

**EFEECTO DE FUENTES ALTERNATIVAS
DE FERTILIZANTES CON EL MÉTODO
DE LA FERTIRRIGACIÓN SOBRE LA NUTRICIÓN
MINERAL Y RENDIMIENTOS DE BANANOS
EN UNA FINCA DEL ESTADO ARAGUA, VENEZUELA¹**

Eduardo Casanova O.* y Carmen Rivero*

RESUMEN

Para conocer el efecto de los fertilizantes líquidos Tiosulfato de Amonio (TSA) y Tiosulfato de Potasio (TSK) sobre la nutrición mineral y rendimientos del banano, *Musa paradisiaca* L., se condujo un experimento durante dos años consecutivos en una finca en Santa Cruz, estado Aragua, dotada de un sistema de riego microjet. El área experimental fue de 1,7 ha, en un diseño de bloques al azar con 6 repeticiones y 4 tratamientos. Se usó la variedad Giant Cavendish (*Musa* sp. (L.) AAA) en una población equivalente a 2 100 plantas ha⁻¹. El suelo presentó antes del experimento 76 mg kg⁻¹ de fósforo aprovechable, 139 mg kg⁻¹ de potasio aprovechable, pH 7,5, contenido de materia orgánica de 2,13% y textura franca. Los tratamientos aplicados fueron Sulfato de Amonio granulado (SA, 21-0-0-24S), TSA (12-0-0-26S), TSK (0-0-25-17S) y el manejo tradicional del productor (PROD., 250 kg⁻¹ Urea ha⁻¹ los 5 meses después del trasplante, 420 kg ha⁻¹ de 12-12-17/2 a los 3 meses después del trasplante y 10 l ha⁻¹ de humus líquido fraccionado a los 3 meses después del trasplante y a la floración). Las dosis de N, P y K fueron 150, 20 y 250 kg ha⁻¹ cuando se aplicaron como fertilizantes sólidos. Las dosis de TSA y TSK fueron de 150 l ha⁻¹ aplicadas a través del sistema de riego. Los resultados indicaron que en el promedio de los 2 años el TSK produjo diferencias estadísticas significativas en 10 días de precocidad a la floración en comparación al PROD., mayor perímetro de tallo (58 cm), adecuadas concentraciones de N y K en hojas (2,8% N y 3,1% K), mayor número de bananos por mano (22), mayor número de manos por racimo (12), mayor peso por racimo (41 kg), mayor rendimiento (86 t ha⁻¹), mayor eficiencia agronómica (163 kg fruto kg⁻¹ de fertilizante aplicado) y mayor eficiencia económica (56 Bs ganados / Bs invertido en fertilizante), en relación al tratamiento del productor (PROD).

Palabras Clave: Bananos; *Musa paradisiaca* L.; fertirrigación; tiosulfato de amonio; tiosulfato de potasio; Aragua; Venezuela.

1 Trabajo financiado por PEQUIVEN.

* Profesores. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Instituto de Edafología. Maracay AP 4579, estado Aragua. Venezuela.

E-Mail: casanovaen@cantv.net, criver@cantv.net

RECIBIDO: marzo 03, 2006.

**EFFECT OF ALTERNATIVE FERTILIZER SOURCES
WITH FERTIRRIGATION ON MINERAL NUTRITION
AND YIELD OF BANANAS IN A FARM
IN ARAGUA STATE, VENEZUELA¹**

Eduardo Casanova O.* y Carmen Rivero*

SUMMARY

In this paper an agronomic evaluation of potassium thiosulphate (TSK) and ammonium thiosulphate (TSA) applications during 2 consecutive years on bananas *Musa paradisiaca* L., production, in Aragua State, Venezuela is presented. The experimental area was 1.7 ha using the banana variety Giant Cavendish (*Musa* sp. (L.) AAA) in an equivalent plant density of 2.100 plants ha⁻¹. Soil presented high contents of available P (76 mg kg⁻¹), medium of available K (139 mg kg⁻¹), pH: 7.5, 2.1% organic matter, and loam texture. Four treatments were applied: granulated ammonium sulphate SA (21-0-0-24S), liquid TSA (12-0-0-26S), liquid TSK (0-0-25-17S) and the farmer's usual management PROD (urea, 12-12-17-2Mg and liquid humus). The rates of N, P, K were 150, 20 and 250 kg ha⁻¹ when applied as solid fertilizers. The rates of TSA or TSK applied were 150 l ha⁻¹ using the irrigation system. Results indicated that TSK produced 10 days of earlier flowering, higher stem perimeter (58 cm), the best N concentration in leaf (2.8%), adequate levels of K concentration in leaf (3.1%), and higher fruits/hand (26), hands/bunch (12), bunch weight (41 kg), and yields (86 t ha⁻¹) than the farmer's treatment. Efficiency parameters measured indicated that TSK produced 163 kg of fruits / kg of fertilizer applied and 56 Bs / Bs of fertilizer applied compared to 98 kg fruit/kg fertilizer applied and 31 Bs / Bs of fertilizer applied obtained with the farmer's treatment (PROD).

Key Words: Banana; *Musa paradisiaca* L.; fertirrigation; ammonium thiosulphate; potassium thiosulphate; Aragua; Venezuela.

¹ Trabajo financiado por PEQUIVEN.

* Profesores. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Instituto de Edafología. Maracay AP 4579, estado Aragua. Venezuela.

E-Mail: casanovaen@cantv.net, criver@cantv.net

RECIBIDO: marzo 03, 2006.

INTRODUCCIÓN

Venezuela para comercializar y exportar el petróleo pesado que se producirá en la faja petrolífera del Orinoco requiere transformarlo en petróleo liviano. En este proceso de transformación se producirá en el corto y mediano plazo, el subproducto líquido tiosulfato de amonio (TSA), el cual es usado ampliamente en Estados Unidos y México como fertilizante líquido, a través de la fertirrigación. Adicionalmente, se puede producir TSA con el uso de TSA como materia prima, a través de una tecnología sugerida por INTEVEP.

En ese sentido, se han iniciado en el país una serie de evaluaciones en cultivos (caña de azúcar, uvas, mango, bananos) que se riegan con sistemas de presión como el riego por goteo y el microjet, a los fines de generar la tecnología de uso de esos fertilizantes una vez que entren el mercado nacional y así evitar que estos representen un pasivo ambiental para el país. Por otro lado, Ramírez *et al.* (1992) y Sequera (2001) han demostrado el potencial solubilizador del TSA de fuentes de fertilizantes de baja solubilidad (rocas fosfóricas) en suelos de mediana a baja disponibilidad de P y con valores de pH próximos a la neutralidad.

En el año 2005 (datos de la Gerencia de Mercadeo PEQUIVEN – Servifertil) se consumieron en Venezuela 760,000 t de fertilizantes vendidos por PEQUIVEN, más 160,000 t vendidas por otras empresas, para un total de 920,000 t, las cuales fueron usadas en una superficie aproximada de 1,100,000 ha de cultivos anuales (maíz, arroz, sorgo, hortalizas, caraota, frijol, soya, ajonjolí, maní, girasol, algodón y raíces y tubérculos) y 6,100,000 ha de cultivos permanentes (caña de azúcar, café, cacao, tabaco, frutales, palma aceitera, plátano, yuca, pastos y especies forestales).

Casanova y Castillo (2002) señalaron que en el caso de los cultivos anuales, el arroz, las hortalizas, las raíces y tubérculos y casi todos los cultivos permanentes cuentan con una infraestructura de riego, bien porque se siembran en la época seca o porque requieren riego complementario.

Por otro lado, casi todo el fertilizante consumido en Venezuela es aplicado en forma sólida al suelo y son pocos los productores que usan el fertilizante en el agua de riego (fertirrigación) y que se puede manejar en los

diversos sistemas de riego existentes en el país: aspersión, pivote central, goteo, microjets y microaspersores (Ludwick, 1997).

También se ha señalado las ventajas que tiene la fertirrigación (Casanova y Castillo, 2002) las cuales se resumirían en:

1. Soluciones fáciles de aplicar y manejar.
2. Aplicaciones más uniformes y precisas.
3. Compatibles en su aplicación con otros insumos agrícolas.
4. Almacenamiento de bajo costo.
5. Menor costo de producción.
6. Sin problemas de higroscopicidad y endurecimiento.
7. Fácil manejo y aplicación en el campo.
8. Alta solubilidad en agua y no bloquea las boquillas de irrigación.
9. Se reducen las pérdidas de nutrimentos.
10. Reducción del impacto ambiental.
11. Minimiza los trabajos de labranza.

Todas las ventajas mencionadas resultan en mejores cosechas, menores costos y mayor rentabilidad para los productores.

En sus trabajos, Casanova y Castillo (2002) indicaron que en Venezuela existen 68,770 ha bajo riego a presión (Cuadro 1) y en parte de ellas se usa la fertirrigación, especialmente en la caña de azúcar, bananos y uvas bajo el sistema de riego por goteo y microjet.

CUADRO 1. Superficie (ha) bajo riego a presión en Venezuela (Fuente: Casanova y Castillo, 2002).

Zona	Microaspersión	Goteo	Aspersión normal	Total
Occidental	12 150	17 800	22 300	52 250
Central	4 000	5 700	1 500	11 200
Oriental	700	2 200	2 420	5 320
Total	16 850	25 700	26 220	68 770

Por otro lado, en Venezuela se sembraron 52,908 ha de bananos en el año 1988 con una productividad de 20,785 kg ha⁻¹ y estos valores han disminuido para el año 2005 a 34,000 ha y 15,294 kg ha⁻¹ (FAO, 2006; Figura 1), de las cuales 3,000 ha están ubicadas en el estado Aragua, cuya producción es consumida en el país o exportada. Hay además 75,000 ha de plátanos que conjuntamente con la superficie de bananos representan aproximadamente el 7% de la superficie total sembrada en América Latina.

El consumo de bananos y plátanos es de aproximadamente 23 y 50 kg/persona/año, respectivamente, indicador que coloca a Venezuela como el cuarto país en consumo después de Ecuador, Bolivia y Saint Lucía (INIBAP, 2006).

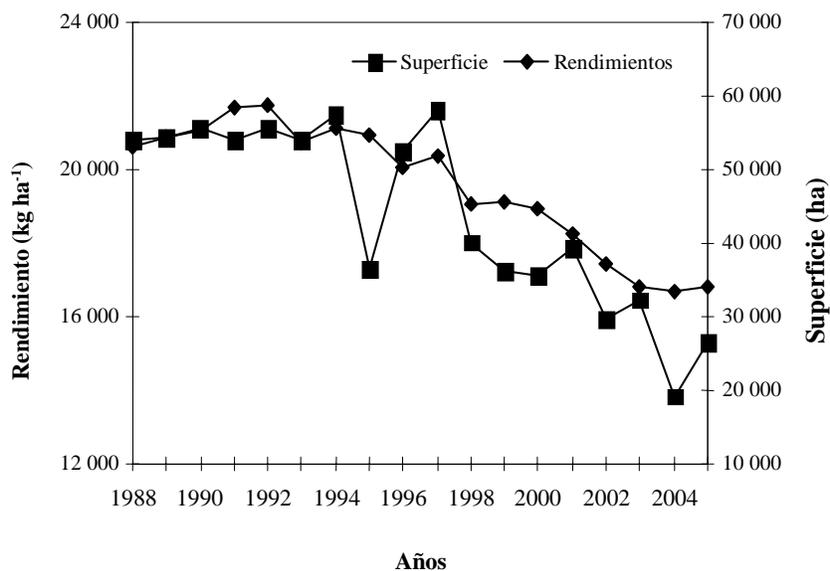


FIGURA 1. Productividad y superficie sembrada de bananos en Venezuela desde 1988 hasta el 2005 (Fuente: FAO, 2006).

La productividad de las bananeras depende de varios factores de suelo, de la planta, del ambiente y el nivel de manejo del productor. Los análisis de suelo y planta son las herramientas más usadas para definir las dosis de fertilizante a aplicar en un área sembrada con bananeras (Martínez *et al.*, 1997; Haddad, 1994) lo cual se realiza por aplicación fraccionada del fertilizante en varios estados de crecimiento del cultivo (Martin-Prevel, 1978,1987; Turner y Barkus, 1981).

Además las bananeras requieren de una adecuada humedad en el suelo, por lo que es necesario, en buena parte del año, usar riego generalmente por surco o a presión por microjet representando éste último la ventaja de poder aplicar los fertilizantes por ese medio.

En México, Pérez (2002) evaluó el TSA y el tiosulfato de potasio (TSK) como mejoradores de suelos calcimórficos en el cultivo del Limón y encontró un aumento en los rendimientos de 41% y 34%, respectivamente, en comparación al testigo. Este autor también encontró incrementos en la altura del árbol, diámetro del tronco, calidad de la fruta, número de frutos producidos, eficiencia de producción del árbol y mayor relación beneficio/costo.

En los Estados Unidos, además de la información señalada por Ludwick, (1997); Goos y Jhonson (2001) realizaron experiencias en suelos alcalinos de Dakota del Norte en Trigo para ver si el P aprovechable proveniente de polifosfato de amonio líquido podría ser mejorado cuando ese producto era mezclado con fertilizantes líquidos a base de azufre con diferentes potenciales de acidificación, entre los cuales estaban el TSA y TSK. Los autores encontraron que la absorción de P por el trigo en su estado de crecimiento de 4-5 hojas fue aumentado cuando las fuentes azufradas se mezclaron con el polifosfato de amonio.

También mencionan que el TSA puede desacelerar la acción de la ureasa que es una enzima que se encuentra en el suelo y convierte la urea y agua en amonio y CO₂, de manera que si la urea se aplica muy superficialmente, ésta se hidroliza demasiado rápido y parte del amonio producido se puede perder hacia la atmósfera.

Adicionalmente, Espinosa y Mite (2002) en su trabajo sobre el estado actual y futuro de la fertilización del banano mencionan que Ecuador, Costa Rica y Colombia representan el 11% del mercado mundial de

bananos y que los aumentos en productividad se pueden conseguir aplicando los fertilizantes a través del sistema de riego con productos como TSA y TSK ya comercializados en México y Estados Unidos, con las ventajas que estos tienen y enumeradas por Ludwick (1997).

Los objetivos de este trabajo son evaluar la respuesta del banano en rendimientos y estatus nutricional mineral a la aplicación de los fertilizantes líquidos TSA y TSK en el estado Aragua, Venezuela.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en una finca de Santa Cruz, del estado Aragua para evaluar el efecto de los fertilizantes líquidos TSA (0-0-25-17S) y TSK en la nutrición mineral y rendimientos de bananos (variedad Giant Cavendish (*Musa sp. (L.) AAA*) bajo el sistema de riego microjet, durante dos años consecutivos.

El área experimental fue de 1,7 ha en un diseño de bloques al azar con 6 repeticiones y 4 tratamientos en una población equivalente a 2,100 plantas ha⁻¹.

El suelo presentó antes del experimento altos niveles de de fósforo aprovechable (76 mg kg⁻¹), altos de potasio aprovechable (139 mg kg⁻¹), sin embargo, en la zona se realiza fertilización con N, P, K y microelementos debido a las altas exigencias del cultivo por esos nutrimentos; pH 7;5; 2,13%, contenido de materia orgánica, de textura franca y sin problemas de salinidad (Cuadro 2).

Los tratamientos aplicados fueron Sulfato de Amonio granulado (SA, 21-0-0-24S), TSA (12-0-0-26S), TSK (0-0-25-17S) y el manejo tradicional del productor (PROD) el cual consiste en aplicar 250 kg urea ha⁻¹ a los 5 meses después del trasplante, 420 kg ha⁻¹ de 12-12-17/2 a los 3 meses después del trasplante y 10 l ha⁻¹ de humus líquido fraccionado a los 3 meses después del trasplante y a la floración. Los tratamientos con SA, TSA y TSK fueron aplicados en el momento del trasplante y a los dos y cuatro meses después del trasplante y se realizaron aplicaciones básicas de fósforo (fosfato diamónico) y potasio (cloruro de potasio) cuando TSK no se aplicó o urea cuando TSA no se aplicó.

CUADRO 2. Caracterización inicial del suelo de la finca bananera de Santa Cruz, estado Aragua, donde se realizó el experimento.

Variable	Valor
P Aprovechable mg kg ⁻¹	76
K aprovechable mg kg ⁻¹	139
Materia Orgánica (%)	2,13
pH relación 1 suelo: 2 agua	7,49
Textura	Franco
Conductividad Eléctrica s/m	0,35

Las dosis de N, P y K fueron 150, 20 y 250 kg ha⁻¹ cuando se aplicaron como fertilizantes sólidos, fraccionando las dosis de N y K al transplante, a los 2 y 4 meses mientras que el P se aplicó todo al transplante. Las dosis de TSA y TSK fueron de 150 l ha⁻¹ aplicados a través del sistema de riego (sin fraccionar) al transplante, a los 2 y 4 meses, equivalentes a 54 kg N ha⁻¹ y 117 kg S ha⁻¹ para el TSA y 112 kg K ha⁻¹ y 77 kg S ha⁻¹ para el TSK. Se marcaron 10 plantas de cada tratamiento en cada repetición y en ellas se determinaron las variables a la floración y a la cosecha.

Las variables medidas fueron: en plena floración (considerada cuando el 75% de las plantas de cada tratamiento están en floración): perímetro del tallo medido a 1,2 m de altura medido desde el suelo, análisis foliar (N, P, K, S) usando la metodología para la toma de muestra descrita por INPOFOS (2003) obteniendo secciones de la lámina foliar de la hoja 3 y comparando los valores con los niveles críticos observados por INPOFOS (2003), la precocidad a la floración se midió basados en el número de días en que la plantación de un tratamiento llega más temprano a la floración en comparación al resto de los tratamientos. A la cosecha se midieron las siguientes variables: peso de racimos, manos por racimo, bananos por mano, rendimientos/ha, eficiencia agronómica (kg de fruto kg⁻¹ de fertilizante aplicado) y eficiencia económica (B^s de ingreso por venta del producto / Bs invertidos en fertilizante).

Los datos fueron analizados estadísticamente usando análisis de varianza y la prueba de medias del rango múltiple de Duncan. Las metodologías seguidas para el análisis de rutina de suelos fueron: para P aprovechable con extracción con solución Bray I y determinación colorimétrica con vanadato-molibdato, K aprovechable con extracción con solución Bray I y determinación por absorción atómica, materia orgánica con el método de combustión húmeda de Walkley y Black, pH por el método potenciométrico con electrodo de vidrio en suspensión suelo:agua de 1:2,5, conductividad eléctrica por el método conductimétrico y el análisis de tamaño de partículas por el método de Bouyoucos, citados en el Manual de Métodos y Procedimientos de Referencia de Gilabert *et al.* (1990).

En el caso de las concentraciones de elementos nutritivos en tejido foliar las muestras se secaron en estufa a temperatura promedio de 70 °C durante 48 h, se molieron y tamizaron a 40 mallas, realizándose una digestión con ácido sulfúrico y peróxido de hidrógeno determinándose la concentración de P por colorimetría con vanadato-molibdato, K por absorción atómica, N por el método de micro-kjeldahl y estimación por destilación y titulación. En el caso del S se realizó una digestión nítrico-perclórica y se determinó por absorción atómica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parámetros medidos al momento de la floración

Perímetro del Tallo

Hubo diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los valores promedios de dos años de evaluación en cuanto al perímetro del tallo del banano, debido a los tratamientos aplicados. No hubo diferencias significativas entre los tratamientos SA (75 cm) y TSK (58 cm), sin embargo, estos fueron superiores a los tratamientos con TSA (55 cm) y el del productor (53 cm; Figura 2).

Precocidad a la Floración

La Figura 3 muestra que el tratamiento de TSK tiene una precocidad de 10 días en comparación al tratamiento del productor. Esto es importante ya que estas plantas llegarán a producción más temprano y pueden aprovechar precios más ventajosos para el productor.

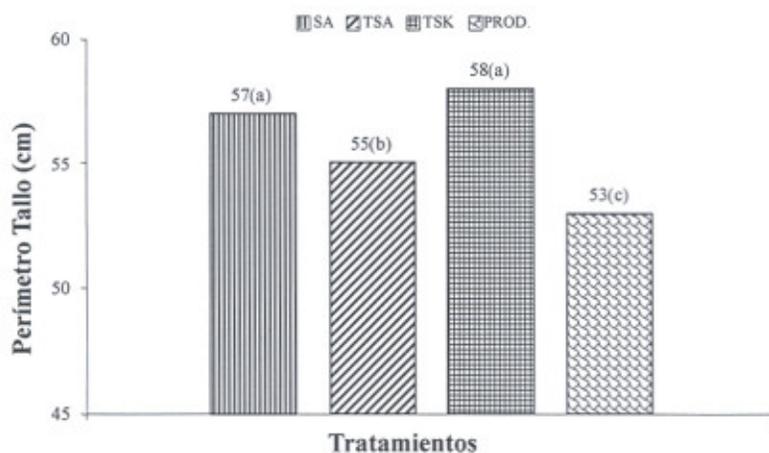


FIGURA 2. Efecto de los tratamientos sobre el perímetro del tallo de banano. Valores promedio de dos años de observación (Columnas con letras diferentes en esta y siguientes Figuras son estadísticamente diferentes al 5% de probabilidad).

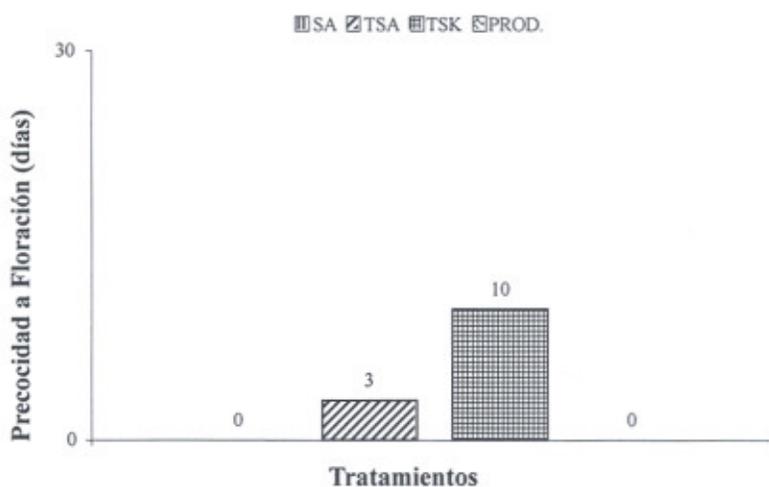


FIGURA 3. Efecto de los tratamientos sobre la precocidad a la floración de banano. Valores promedio de dos años de observación.

Análisis Foliar

En la Figura 4 se observa que a excepción del tratamiento del productor (PROD), la concentración de N foliar estuvo por encima de los niveles críticos establecidos para banano. No hubo diferencias significativas en la concentración de N foliar entre los tratamientos TSK, TSA y SA. Valores menores a 2,2 % de N en tejido foliar causa limitaciones en la nutrición del banano y afecta su rendimiento.

Concentración de Fósforo

Dado que los niveles de P disponible en el suelo 76 mg kg^{-1} eran altos, la concentración de P tejido estuvieron por arriba de los niveles críticos (Figura 4) para todos los tratamientos. Se observan además diferencias significativas entre el tratamiento con TSA y el resto de los tratamientos. Aunque en esta investigación no se midió las características del suelo al finalizar los dos años de experimentación, se ha señalado que el TSA posee S en forma de sulfato, el cual está inmediatamente disponible para la planta y en forma de S elemental de lenta disponibilidad pero que puede actuar como mejorador al acidificar el suelo (se producen 4H^+ por cada mol de TSA) y disminuir el pH (valor de 7,4 al iniciar el experimento, Cuadro 2) lo cual puede haber tenido influencia sobre una mejor aprovechabilidad del P natural del suelo y del aplicado en forma de fertilizante sólido.

Concentración de Potasio

A excepción del tratamiento con SA, la concentración de K en tejido foliar de K estuvo por encima del nivel crítico establecido para banano (Figura 5). Se puede observar que los mayores valores en concentración de K lo presentó el tratamiento TSK seguido por una respuesta similar entre los tratamientos TSA y PROD. Es posible que la aplicación líquida del TSK haya tenido una mayor eficiencia de distribución en el suelo y por consiguiente las raíces del banano pudieron tener un mayor volumen de absorción de este elemento nutritivo en comparación con los fertilizantes sólidos aplicados en los tratamientos de TSA y PROD que requieren reaccionar con la humedad del suelo para pasar a la solución del suelo y luego hacer disponible el K para las plantas.

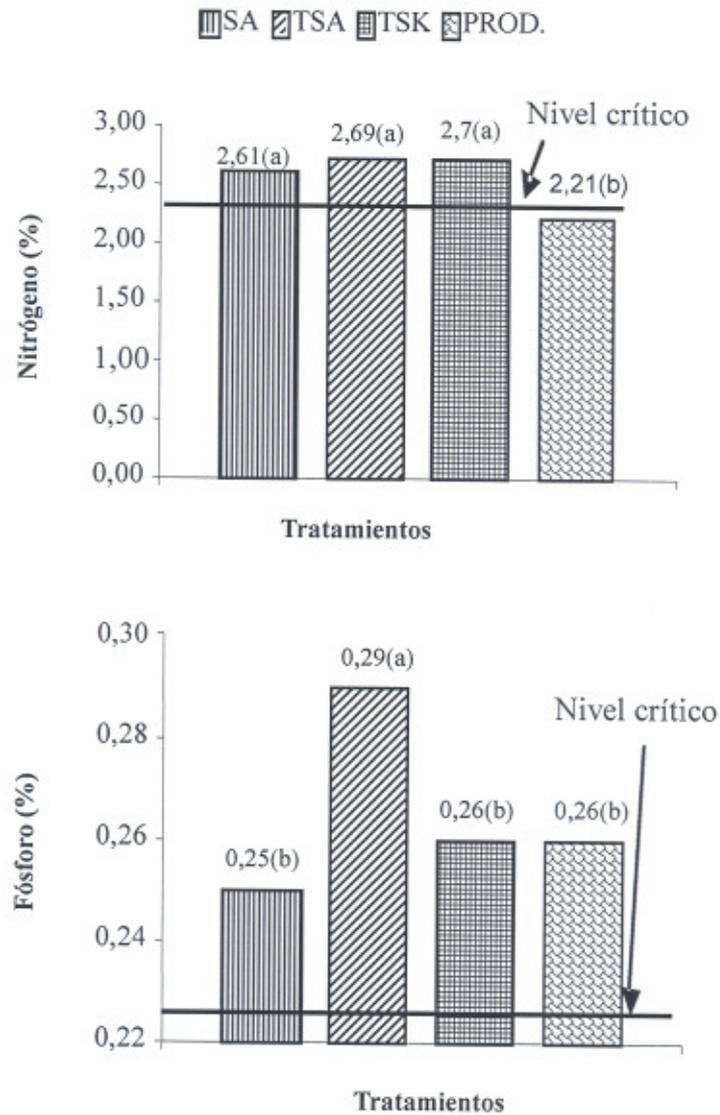


FIGURA 4. Efecto de los tratamientos sobre la concentración de nitrógeno y fósforo foliar de banano. Valores promedio de dos años de observación.

Concentración de azufre

La concentración foliar de S fue significativamente mayor en los tratamientos aplicados por fertirrigación (TSA y TSK) y por arriba del nivel crítico (Figura 5) que el aplicado en forma granulada y sólida en los tratamientos SA y PROD, los cuales presentaron valores por debajo del nivel crítico. Esto refleja una mejor eficiencia de absorción de este elemento nutritivo cuando es aplicado en forma líquida que en forma sólida.

Parámetros medidos a la cosecha

Los mayores pesos de racimo se obtuvieron con el tratamiento TSK (40,7 kg) tal como se observa en la Figura 6 los cuales fueron significativamente superiores a los valores obtenidos con los tratamientos TSA (35,3 kg) y SA (35,3 kg) con valores significativamente similares y finalmente el tratamiento del productor con los menores pesos de racimo (31,5 kg).

Número de manos por Racimo

Para esta variable los tratamientos TSK (11,3), TSA (10,3) y SA (10,0) fueron significativamente superiores (Figura 7) al tratamiento del PROD. (7,7), el cual presentó los menores valores de esta variable con sólo el 68 % del número de manos obtenida con el tratamiento TSK.

Número de bananos por mano

Una respuesta similar a la encontrada en la variable número de manos por racimo se encontró en la variable número de bananos por mano ya que los tres tratamientos TSK (25,7), TSA (24,2) y SA (24,2) fueron estadísticamente iguales (Figura 8) y diferentes del tratamiento PROD (19,5) el cual presentó los menores valores.

Rendimientos por hectárea

Los mayores rendimientos significativos por hectárea se dieron en el tratamiento TSK (85 t ha⁻¹) seguido por valores estadísticamente similares de los tratamientos TSA (74 t ha⁻¹) y SA (74 t ha⁻¹) y finalmente los menores rendimiento con el tratamiento del PROD (67 t ha⁻¹), que produjo 33% menos que el TSK (Figura 9). Es importante destacar dos aspectos en estos resultados: los rendimientos obtenidos están muy por arriba del promedio nacional para el año 2005 reflejado en la Figura 1 (15,3 t ha⁻¹)

y superiores al promedio de los productores de Santa Cruz de Aragua (45 t ha^{-1}) y que a pesar de que el suelo tiene inicialmente altos y medios contenidos de P y K respectivamente, (Cuadro 1) hubo respuesta del cultivo a los diferentes tratamientos siendo más eficiente la absorción con la fertirrigación y teniendo esto los efectos mostrados en los rendimientos.

La Eficiencia Agronómica y Económica

Eficiencia Agronómica

Esta variable se determinó dividiendo los kg de fruto producido entre los kg de fertilizante aplicado y el tratamiento TSK presentó la mayor eficiencia agronómica ($163 \text{ kg fruto/kg fertilizante}$, Figura 10) seguida por el tratamiento TSA (106), PROD (98) y SA (88). Esta variable es una consecuencia del mayor rendimiento producido por el tratamiento TSK.

Eficiencia Económica

Esta variable se calcula dividiendo los bolívares recibidos por la venta del producto entre los bolívares invertidos en el costo del fertilizante. El tratamiento TSK produjo una eficiencia económica de 56 significativamente mayor que los tratamientos TSA (41) y SA (40) y estos a su vez significativamente mayor que el tratamiento PROD (31), tal como se observa en la Figura 11. De esta manera el productor con su manejo tradicional de la fertilización de bananos deja de ganar 25 bolívares por bolívar invertido en fertilizante en comparación con el tratamiento TSK.

Todos los resultados y tecnología presentadas en este trabajo fueron transferidos a los productores de banano que siembran más de 3,000 ha, en todo el estado Aragua. Las mejores respuestas del banano al tratamiento TSK también demostraron las ventajas de la fertirrigación mencionadas en este trabajo. La función del K en las plantas de banana tales como frutos más pesados, mayor retención de humedad, translocación de carbohidratos dentro de la planta, mejor metabolismo y transpiración debido a la regulación de la apertura y cerrado de los estomas, son algunas de las razones de la mejor respuesta del tratamiento con TSK. Así mismo, las funciones del azufre en las plantas de bananos tales como la velocidad de formación de las hojas, tamaño de los frutos, formación de aminoácidos y proteínas, también están a favor de la mejor respuesta al TSK.

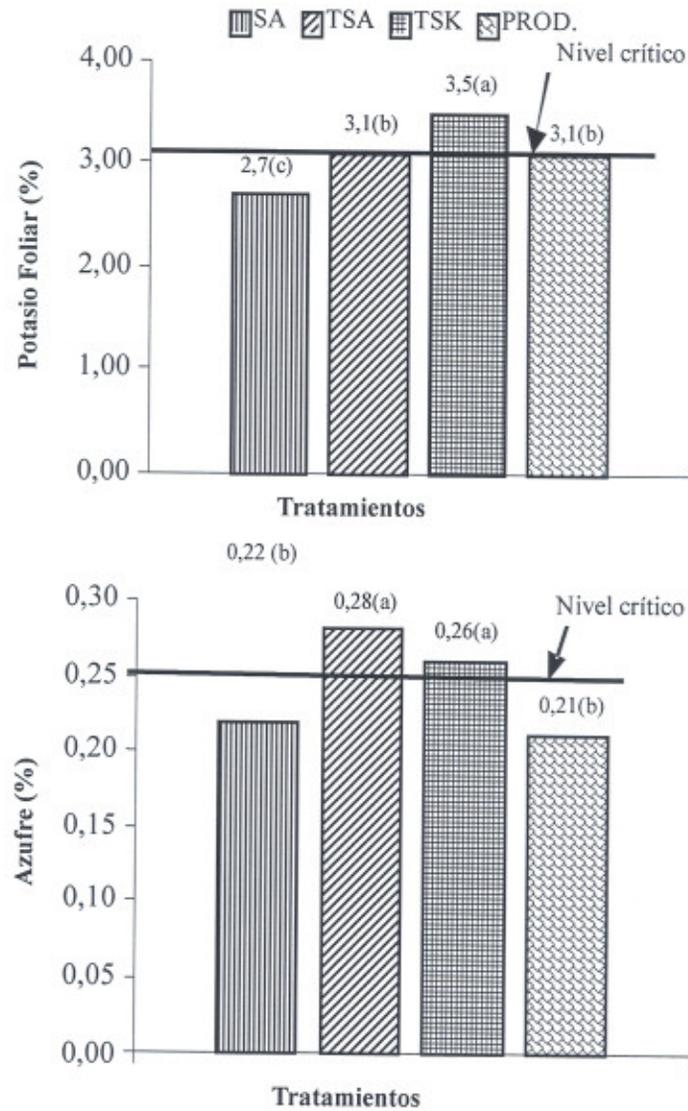


FIGURA 5. Efecto de los tratamientos sobre la concentración de potasio y azufre foliar en banano. Valores promedio de dos años de observación.

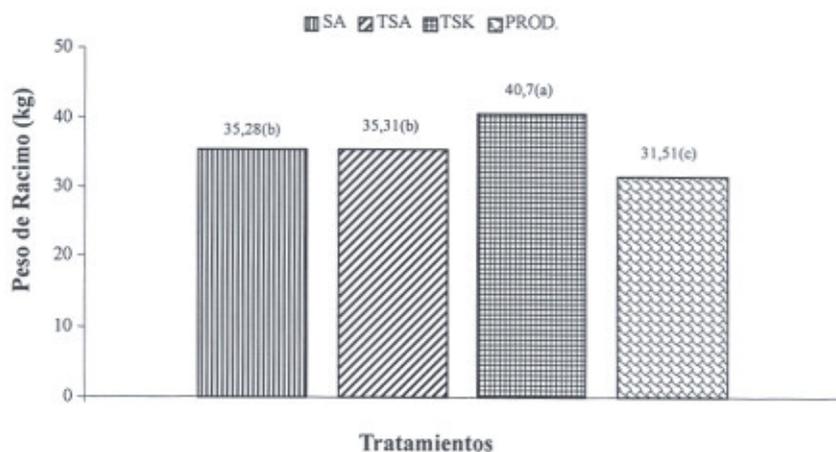


FIGURA 6. Efecto de los tratamientos sobre el peso de racimo de banano. Valores promedio de dos años de observación.

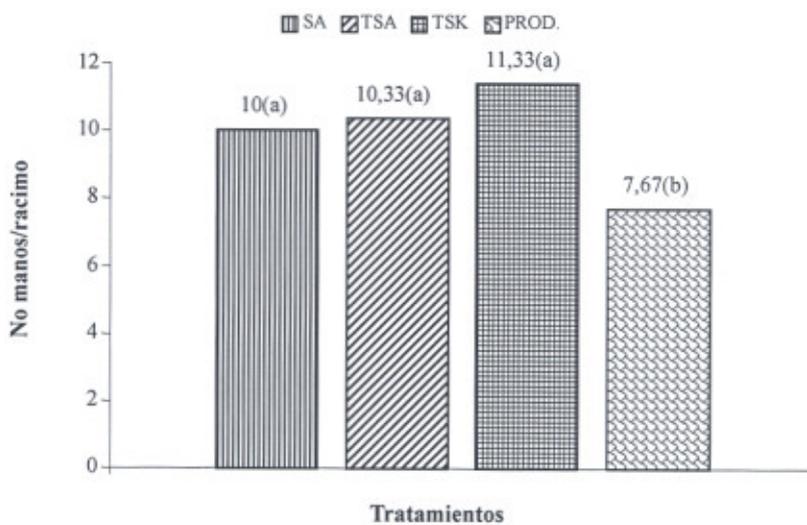


FIGURA 7. Efecto de los tratamientos sobre el número de manos por racimo de banano. Valores promedio de dos años de observación.

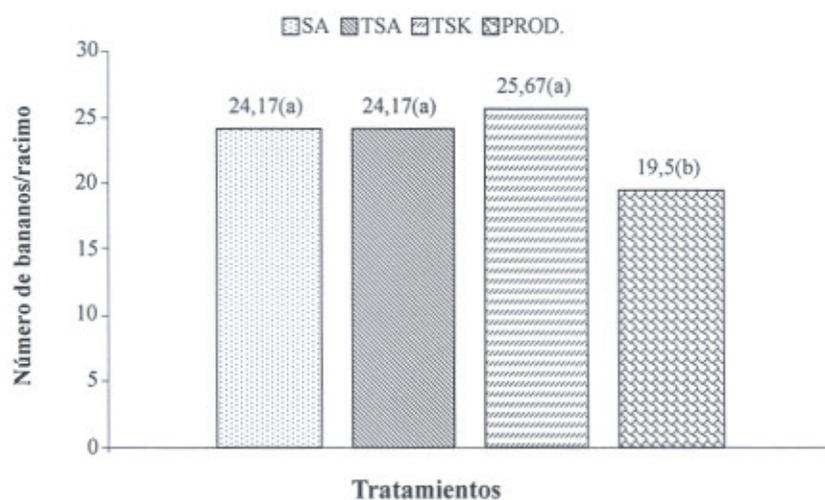


FIGURA 8. Efecto de los tratamientos sobre el número de bananos por mano. Valores promedio de dos años de observación.

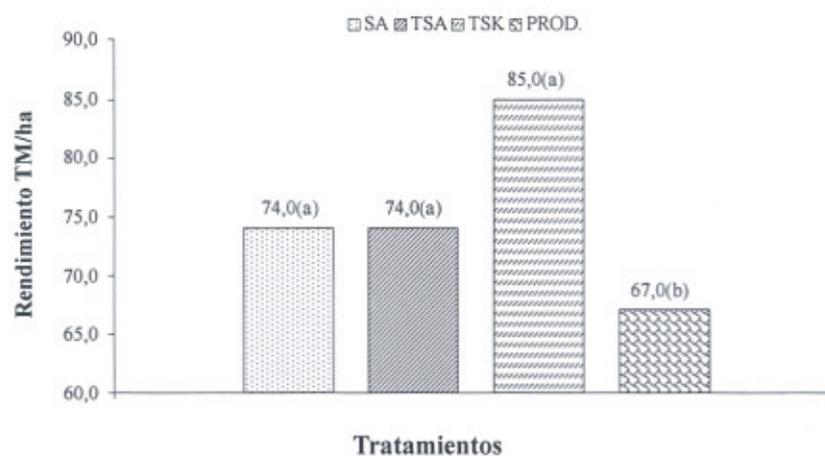


FIGURA 9. Efecto de los tratamientos sobre los rendimientos de banano. Valores promedio de dos años de observación.

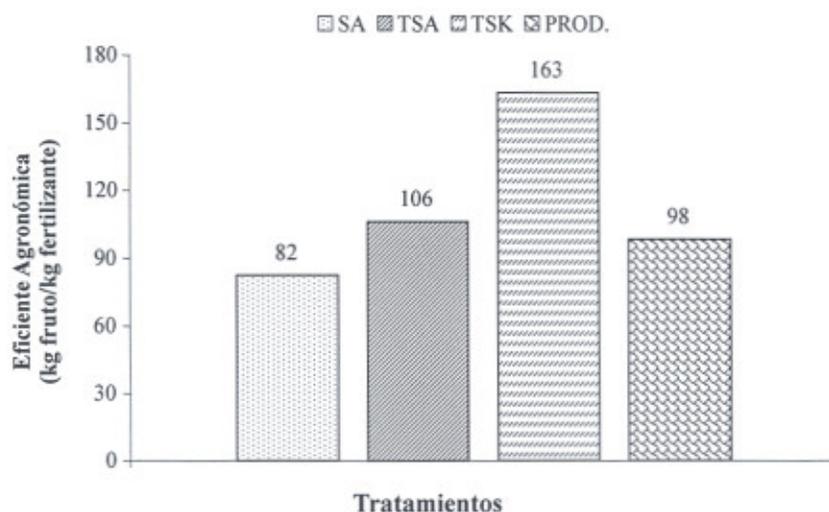


FIGURA 10. Eficiencia agronómica de los tratamientos expresada en kg de fruto por kg de fertilizante aplicado. Valores promedio de dos años de observación.

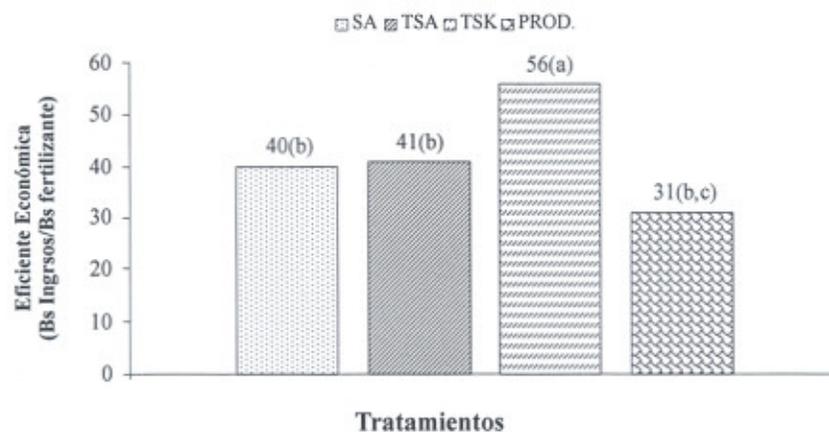


FIGURA 11. Eficiencia económica de los tratamientos expresada en bolívares de ingreso por bolívar invertido en fertilizante. Valores promedio de dos años de observación.

Adicionalmente, la superficie bajo riego en Venezuela señalada en el Cuadro 1 de 68,000 ha es relativamente pequeña para la disponibilidad de TSA y TSK que habrá en Venezuela cuando se explote la faja de petróleo pesado de la Cuenca del Orinoco, por lo que hay que pensar en la exportación a países como Colombia, Costa Rica y Ecuador con alta producción de bananos bajo riego.

AGRADECIMIENTO

Los autores de este trabajo quieren expresar su agradecimiento a PEQUIVEN por el suministro de los fertilizantes líquidos TSA y TSK.

BIBLIOGRAFÍA

CASANOVA, E. y J. R. CASTILLO. 2002. Potencial petroquímico para la producción de fertilizantes de uso en sistemas de riego. *Visión Tecnológica* 9(2):151-158.

ESPINOSA, J. y F. MITE. 2002. Estado actual y futuro de la nutrición y fertilización del banano. **In:** Memoria de la XV Reunión de ACORBAT, Cartagena de Indias, Asociación de Bananeros de Colombia, 11p.

FAO. 2006. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Base de datos estadística integrada on-line. <http://faostat.fao.org>.

GILABERT de BRITO, J., I. LÓPEZ y R. PÉREZ. 1990. Manual de métodos y procedimientos de referencia, MAC-FONAIAP-CENIAP, 39 pp. (Serie D, N° 26).

GOOS R., J. A. and B. E. JOHNSON. 2001. Response of spring wheat to phosphorus and sulphur starter fertilizers of differing acidification potential. *The Journal of Agricultural Science, Cambridge University Press, Department of Soil Science, North Dakota State University, Fargo, ND, USA.* 136:283-289.

HADDAD, O. 1994. Nutrición y predicción en cultivos intensivos de bananos en los Valles de Aragua. *Apuntes Técnicos Palmaven, Caracas, Venezuela.* 61p.

INIBAP. 2006. International Network for the Improvement of Banana and Plantain. www.inibap.org

INPOFOS. 2003. Manual de Nutrición y Fertilización del Banano. Instituto Nacional del Potasio y el Fósforo, Quito, Ecuador. 64 p.

LUDWICK, A. 1997. El manejo de los fertilizantes a través de los sistemas de riego (fertigación). Revista Informaciones Agronómicas, INPOFOS, No. 27: 5-9.

MARTINEZ, E., A. SÁNCHEZ, C. COLMENARES y E. CASANOVA. 1997. Respuesta del Banano cv. Giant Cavendish (*Musa* sp. (L.) AAA) a la Fertilización con Nitrógeno, Fósforo y Potasio en un Suelo Typic Ustropepts del Sureste del Lago de Maracaibo. Rev. Fac. Agronon. (LUZ) 14:181-190.

MARTIN-PREVEL, P. 1978. Effects of magnesium and potassium nutrition on phosphorus uptake and redistribution in a cultivated plant *Musa* sp. **In:** Plant Nutrition. Proceedings of the 8th Colloq. Plant Anal. And Fertil. Problems. Auckland. pp. 329-338.

MARTÍN-PREVEL, P. 1987. Banana. **In:** Plant análisis as a guide to the nutrient requirements of temperate and tropical crops. Lavoisier Public. New York, USA. pp. 637-670.

PÉREZ, O. 2002. Evaluación de mejoradores del suelo en Limón Mexicano. TERRA Latinoamericana, Universidad Autónoma de Chapingo, México. 20 (3):337-346.

RAMÍREZ, R., M. MONTILLA y J. ZAMORA. 1992. Roca fosfórica tratada con tiosulfato de amonio como fuente de fósforo y azufre disponibles para la planta. XXV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. México.

SEQUERA, O. 2001. Liberación de fósforo de la roca fosfórica tratada con tiosulfato de amonio y su disponibilidad en el suelo. Tesis de Maestría, Postgrado en Agronomía, Comisión de Estudios de Postgrado. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 77 pp.

TURNER, D. and B. BARKUS. 1981. Nutrient concentrations in a range of bananas varieties grown in the subtropics. *Fruits* 36:217-222.