulfamoil benzoato), en dosis de 2 l/ha y 10 g/ha, respectivamente.

### Tratamientos y diseño experimental

El tratamiento que se aplicó fue nitrógeno (N), en dosis de 0, 100 y 200 kg/ha y potasio (K) en dosis de 0, 125, 250 y 375 kg de  $K_2O$ /ha. El diseño utilizado fue bloques al azar en un arreglo factorial con muestreo y cuatro repeticiones, donde los factores fueron N y K, con tres y cuatro niveles respectivamente, la combinación de estos factores produjo un total de doce tratamientos, los cuales fueron repetidos cuatro veces, para un total de 48 unidades experimentales. Se aplicaron urea y nitrato de amonio como fuentes de N y cloruro de potasio como fuente de K. Como fertilización base se hizo una aplicación en todas las unidades experimentales de 70 kg de  $P_2O_5$ /ha al mes de la siembra, como fuente de este elemento se usó superfosfato triple.

Los tratamientos fueron aplicados de acuerdo con las fases y la demanda nutricional del cultivo, siguiendo la propuesta de Belálcazar (1991) y Palencia et al. (2006), y los resultados de Sancho (1999), de forma tal, que el 15% de las dosis (N y K) se aplicó antes de la apertura de la hoja 15, alrededor de 2,5 meses después de la siembra, el 50% a los cuatro meses de edad y el restante 35% antes de la emergencia de la inflorescencia que inició a los siete meses, es decir, a los 6,5 meses de edad.

El análisis de varianza y los contrastes polinomiales de los datos, producto de las mediciones de las variables de crecimiento y de rendimiento, se hizo mediante el programa estadístico InfoStat versión 2008 (Balzarini et al., 2008).

### Variables medidas y metodología de toma de datos

La recopilación de datos de campo para evaluar los efectos de los tratamientos, se hizo a través de las variables vegetativas: altura y circunferencia de pseudotallo (AP y GP) a los cuatro y siete meses después de la siembra, y las variables productivas:

peso del racimo (PR), número de manos por racimo (NMR), número de frutos “dedos” por racimo (NDR), longitud y calibre del fruto central de la segunda mano (LD) y (CD), respectivamente.

La evaluación de las variables de respuesta se hizo en las tres y dos plantas centrales de cada unidad experimental, que fue diseñada con seis y cuatro plantas en el primer y segundo ciclo, respectivamente, lo que representa doce y ocho plantas evaluadas por tratamiento. Además de las variables anteriores, se tomaron muestras foliares al inicio de la floración en cada una de las unidades experimentales, de las cuales se formaron muestras compuestas en las que se analizó la concentración de nutrimentos en lámina de las hojas (CNH) para cada uno de los tratamientos. Para el análisis de la CNH se tomó la parte media de la lámina de la tercera hoja, numerada en la planta desde arriba hacia abajo, que por lo general corresponde a la hoja más joven completamente abierta.

A las plantas correspondientes a la parcela útil se les midió la altura desde la superficie del suelo hasta el punto de salida de la inflorescencia. Además, en la base del pseudotallo (5 cm sobre la superficie del suelo) se hizo la medida de la circunferencia. Estas mediciones se hicieron a los cuatro y siete meses después de la siembra, es decir, después de la tercera fertilización y quince días de haber completado los tratamientos.

En cada racimo de las plantas del área útil de las unidades experimentales y durante cada cosecha, tanto en el 2009 como en el 2010 (se hicieron varias cosechas, para finalizar con la recolección de los racimos en condiciones fisiológicas adecuadas para el mercado), se midieron y anotaron los datos obtenidos de las variables: PR, NMR, NDR, LD y CD. Para obtener estos datos se utilizó balanza, cinta métrica, calibrador en treintaidosavo de pulgada (1/32”), equivalente a 0,794 mm, y calibrador o “pie de rey”.

Cuando el período de la cosecha se estabilizó, se tomó una planta de cada una de las unidades experimentales tratadas con la mayor dosis de N y K (200 y 375 kg/ha, respectivamente). Las plantas muestreadas, visualmente presentaban buen vigor y ausencia de enfermedades que pudieran afectar la absorción de elementos nutritivos; las mismas se seccionaron en sus diferentes órganos, de los cuales se obtuvo su peso en el campo, luego se revolvieron y se tomaron submuestras de los órganos, estas se pesaron

y posteriormente se secaron a 60 °C durante 72 horas en un horno con aire forzado, pesándose nuevamente. Finalmente, a partir de estas submuestras se hicieron los análisis químicos y se obtuvo la materia seca total, calculando así la absorción de nutrimentos por planta. El N se obtuvo a través de combustión seca, método de Dumas, en los demás elementos el procedimiento fue por digestión húmeda y determinación por Espectrofotometría de Emisión Atómica con Plasma.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el desarrollo del experimento en la primera cosecha (2009), se presentaron dos problemas que propiciaron el volcamiento de algunas plantas antes de alcanzar su estado de madurez fisiológica, los vientos y lluvias al inicio de la cosecha, y a la presencia de bacteriosis a los cinco meses de edad.

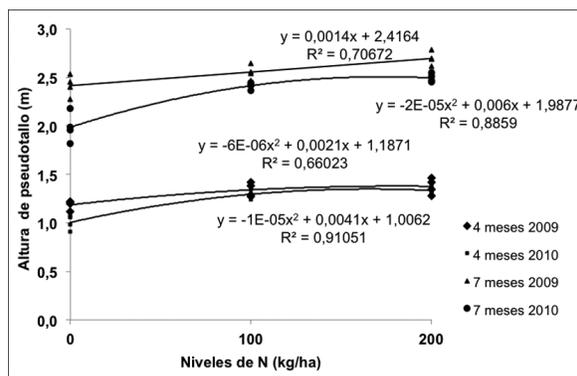
### Variables de crecimiento y rendimiento

Las variables altura y circunferencia del pseudotallo (AP y GP), a la edad de cuatro y siete meses después de la siembra, presentaron diferencias significativas a las dosis de N ( $p < 0,05$ ), tanto en el ciclo 2009 como en el de 2010. Soto (1992), comenta que existe una correlación positiva entre la producción de biomasa y el nitrógeno (N) absorbido por las plantas, quiere decir que si el N es absorbido por estas habrá mayor producción de biomasa, mientras que aquellas plantas

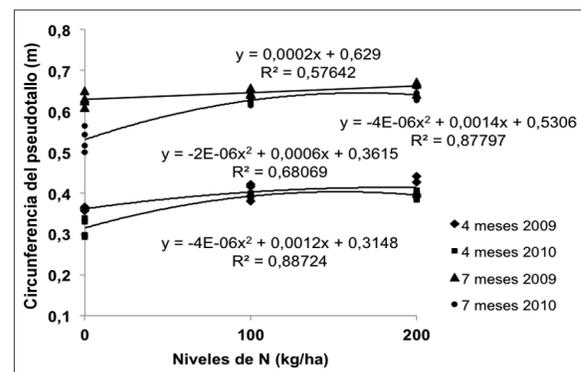
que no disponen de N, su contenido de biomasa es menor; esta explicación concuerda con lo encontrado en este estudio, donde las plantas con suministro de N incrementaron su tamaño respecto a aquellas que no recibieron N, en ambos ciclos del cultivo. De la misma forma estos resultados concuerdan con los encontrados por Vázquez et al. (2005), ellos mencionan que el N influye positivamente en el crecimiento de este cultivo. Las Figuras 1 y 2, muestran el comportamiento de estas dos variables.

Al momento de la floración, hubo una mayor altura y la circunferencia del pseudotallo en el ciclo del 2009, respecto al segundo ciclo (2010) (Figuras 1 y 2); caso contrario sucedió con el cormo, este fue más pequeño en el primer ciclo que en el segundo (2010), a pesar que en el 2010 las plantas presentaron mejor sanidad. Esta mayor altura y circunferencia del pseudotallo en el primer ciclo, no fue reflejado en el peso del racimo de ese ciclo (Cuadro 1).

Los resultados indican que hubo diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), a la aplicación de N, en las variables de rendimiento: PR, NDR y LD, en los dos ciclos (2009 y 2010), con coeficientes de variación (CV) en un rango de 21,06 y 6,51. Estos resultados confirman lo expuesto por Vázquez et al. (2005), quienes mencionan que el N tiene función importante tanto en el crecimiento vegetativo como en el rendimiento. En cambio, la variable NMR no mostró efecto positivo con el uso de 100 y 200 kg de N/ha, al parecer esta variable está definida por el material genético. Orozco y Chaverra (1999)



**Figura 1.** Comportamiento de la altura del pseudotallo de la planta de plátano a los cuatro y siete meses de edad en dos cosechas. La Fortuna, San Carlos, Costa Rica. Noviembre, 2010.



**Figura 2.** Comportamiento de la circunferencia del pseudotallo de la planta de plátano a los cuatro y siete meses de edad en dos cosechas. La Fortuna, San Carlos, Costa Rica. Noviembre, 2010.

**Cuadro 1.** Valores promedio de las variables de rendimiento, medidas durante los dos ciclos del cultivo 2009 y 2010. La Fortuna, San Carlos, Costa Rica. Noviembre de 2010.

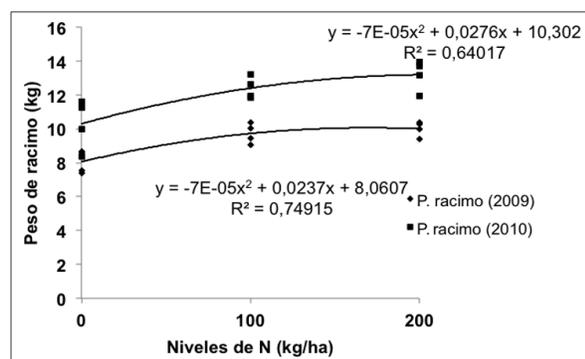
Elemento	Dosis (kg/ha)	Peso promedio de racimo (kg)		N° de manos		N° de frutos		Long. de frutos (cm)		Calibre frutos (1/32 pulg.)	
		2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
N	0	8,06	10,30	5,03	5,17	25,17	24,95	23,03	25,89	56,50	58,51
	100	9,73	12,40	5,04	5,13	27,66	26,84	24,25	27,38	57,70	59,45
	200	10,00	13,20	5,06	5,16	27,33	28,29	24,97	27,91	57,79	61,15
K <sub>2</sub> O	0	8,94	11,38	5,13	5,20	26,25	26,99	24,11	26,8	56,94	58,29
	125	9,35	12,14	5,00	5,16	26,79	26,94	24,26	26,68	57,44	58,56
	250	9,36	11,93	4,99	5,12	27,18	26,67	23,76	26,91	57,23	60,17
	375	9,41	12,42	5,06	5,15	26,67	26,18	24,20	27,84	57,71	61,78

mencionan que NMR está definida genéticamente, sin embargo, estos mismos autores indican que puede cambiar cuando el cultivo se encuentra bajo fuerte estrés hídrico y nutritivo durante la fase de definición de esta variable. En este y otro experimento con el uso de P, K y S Furcal y Barquero (2013) no encontraron diferencias estadísticas en NMR con ninguno de los elementos nutritivos estudiados.

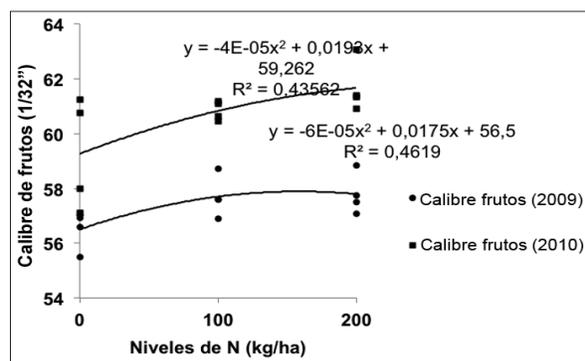
El comportamiento de los valores de PR, CD y LD se representan en las Figuras 3, 4 y 5, respectivamente; del mismo modo, en el Cuadro 1 se presenta el promedio de los valores en cada una de estas variables en los distintos períodos de siembra del cultivo. En el ciclo del cultivo 2008-2009, el valor más alto en NDR fue con 100 kg de N/ha, en cambio en el ciclo 2009-

2010, hubo regresión lineal ( $p=0,0013$ ) donde el valor más alto se alcanzó con la dosis de 200 kg de N/ha, la Figura 6 muestra la tendencia de esta variable según las dosis de N. En conclusión, los mejores rendimientos se encontraron con las dosis de 100 y 200 kg de N/ha, estos resultados concuerdan con los mencionados por Marín y De Roberti (1992) y Hernández et al. (2007) quienes indican que los mejores rendimientos en plátano se obtienen con 150 kg N/ha.

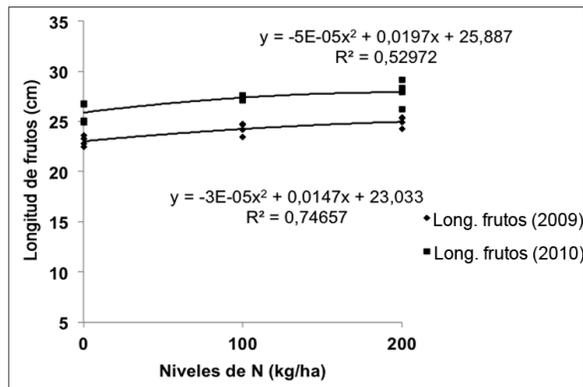
Los autores Espinosa y Belalcázar (1998), Combatt et al. (2004) y Palencia et al. (2006), manifiestan que no es conveniente considerar una dosis única de nutrientes en busca de altos rendimientos en plátano, debido a que la magnitud de las respuestas no es uniforme en todos los suelos, sino que depende del



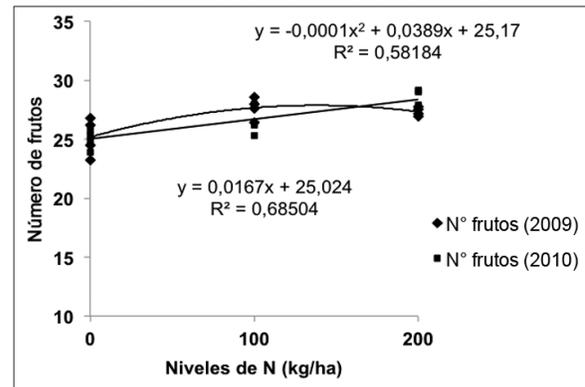
**Figura 3.** Comportamiento del peso del racimo de plátano, según la dosis de N. La Fortuna, San Carlos, Costa Rica. Noviembre, 2010.



**Figura 4.** Comportamiento del calibre del fruto central de la segunda mano de plátano, según las dosis de N. La Fortuna, San Carlos, Costa Rica. Noviembre, 2010.



**Figura 5.** Comportamiento de la longitud del fruto central de la segunda mano de plátano, según las dosis de N. La Fortuna, San Carlos, Costa Rica. Noviembre, 2010.



**Figura 6.** Comportamiento del número de frutos por racimo de plátano, según las dosis de N. La Fortuna, San Carlos, Costa Rica. Noviembre, 2010.

contenido de nutrimentos en los suelos. En este estudio, con la variedad de plátano Curraré “semigigante”, donde el suelo presentó características particulares, los mejores resultados se encontraron con las dosis 100 y 200 kg de N/ha. En la zona en estudio, la mejor dosis económica podría ser 100, 150 o 200 kg de N/ha, pero dependerá del destino de comercialización del producto comercial, sea para exportación o consumo nacional y el manejo agronómico en general que aplique cada productor.

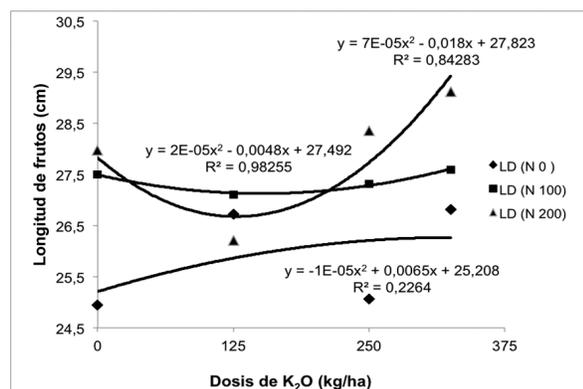
Varios autores proponen entre 200 y 300 kg/ha la mejor dosis de N para la producción de plátano, entre ellos, Espinosa y Belalcázar (1998) establecen la mejor dosis entre 210 y 280 kg/ha, López (2002) informa que el plátano requiere 250 kg/ha; mientras que para Combatt et al. (2004) establecen que la mejor dosis de N es de 300 kg/ha en el peso del fruto del cultivar Simmonds. Quizás la diferencia con estos autores, respecto a los resultados obtenidos en este estudio, se debe al material genético utilizado y a las características de los suelos donde se desarrollaron los experimentos.

Respecto al K, en el periodo 2008-2009 no hubo respuesta en las variables estudiadas a las dosis de  $K_2O$  (125, 250 y 375 kg/ha). Por el contrario, en el ciclo 2009-2010, hubo diferencias significativas en longitud y calibre del fruto central de la segunda mano (LD y CD), con CV de 6,51 y 9,26. El mejor ajuste para LD fue cuadrático, mientras que para CD fue lineal en las ecuaciones correspondientes. El valor promedio más alto en cada variable se presentó cuando se utilizó

375 kg de  $K_2O$ /ha. Además para estas dos variables, en el segundo periodo (2009-2010), hubo diferencias significativas en la interacción K\*N (LD,  $p=0,0165$ ; CD,  $p=0,0235$ ), encontrándose la mejor combinación con 200 kg de N/ha y 375 kg de  $K_2O$ /ha (Figuras 7 y 8). Esta interacción en estos dos elementos es similar a la obtenida por Combatt et al. (2004), ellos encontraron la mejor interacción N\*K en rendimiento en plátano con 200 kg/ha para ambos elementos, expresado el K como  $K_2O$ .

A pesar de presentarse diferencias significativas entre las dosis de K en LD y CD en el segundo ciclo (2009-2010), el peso de racimo (PR) no expresó diferencias significativas, al parecer, este resultado sugiere que el PR depende, además de las dos variables anteriores, del número de dedos por racimo (NDR), variable que no presentó diferencias significativas al variar dosis de K (Cuadro 1). En cuanto a las variables vegetativas, no hubo diferencias significativas en ninguno de los dos ciclos de producción. Según Vázquez et al. (2005), el K es un elemento extraído en grandes cantidades por el racimo; mientras que el N además de influir en las características de racimo, también influye de manera importante en el crecimiento de la planta.

A pesar de la alta absorción de K por el cultivo del plátano, la ausencia de respuesta a este elemento en primer ciclo de producción (2008-2009), no así en el segundo ciclo, pudo deberse a varios factores: 1) a que el suelo donde se desarrolló el experimento tenía una fertilidad adecuada, Espinosa y Belalcázar (1998),

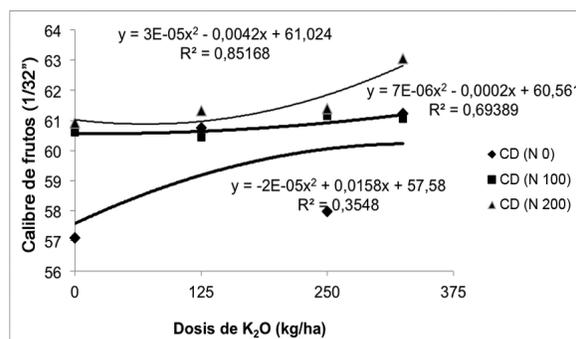


**Figura 7.** Representación de la interacción entre los niveles de N y K<sub>2</sub>O para la variable longitud del fruto (LD) central de la segunda mano de plátano. La Fortuna, San Carlos, Costa Rica. Noviembre, 2010.

proponen un nivel crítico para K en el suelo de 0,29 cmol(+)/l, mientras que Muñoz (1995) menciona que por encima de 0,36 cmol(+)/l de K no hay respuesta a la fertilización con este elemento; en este experimento el contenido en el suelo fue de 0,36 y 0,38 cmol(+)/l; 2) en el 2009 el suelo fue preparado, posterior al muestreo para los análisis suelos, incorporando los residuos de la cosecha previa de plátano, los cuales aportan alta cantidad de nutrientes, aumentando posiblemente el contenido de estos y 3) al ataque de bacteriosis a partir de los cinco meses, esta enfermedad afecta el pseudotallo, pudiendo en cierta medida hacer la planta propensa al volcamiento y a posible disminución de la translocación de agua y solutos, lo que podría repercutir en el contenido de nutrientes en los diferentes órganos y en el rendimiento. Es posible que a la edad del cultivo cuando fue afectado por la enfermedad, la totalidad del K todavía no se encontrara depositada en las hojas, pues según Mena (1997), el K disminuye en las hojas después de la floración del cultivo, dado que es usado en el llenado y peso del racimo.

### Concentración y absorción de nutrientes por el cultivo

El alto porcentaje de retorno de elementos nutritivos al suelo, por parte de los residuos del cultivo al momento de la cosecha se observa en el Cuadro 2; de modo tal, que para el ciclo o siembra de 2008-2009



**Figura 8.** Representación de la interacción entre los niveles de N y K<sub>2</sub>O para la variable calibre del fruto central de la segunda mano de plátano. La Fortuna, San Carlos, Costa Rica. Noviembre, 2010.

hubo un retorno al sistema de 69,4% y 80,2% del total de N y K absorbido y almacenado en las raíces, cormo, tallo y hojas, respectivamente; mientras que en el segundo período (2009-2010), el retorno fue de 43,87% y 34% del total absorbido de estos dos elementos; observándose que el retorno es menor en el segundo período que en el primero, posiblemente estos elementos fueron translocados y almacenados en mayor cantidad al racimo (parte cosechable, se extrae del campo o sistema) en el segundo ciclo, dado que el rendimiento de este año fue más elevada. En ese sentido, se debe considerar el destino de los residuos del cultivo al momento del muestreo de suelo y de la elaboración de los planes de fertilización para el cultivo de plátano. La cantidad de K y N absorbida por la parte comestible (frutos) y por el racimo (frutos más raquis o "pinzote") fue mucho mayor que la absorción por la parte vegetativa, cuando el rendimiento fue mayor (ciclo 2009-2010) (Cuadro 2). Estos resultados confirman lo indicado por Vázquez et al. (2005), al mencionar que los frutos son importantes en la extracción de K, pero difieren de la información reportada por Muñoz (1995), al mencionar que el retorno al suelo a partir del K absorbido y almacenado en las raíces, cormo, tallo y hojas es de 85 a 90% en variedad Dominico y Dominico-Hartón.

La concentración de N y K fue menor en las hojas durante el segundo ciclo del cultivo (2009-2010) que en el primer ciclo (2008-2009) (Cuadro 3), quizás hubo mayor absorción desde el suelo y transporte de estos elementos hacia las hojas y posterior translocación hacia el racimo en el segundo ciclo respecto al

**Cuadro 2.** Absorción total de nutrimentos y porcentaje de extracción de la parte comercial y no comercial del cultivo de plátano variedad Curraré, durante dos ciclos. La Fortuna, San Carlos, Costa Rica. Noviembre, 2010.

Elemento	Absorción				Porcentaje en la parte:				Porcentaje			
	Total (kg/ha)		% por elemento		comercial (frutos)		no comercial		Retornable al sistema		No retornable (racimo)	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
N	93,07	102,56	15,40	25,17	26,80	52,55	73,20	47,45	69,41	43,87	30,59	56,13
K	441,47	227,80	73,04	55,90	<b>15,30</b>	<b>57,24</b>	<b>84,70</b>	<b>42,76</b>	80,23	34,09	19,77	65,91
Ca	51,86	41,42	8,58	10,16	2,69	5,03	97,31	94,97	96,75	93,38	3,25	6,62
Mg	17,99	35,71	2,97	8,76	27,09	22,40	72,91	77,60	71,30	76,00	28,70	24,00

No comercial: raíces, cormo,seudotallo, hojas (lámina y nervadura) y raquis. Racimo: frutos más raquis.

**Cuadro 3.** Concentración y distribución porcentual de los elementos N, K, Ca y Mg en las estructuras de la planta plátano al momento de dos cosechas. La Fortuna, San Carlos, Costa Rica. Noviembre, 2010.

Estructura	Ciclo 2008-2009								Ciclo 2009-2010							
	(%)								(%)							
	N		K		Ca		Mg		N		K		Ca		Mg	
1/	2/	1/	2/	1/	2/	1/	2/	1/	2/	1/	2/	1/	2/	1/	2/	
Hojas (lámina)	<b>3,06</b>	34,8	<b>2,66</b>	7,92	1,15	27,0	0,26	17,9	<b>2,69</b>	31,8	<b>1,77</b>	7,8	1,78	27,0	0,58	15,3
Nervadura	1,03	11,7	5,15	15,3	1,29	30,3	0,2	13,8	0,83	9,82	1,33	5,83	2,45	37,1	0,94	24,8
Raquis	1,85	21,0	<b>10,8</b>	32,2	0,17	3,99	0,15	10,3	1,82	21,5	<b>10,2</b>	44,7	0,33	5,00	0,28	7,39
Frutos (dedos)	<b>0,41</b>	4,66	<b>1,14</b>	3,39	0,02	0,47	<b>0,08</b>	5,52	<b>0,52</b>	6,15	<b>1,3</b>	5,70	0,02	0,30	<b>0,08</b>	2,11
Pseudotallo	0,74	8,41	6,35	18,9	0,76	17,8	0,17	11,7	0,7	8,28	2,67	11,7	0,97	14,7	0,78	20,9
Cormo	0,57	6,48	3,7	11,0	0,25	5,87	0,23	15,9	0,75	8,88	1,53	6,70	0,32	4,85	0,66	17,4
Raíces	1,14	12,9	3,78	11,3	0,62	14,5	0,36	24,8	1,14	13,5	4,02	17,6	0,73	11,1	0,47	12,4

1/: Concentración promedio de los elementos al momento de la cosecha.

2/: Distribución porcentual de la concentración de los elementos nutritivos en cada órgano de la planta.

primero, puesto que en este último el rendimiento fue de 20 t/ha, mientras que en el segundo fue de 36,6 t/ha. Lo que confirma lo expuesto por Mena (1997), que el contenido de K disminuye en las hojas después de la floración por ser utilizado en el llenado del racimo; Vázquez et al. (2005) presentan información similar al indicar que el racimo absorbe alta cantidad de K.

Los valores de concentración de N y K en la lámina de las hojas al momento de cosecha son bajos respecto a la concentración de estos elementos en la etapa de floración (Cuadros 3 y 4), resultados que

conducen con la opinión de Mena (1997) y Vázquez et al. (2005) al referirse al K.

Los resultados del análisis de tejido hecho a la lámina de las hojas, al inicio de la floración, muestran que la concentración de N aumentó conforme las dosis de N aplicadas (Cuadro 4), lo que puede estar relacionado con las respuestas positivas de este elemento, tanto en las variables de crecimiento como en las de rendimiento analizadas en ambos ciclos o períodos de producción del cultivo. Por el contrario, la concentración de K, al inicio de la floración, en el

**Cuadro 4.** Concentración promedio de N, K, Ca y Mg en la lámina de las hojas, al inicio de la floración (siete meses) en dos períodos de producción de plátano, variedad Curraré “semigigante”. La Fortuna, San Carlos. Costa Rica. Noviembre, 2010.

Dosis/ Elemento	Ciclo 2008-2009				Ciclo 2009-2010			
	%				%			
	N	K	Ca	Mg	N	K	Ca	Mg
<b>N 0</b>								
<b>Media</b>	3,380	3,068	0,768	0,333	4,063	3,185	0,875	0,503
<b>Desvest.</b>	0,071	0,196	0,029	0,021	0,100	0,219	0,057	0,013
<b>100</b>								
<b>Media</b>	3,700	3,143	0,855	0,380	4,145	2,940	0,818	0,523
<b>Desvest.</b>	0,093	0,069	0,070	0,037	0,097	0,263	0,038	0,033
<b>200</b>								
<b>Media</b>	3,990	2,995	0,880	0,428	4,400	2,880	0,813	0,518
<b>Desvest.</b>	0,114	0,026	0,054	0,017	0,072	0,145	0,156	0,085
<b>K<sub>2</sub>O 0</b>								
<b>Media</b>	3,570	3,163	0,797	0,363	4,310	2,887	0,860	0,540
<b>Desvest.</b>	0,271	0,139	0,040	0,049	0,118	0,110	0,010	0,035
<b>125</b>								
<b>Media</b>	3,673	3,110	0,857	0,400	4,207	2,930	0,827	0,520
<b>Desvest.</b>	0,315	0,082	0,045	0,036	0,250	0,231	0,067	0,044
<b>250</b>								
<b>Media</b>	3,760	2,957	0,803	0,370	4,150	3,083	0,890	0,537
<b>Desvest.</b>	0,318	0,095	0,055	0,060	0,176	0,189	0,056	0,015
<b>375</b>								
<b>Media</b>	3,757	3,043	0,880	0,387	4,143	3,107	0,763	0,460
<b>Desvest.</b>	0,321	0,129	0,114	0,060	0,163	0,395	0,165	0,061

primer ciclo de producción (2008-2009) es variable respecto a las dosis aplicadas de este elemento, ciclo en el que no hubo respuesta a la aplicación del K, pero en el segundo período del cultivo (2009-2010), aunque con incrementos mínimos, la tendencia es a aumentar conforme las dosis aplicadas de K (Cuadro 4), en este ciclo sí hubo respuestas significativas a este elemento en las variables LD y CD.

Marín y De Roberti (1992), sugieren que para obtener buenos rendimientos, en los suelos de la serie Chama en Venezuela, las concentraciones foliares deben ser de 3,6% de N y entre 3 a 4% de K. En nuestro estudio, los resultados de análisis foliares de N

fueron entre 3,38% y 4,40%, asimismo el K presentó valores desde 2,89% a 3,16% de concentración foliar en base seca, lo que sugiere que bajo el criterio de estos dos autores, el N en sus diferentes dosis tiene buena concentración foliar, excepto cuando N=0; mientras que la concentración de K en las hojas presentó valores que no llegan al nivel considerado adecuado. Es posible que este comportamiento de concentración de N y K en las hojas esté relacionado con las respuestas significativas del cultivo a las dosis de 100 y 200 kg de N/ha en los dos ciclos y a las dosis del K en el segundo ciclo, y que la falta de consistencia en la concentración del K en las hojas respecto a las

dosis aplicadas de este elemento en el primer ciclo sea producto de la bacteriosis presentada en este y que a su vez afectara el rendimiento.

La lámina de las hojas presentó elevada concentración de N, mientras que en los frutos, la más alta concentración fue la del elemento K, contrario sucedió con el Ca y el Mg, cuya concentración fue baja en los frutos (Cuadro 3); a su vez, esta es la parte de la planta de plátano con mayor acumulación de materia seca, 49,35% y 70,96% del total en el primer y segundo ciclo, respectivamente. López (2002) y Vázquez et al. (2005), definen los frutos del cultivo de plátano como un órgano con alta concentración de K, resultado que es confirmado en este experimento. La lámina de las hojas, órgano utilizado ampliamente para el diagnóstico nutricional de las plantas, aunque respecto a otras estructuras, no es importante en la acumulación de materia seca, es de elevada concentración de N, K en la fase de floración como se observa en los resultados de los análisis en esta etapa (Cuadro 4). Otras dos estructuras que alternan altos valores en la absorción son el pseudotallo y el cormo en el primer y segundo ciclo, respectivamente, producto mayormente por su acumulación de materia seca, pero también por la concentración de nutrimentos, principalmente de K al momento de la cosecha (Cuadro 3).

La alta absorción del elemento K por la planta de plátano se debe principalmente, al elevado contenido de materia seca en los frutos y a la alta concentración de este elemento en los órganos fruto, raquis, pseudotallo y raíz. El raquis presenta valor ligeramente superior a 10% de K en los dos períodos del cultivo (Cuadro 3). Se observa que la concentración de K en los órganos cormo, pseudotallo, nervadura y lámina no fue consistente en los dos ciclos del cultivo, presentándose más altos significativamente en el primer ciclo que en el segundo. Por el contrario, los frutos alcanzaron la menor concentración de K en el primer ciclo con rango de 1,12% a 1,16%, respecto a uno de 1,25% a 1,36% en el segundo ciclo. Posiblemente, esta es otra de las razones que incidieron en que el rendimiento (peso de racimo) fuera menor en el primer ciclo que en el segundo.

La absorción de K por la planta de plátano es muy diferente entre un ciclo o período de producción y el otro, el valor de 441,47 kg/ha presente en el primer período, es similar a la información presentada por Hernández et al. (2007), ellos informan que el plátano

Hartón con alta producción hasta de 70 t/ha extrae 400 kg de K/ha; además, los resultados de este experimento presentan cierta similitud a lo expuesto por Palencia et al. (2006), quienes indican que la planta de plátano puede absorber 440 kg de K<sub>2</sub>O/ha. En cambio, la absorción del segundo período (227,80 kg de K/ha = 273,36 kg de K<sub>2</sub>O/ha), tuvo cierta similitud con las dosis indicadas por autores como Combatt et al. (2004) y López (2002), quienes proponen entre 250 y 300 kg de K<sub>2</sub>O/ha, asimismo, Espinosa y Belalcázar (1998) indican que el plátano requiere de 210 a 280 kg de K<sub>2</sub>O/ha.

## LITERATURA CITADA

- Balzarini, M.G., L. González, M. Tablada, F. Casanoves, J.A. Di Rienzo, y C.W. Robledo. 2008. InfoStat. Manual del usuario, Versión 2008. Editorial Brujas, Córdoba, Argentina.
- Barrientos, O., y G. Chaves. 2008. Oferta Exportada Actual y Oferta Potencial de Productos Agropecuario Alternativos. [http://www.procomer.com/contenido/descargables/investigaciones\\_economicas/2008/Region\\_Huetar\\_Norte\\_final.pdf](http://www.procomer.com/contenido/descargables/investigaciones_economicas/2008/Region_Huetar_Norte_final.pdf) (Consultado 30 jun. 2009).
- Belalcázar, S. 1991. El cultivo del plátano (*Musa* AAB) en el trópico. IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura), Colombia.
- Bolaños, M.M., L.D. Celis, y H. Morales. 2002. Fertilización y residualidad de nutrimentos en el cultivo de plátano (*Musa* AAB) en un Andisol de Quindío, Colombia. En: Acobat, editor, Memorias XV reunión de la Asociación de Bananeros de Colombia AUGURA. Acobat, Cartagena, Colombia. 27 oct. - 2 nov. 2002. p. 436-440.
- CNP (Consejo Nacional de Producción). 2009. Boletín Informativo del Plátano. Boletín N° 1. C.R. [http://sim.cnp.go.cr/images/SIIM/analisis/frutas/platano/2009/Platano\\_01-09.pdf](http://sim.cnp.go.cr/images/SIIM/analisis/frutas/platano/2009/Platano_01-09.pdf) (Consultado 20 nov. 2009).
- Combatt, E.M., G. Martínez, y J. L. Barrera. 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 9:5-12.
- Espinosa, J., y S. Belalcázar. 1998. Fertilization of plantain in high densities. [http://www.ipni.net/publication/bci.nsf/0/5CA8DBC8F51A6A4385257BBA006D6110/\\$FI](http://www.ipni.net/publication/bci.nsf/0/5CA8DBC8F51A6A4385257BBA006D6110/$FI)

- LE/Better%20Crops%20International%202000-1%20p16.pdf (Consultado 20 dic. 2006).
- Furcal, P., y A. Barquero. 2013. Respuesta del plátano a la fertilización con P, K y S durante el primer ciclo productivo. *Agron. Mesoam.* 24:317-327.
- González, O.H., G.R. Luna, y V.F. Quintero. 2006. Respuesta del plátano África 1 a la fertilización edáfica con nitrógeno y potasio. *Agron.* 14(1):81-88.
- Guerrero, M. 2010. Guía técnica del cultivo del plátano. Programa MAG-CENTA-Frutales. CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal Enrique Álvarez Córdova), El Salvador.
- Hernández, Y., M. Marín, y J. García. 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. Estado Zulia, Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 24:607-626.
- López, O.R. 2002. Manual de producción de plátano basado en la experiencia de Zamorano. Tesis de Lic., Zamorano, Honduras.
- Marín, M., y P.R. De Roberti. 1992. Importancia del análisis foliar en la evaluación de la fertilidad de suelos en Venezuela. Una revisión. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 9:1-15.
- Mena, V.J. 1997. Manejo agronómico y levantamiento de malezas prevaletantes 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, San Carlos, Costa Rica.
- Muñoz, R. 1995. Fertilización del plátano (*Musa* AAB, Simonds) en suelos de clima medio en Colombia. En: R. Guerrero, editor, Fertilización de cultivos en clima medio. Capítulo 11. Monómeros Colombo Venezolano S.A., Venezuela. p. 175-184.
- Orozco, R., y C. Chaverra. 1999. Curso de actualización tecnológica en el cultivo del plátano con énfasis en poscosecha. Colombia. [http://www.agronet.gov.co/www/docs\\_si/20061127143834\\_Actualizacion%20tecnologia%20en%20platanopdf](http://www.agronet.gov.co/www/docs_si/20061127143834_Actualizacion%20tecnologia%20en%20platanopdf) (Consultado 6 ago. 2008).
- Palencia, G.E., S.R. Gómez, y J.E. Martín S. 2006. Manejo sostenible del cultivo de plátano. CORPOICA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria), Colombia.
- Rodríguez, M., y M. Guerrero. 2002. Cultivo del plátano. Guía técnica No. 4. <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/frutales/GUIA%20CULTIVO%20PLATANO%202011.pdf> (Consultado 22 agosto 2009).
- Sancho, H. 1999. Curvas de absorción de nutrientes: importancia y uso en los programas de fertilización. [http://www.ipni.net/publication/ia-laahp.nsf/0/765C8D66598A491B852579A3007A3289/\\$FILE/Curvas%20de%20Absorci%C3%B3n.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-laahp.nsf/0/765C8D66598A491B852579A3007A3289/$FILE/Curvas%20de%20Absorci%C3%B3n.pdf) (Consultado 1 dic. 2007).
- SEPSA (Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria). 2011. Boletín Estadístico Agropecuario No. 21. Serie cronológica 2007-2010. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), San José, Costa Rica.
- SEPSA (Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria). 2013. Boletín Estadístico Agropecuario No. 23. Serie Cronológica 2009-2012. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), San José, Costa Rica.
- Soto, M. 1992. Bananos, cultivos y comercialización. 2 ed. Costa Rica. Edit. Litografía e Imprenta LiL, S.A., Costa Rica.
- Vázquez, C.R., C.A. Romero, V.J. Figueroa, y O.D. Munro. 2005. Paquete tecnológico para el cultivo de plátano. Gobierno del Estado de Colima, México.