

Fertilización de banano (*Musa paradisiaca* L.) en Formosa, Argentina: Rendimientos y resultados económicos

Esteban Baridón^{1*}, Ricardo Vailatti², Alicia Rachoski², y José Villarreal²

- En Formosa, Argentina, la producción de banana es de importancia económica y social.
- El uso de fertilizantes es generalmente esporádico y empírico, siendo que la aplicación de dosis ajustadas a las necesidades del cultivo y provisión del suelo permitiría avanzar hacia una producción sustentable.
- El análisis de suelo permite estimar la dosis de fertilización para obtener buenos resultados en cuanto a tamaño de cachos, índice de conversión fruta/cajón y rentabilidad con menor inversión.

Introducción

La producción de banana en el noreste de la provincia de Formosa, Argentina, es de importancia económica y social para la región. Sus características de economía regional y minifundista hacen indispensable optimizar este sistema productivo. El banano (*Musa paradisiaca*) es una especie capaz de adaptarse a distintas condiciones de clima y suelo, sin embargo, ante déficits o desbalances nutricionales se ve afectado su crecimiento, desarrollo y rendimiento, lo que se traduce en una pérdida de calidad comercial de la fruta (Colque et al., 2013). Factores ambientales como temperatura, humedad y fotoperiodo deben estar acompañados por una nutrición balanceada (Colque et al., *op. cit.*), recíprocamente la fertilización debe atender a las condiciones ambientales. Así por ejemplo Orozco Romero y Pérez Zamora (2006) demostraron la correlación existente entre la fertilización nitrogenada, la tensión de humedad del suelo y el rendimiento del cultivo de banana.

La nutrición mineral y fertilización de banano ha sido sujeto de una investigación amplia y efectiva (Espinosa y Mite, 2002). La misma en América Latina se ha centrado principalmente en zonas tropicales de Costa Rica, Ecuador, y Colombia, entre otras; con escasa información de regiones subtropicales como Argentina, Paraguay y Bolivia. En el trópico, desde hace más de 20 años, se han establecido niveles críticos tentativos de nutrientes en tejidos de plantas de banano (Lahav y Turner, 1992) y en suelos (López y Espinosa, 1995). Contrariamente, la mayoría de las fertilizaciones que se realizan en banana en Argentina son empíricas, o extrapolan recomendaciones de fertilización y prácticas de manejo de suelos y climas totalmente diferentes. Espinosa y Mite (*op. cit.*) señalan la necesidad de ajustar los parámetros de fertilización para banana a cada país y región, indicando que en el futuro debería avanzarse hacia el manejo específico por sitio.

Potasio (K), nitrógeno (N) y fósforo (P) son nutrientes esenciales para un cultivo de banano. Osundare et al. (2014) verificaron que aportes equilibrados de estos nutrientes en suelos pobres, se traducen en una rápida producción foliar y plantas vigorosas.

El N es uno de los principales nutrientes en el desarrollo vegetativo en banana (Torres et al., 2014). No obstante, la mayoría de los estudios que evalúan fertilización nitrogenada han obtenido resultados disímiles, debido a la interacción entre suelo, ambiente y variedad cultivada (Robinson y Galán, 2011). Así por ejemplo, trabajando con distintas variedades, suelos y situaciones climáticas López y Espinosa (1995) mencionan, para Costa Rica, dosis de hasta 400 kg ha⁻¹ de N, 580 kg ha⁻¹ de K y 44 kg ha⁻¹ de P. Colque et. al. (2005), en Cochabamba, Bolivia, obtuvieron respuestas favorables con 200 kg ha⁻¹ de N y 332 kg ha⁻¹ de K. En Laguna Nainck, zona subtropical norte de Formosa, Argentina, Scribano (2015) reportó rendimientos de 46 t ha⁻¹ con dosis de 200 kg ha⁻¹ de N y 300 kg ha⁻¹ de K.

En Formosa, la aplicación de fertilizantes resulta esporádica y generalmente empírica. El empleo de fertilizantes y la implementación de un programa de fertilización ajustado se traducirían en incrementos de rendimientos, y mejoras en la calidad comercial de la fruta, contribuyendo a garantizar una producción sustentable a mediano y largo plazo.

Los objetivos de este trabajo fueron:

- i) Determinar rendimientos y resultados económicos ante distintas dosis de fertilización.
- ii) Definir la mejor estrategia de fertilización para la situación del ensayo.
- iii) Aportar información para el ajuste de dosis de fertilización en la producción de banana de áreas subtropicales.

Materiales y métodos

Características del cultivo

Se trabajó sobre una plantación de *Musa spp.*, subgrupo Cavendish, de 5 años, con una densidad de 1850 plantas por hectárea y sistema de riego por goteo complementario. El lote, ubicado a los 24° 59' 02.6"S, 58° 51' 28.4"W,

¹ Centro de Validación de Tecnologías Agropecuarias (CEDEVA) Ibarreta. Laboratorio de Suelos, Aguas y Forrajes. Gobierno de la provincia de Formosa

² CEDEVA Misión Tacaaglé. Gobierno de la provincia de Formosa

* Autor de contacto. Correo electrónico: estebanbaridon@gmail.com

Tabla 1. Tratamientos aplicados en el cultivo de banana. Formosa, Argentina.

	T1 (Testigo)	T2		T3		T4	
	kg ha ⁻¹	g pl ⁻¹	kg ha ⁻¹	g p ⁻¹	kg ha ⁻¹	g pl ⁻¹	kg ha ⁻¹
Urea	0	150 (/3)	277.5	75 (/3)	138.75	170 (/3)	314.5
N	0	-	128	-	64	-	145
Fosfato diamónico	0	100	185	0	0	30	55.5
N	0	-	33	-	0	-	10
P	0	-	37	-	0	-	11.1
KCl	0	250 (/3)	462.5	50	92.5	83 (/3)	153.5
K	0	-	231.2	-	46.2	-	76.7

PDA: fosfato diamónico; (/3): repartido en tres aplicaciones. KCl: cloruro de potasio.

próximo a la localidad de Misión Tacaaglé, Formosa, se encuentra sobre un complejo de suelos integrado por Argiudoles, Udortentes y Natrudalfes, donde el suelo dominante pertenece al gran grupo Argiudol (Lanfranco et al., 2011).

Se analizaron los efectos de cuatro tratamientos: T1, testigo sin fertilización; T2, dosis con elevados aportes de NPK; T3, dosis ajustada en base a análisis de suelos; T4, dosis frecuente utilizada por los productores zonales. El detalle de los tratamientos se resume en la **Tabla 1**.

Cada repetic n comprendió a 20 plantas, ubicadas sobre un doble surco y distribuidas al azar sobre los integrantes del complejo de suelos, en un diseño unifactorial totalmente aleatorizado (DCA). Se realizaron tres repeticiones; 80 plantas por repetic n descontando las borduras y las cabeceras de los surcos. La primera dosis de fertilización se aplicó el 14/09/15, la segunda dosis el 20/10/15 y la tercera el 09/12/15. El fosfato diamónico (PDA) se incorpor  sólo en la primera dosis. La fertilización se realizó en forma manual, mediante pequeñas perforaciones alrededor de cada planta donde se depositó el fertilizante y posteriormente se cubrió con tierra

Ajuste de la dosis de fertilización en base a análisis de suelo (Tratamiento 3)

Cuando no existen resultados experimentales que permiten precisar dosis de fertilizantes, se proponen distintos métodos para estimar las dosis de fertilización, considerando la demanda, el estado nutricional del cultivo y el suministro de nutrientes que corresponde a un suelo en particular (Maldonado et al., 2008). Uno de estos métodos consiste en estimar la dosis de fertilizante en función de la demanda del cultivo, el suministro de nutrientes por parte del suelo y la eficiencia en la absorpci n que har  la planta del nutriente que se agregue (Rodríguez, 1993; Volke Haller et al., 1998; Maldonado et al., 2008). El modelo conceptual seguido para estimar la dosis de fertilización considerando los análisis de suelo se basó en este método y puede simplificarse según la **Ec. 1**:

$$DF = \frac{(DTc - SCs)}{Ef} \quad \text{Ec. 1}$$

donde, DF: "dosis de fertilización" a aplicar; DTc: "demanda teórica del cultivo", calculada a partir de requerimientos del cultivo para un rendimiento presunto; SCs: "suministro calculado del suelo", calculado a partir de análisis de suelos que evalúan formas asimilables del nutriente en cuestión, por ejemplo nitrato y/o formas disponibles a futuro, por ejemplo N total; y Ef: "eficiencia en la absorpci n del nutriente a agregar, por parte de la planta, factor estimado en función del nutriente, forma en que se aplica, situación climática, suelo, forma y desarrollo de las raíces del cultivo, entre otras (Rodríguez, 1993).

Demanda teórica del cultivo (DTc)

El tratamiento se diseño sobre una presunción de un rendimiento de 24 t ha⁻¹. Los requerimientos nutricionales adoptados fueron de 3 kg de N, 0.5 kg de P y 8.3 kg de K por tonelada de fruta producida (Bertsch, 2009). En la **Tabla 2** se presentan los requerimientos nutricionales para el rendimiento especificado.

Tabla 2. Demanda teórica de nutrientes por parte del cultivo de banana (DTc) según rendimiento esperado.

Rendimiento (teórico)	Requerimientos nutricionales, kg ha ⁻¹		
	N	P	K
24 t ha ⁻¹	72	12	199.2

Suministro calculado del suelo (SCs)

Se realizó el análisis de una muestra compuesta de suelo, conformada por 5 submuestras tomadas a 0-20 cm de profundidad. Sus resultados se presentan en la **Tabla 3**.

El suministro calculado del suelo se determinó según los siguientes supuestos:

- N: La totalidad del N-NO₃ se consideró suministro (sin pérdidas de ningún tipo). De la reserva de N,

Tabla 3. Resultados de análisis de suelo en el lote del ensayo (0-20 cm).

pH	CO ----- % -----	Nt	NO ₃ ⁻ ----- ppm -----	P	K intercambiable ----- meq/100 g -----
6.7	2.3	0.22	30	21	0.6

Densidad aparente = 1.2 g cm⁻³

constituida por el nitrógeno total (Nt), se asumió que 1.5% pasaría a N-NO₃.

- P: Se consideró al índice del P extractable, resultante del análisis (método de Olsen), como “disponible” para el cultivo.
- K: Se calculó el contenido en kg ha⁻¹, a partir de los datos del análisis del K intercambiable.

Evaluación del ensayo y tratamiento estadístico

Se analizaron las siguientes variables: número de plantas cosechadas y época de cosecha; peso del racimo (cacho), sin raquis foliar. Se realizó el empaque de la fruta cosechada a fin de determinar el rendimiento y calcular el índice de conversión (cajas obtenidas/racimos procesados). Se calculó el rendimiento por hectárea de cada tratamiento (kg ha⁻¹ y cajones ha⁻¹) y de su rendimiento económico. Este último a través del costo de producción de cada tratamiento y el beneficio neto (Combatt et al., 2004).

Las variables fueron analizadas mediante estadística descriptiva y análisis univariado. Se realizó el análisis de las varianzas (ANOVA) y la comparación de medias según test de Student.

Resultados y discusión

Rendimientos agronómicos

La cosecha se realizó a la madurez fisiológica de los racimos, determinada por el calibre del dedo medio de la última mano de fruta, de manera diferida en dos épocas del año. La primera en verano para T1, T2, T3 y en otoño para T4. La segunda se desarrolló durante el invierno,

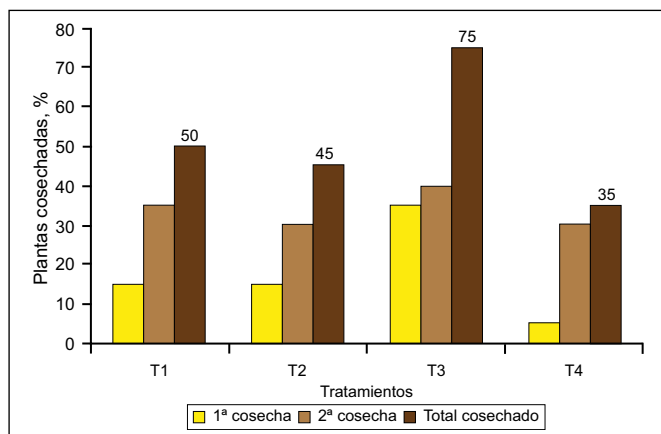


Figura 1. Porcentaje de plantas cosechadas del cultivo de banana bajo diferentes estrategias de fertilización. Formosa, Argentina.

desde Julio (T3) hasta Septiembre (T1 y T4) (Tabla 4). En todos los tratamientos la segunda cosecha (invierno) fue superior, en número de cachos, a la primera (Figura 1). El mayor porcentaje de plantas cosechadas, 75%, se obtuvo en T3 con una dosis de fertilización ajustada en base a análisis de suelos (Tabla 4).

El tiempo transcurrido entre las dos cosechas fue en todos los casos muy elevado, de 5 a 8 meses. La temperatura media en el ciclo y la incidencia de heladas serían los principales responsables de este comportamiento. Esto resulta concordante con lo planteado por Galán Saúco y Robinson (2013) sobre la incidencia de los factores climáticos en el desarrollo de la planta de banana y su correlación con los resultados de los ensayos de fertilización.

En la Figura 2 se presenta la comparación de T3 con el testigo T1. La dosis de fertilización ajustada en base a los análisis de suelos (T3) presentó el mayor peso medio por cacho (sin raquis floral), con un factor de conversión, cajones cacho⁻¹, igual a 1.14. Se observa también que T3 presenta mayores pesos mínimos, mayores pesos máximos y un menor desvío estándar de los valores con respecto a la media.

Las diferencias en los pesos medios de los cachos, entre los distintos tratamientos, resultaron estadísticamente significativas (Tabla 5). Los valores menores, sin diferencias entre ellos, se corresponden a los tratamientos T2 y T4, que representan a la dosis con elevados aportes de NPK y a la dosis que frecuentemente emplean los productores, respectivamente (Foto 1 y 2). El tratamiento testigo produjo cachos de mayor tamaño que los antes mencionados, lo cual podría asociarse a un desbalance nutricional (Foto 3). Espinosa y Mite (2002) señalan la existencia de sinergismos y antagonismos en plantas de banana, indicando a la relación K/Ca/Mg como una de las más estudiadas y sugiriendo su evaluación en análisis foliares. En los suelos Argiudoles de la zona de trabajo, bien provistos de Ca, Mg y K (Lanfranco et al.,

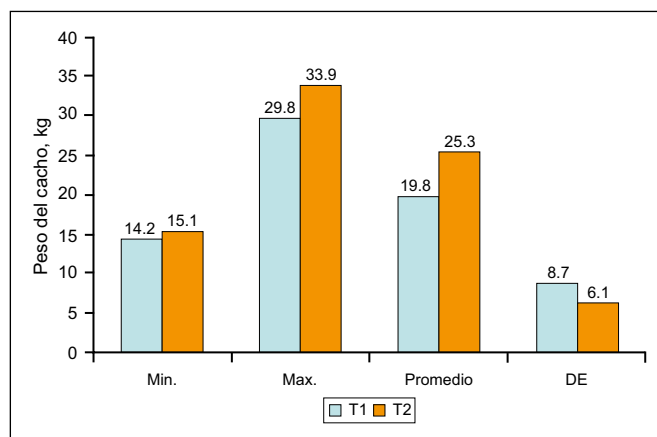


Figura 2. Comparación del tratamiento 3 (dosis de fertilización ajustada por análisis de suelo) y el Testigo sin fertilizar. Variable: peso del cacho sin raquis floral. DE: desvío estándar. Los promedios entre tratamientos difieren significativamente ($p \leq 0.05$), ver Tabla 5.

Tabla 4. Evolución de la cosecha del cultivo de banana bajo diferentes estrategias de fertilización. Formosa, Argentina.

	T1	T2	T3	T4
1ª cosecha	Enero-2016	Enero-2016	Enero-2016	Mayo-2016
Nº cachos	3	3	7	1
% de 1ª cosecha	15	15	35	5
2ª cosecha	Sep-2016	Ago-2016	Julio-2016	Sep-2016
Nº cachos	7	6	8	6
% de 2ª cosecha	35	30	40	30
Total cosecha	10	9	15	7
Plantas totales	20	20	20	20
% total de cosecha	50	45	75	35

Tabla 5. Resumen de rendimientos del cultivo de banana bajo diferentes estrategias de fertilización en Formosa, Argentina.

Parámetro	----- Tratamiento -----			
	T1	T2	T3	T4
Peso medio de cachos (kg) *	19.76 b	17.08 a	25.38 c	16.06 a
Conversión cacho cajón ^{-1**}	0.89	0.77	1.14	0.72
Cosecha efectiva (%)	50	45	75	35
Rendimiento estimado (kg ha ⁻¹)	18 278	14 219	35 215	10 399
Rendimiento estimado (cajones ha ⁻¹)	812	632	1564	461

*Sin raquis floral. Letras distintas señalan diferencias significativas ($p \leq 0.05$)
** Cajón normal de 22.5 kg de banana aproximadamente



Foto 1. Racimos cosechados en tratamiento 2.

Foto 2. Racimos cosechados en tratamiento 4.



Foto 3. Racimo cosechado en tratamiento 1 (testigo).

Foto 4. Racimos cosechados en tratamiento 3.

Tabla 6. Costos de producción en los distintos tratamientos.

----- Productor -----									
Trat.	Cajones ha ⁻¹	Mano de obra (*) + insumos	Costo producción / 22.5 kg de fruta	Precio de fruta US \$ cajón ⁻¹ (**)	Ingreso bruto (US \$)	Beneficio (US \$)	Costos de empaque (***)	Mano de obra + insumos + empaque	Costo de producción / cajón
T1	812	19 313	23.78	30	24 360	5047	36 310	55 623	68.50
				45	36 540	17 227			
				60	48 720	29 407			
T2	632	29 539	46.73	30	18 960	-10 579	29 440	58 979	93.32
				45	28 440	-1099			
				60	37 920	8380			
T3	1564	22 948	14.67	30	46 920	23 971	65 306	88 254	56.42
				45	70 380	47 431			
				60	93 840	70 891			
T4	461	25 572	55.47	30	13 830	-11 742	22 782	48 354	104.89
				45	20 745	-4827			
				60	27 660	2087			

* La mano de obra según el jornal real que paga un productor de la zona, US \$ 190

** Precios de venta del presente año (variación en función de la época del año y demanda del momento)

*** Costos de empaque en base a los costos de la campaña 2016 en Ceibo 13. Departamento Pilagás, Formosa

2011), algunos niveles de fertilización potásica podrán estar produciendo un desbalance en la relación óptima para el cultivo. La fertilización ajustada considerando los análisis de suelos, T3, produjo un rendimiento que se diferencia estadísticamente de los restantes tratamientos lo cual se traduce en el mejor índice de conversión cacho/cajón del ensayo (**Foto 4**). La dosis de T3 fue muy inferior a las reportadas por López y Espinosa (1995) en suelos tropicales de Costa Rica; Torres et al. (2014) en Inceptisoles de Colombia y Colque et. al. (2005), en Cochabamba, Bolivia, entre otros. Esta dosis incluso es significativamente menor a la utilizada por Scribano (2015) quien, trabajando en la misma región, reportó rendimientos de 46 t ha⁻¹. En las condiciones controladas del presente se obtuvieron 1564 cajones de fruta por hectárea, superando a los rendimientos de productores zonales, con un menor uso de fertilizantes.

Resultados económicos

En la **Tabla 6** se detallan los costos por hectárea para un productor que no realiza el empaque de su fruta, en función de los distintos tratamientos de fertilización. Se presenta el costo de producción de la fruta para un cajón tipo de 22.5 Kg, el ingreso bruto en base distintos precios de venta y el beneficio. Posteriormente, se suman a la estructura de costos, los correspondientes al empaque de la fruta hasta llegar al costo por cajón de fruta en la finca.

En la **Tabla 6** se pueden observar marcadas diferencias entre los costos de producción por cajón de T1 y T3 con respecto a T2 y T4. Así también que, en función del precio de venta de la fruta, el productor puede, en T2 y T4, no llegar a cubrir los costos de producción, aun cuando no realice el empaque de la misma. Para el caso de un productor que si lo hace, se visualiza que el tratamiento de fertilización ajustado en base a análisis de suelos, T3, se corresponde con el menor costo de producción por cajón, US \$ 54.43, seguido por US \$ 68.50 correspondientes al tratamiento testigo, sin fertilizar, T1.

Conclusiones

En las condiciones experimentales del ensayo, tanto el mejor rendimiento agronómico (cantidad de plantas cosechadas, tamaño de cachos, índice de conversión fruta/cajón) como el resultado económico (menos inversión y mayor ganancia), se obtuvieron con una dosis de fertilización de 64 kg ha⁻¹ de N elemento y 46.2 Kg ha⁻¹ de K elemento, estimada a partir de análisis de suelo.

La no fertilización, acompañada de buenas prácticas de manejo del cultivo, produjo un mejor resultado económico que dosis excesivas y/o desbalanceadas.

Bibliografía

Bertsch, F. 2009. Absorción de nutrimentos por los cultivos. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. 308 p.

Colque, O., E. Iquize, y A. Ferrufino. 2005. Efecto de la fertilización nitrogenada y potásica en la producción

del banano Musa AAA en fincas comerciales de tres localidades del Trópico de Cochabamba. Inf. Agron. Cono Sur 26:1-7.

Colque, O., R. Vailati, J. Villarreal, y E. Baridón. 2013. Producción de banano subtropical. Prácticas de manejo, cosecha y poscosecha. CEDEVA Misión Tacaaglé, provincia de Formosa. 69 p.

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, Antioquía. Temas Agrarios 9(1):5-12.

Espinosa, J., y F. Mite. 2002. Estado actual y futuro de la nutrición y fertilización del banano. Inf. Agron. Cono Sur 48:4-10.

Galán Saúco, V., y J. Robinson. 2013. Fisiología, clima y producción de banano. XX Reunião Internacional da Associação para a Cooperação em Pesquisa e Desenvolvimento Integral das Musáceas (Bananas e Plátanos). 9 a 13 de setembro de 2013. Fortaleza, CE, Brasil.

Lahav, E., y D. Turner. 1992. Fertilización del banano para rendimientos altos. Segunda edición. Boletín N° 7, INPOFOS, Quito, Ecuador. 71 p.

Lanfranco, J., E. Baridón, y A. Aragón. 2011. Manual de pautas y procedimientos para la evaluación y manejo del recurso suelo. Área subtropical norte de Formosa. CEDEVA Misión Tacaaglé, Prodeco Edt., 92 p.

López, A., y J. Espinosa. 1995. Manual de Nutrición y Fertilización del Banano. INPOFOS. Quito, Ecuador. 86 p.

Maldonado, R., V. Almaguer, S. Alvarez, y S. Robledo. 2008. Diagnóstico nutrimental y validación de dosis de fertilización para limón persa. Terra Latinoamérica 26:341-349.

Orozco Romero J., y O. Pérez Zamora. 2006. Tensión de humedad del suelo y fertilización nitrogenada en plátano (*Musa* AAA Simmonds cv. Gran enano. Agrociencia 40(2):149-162.

Osundare, O.T., A.A. Fajinmi, y C.J. Okonji. 2014. Effects of organic and inorganic soil amendments on growth performance of plantain (*Musa paradisiaca* L.). African Journal of Agricultural Research. 10(3):154-160.

Robinson, J.C., y V. Galán. 2011. Plátanos y bananas. 2° ed. Mundi-Prensa, Madrid. 336 p.

Rodríguez S.J. 1993 Fundamentos de fertilidad de cultivos. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile. 240 p.

Scribano, F. 2015. Cómo duplicar el rinde en la producción de bananas. INTA informa.

Torres, J., J. Sánchez, G. Cayón, S. Magnitskiy, y A. Darghan. 2014. Accumulation of dry matter and nitrogen contents in banana 'Williams' (*Musa* AAA) plants in Uraba, Colombia. Agronomía Colombiana 32(3):349-357. Doi: 10.15446/agron.colomb.

Volke Haller, V., J. Etchevers, A. Sanjuan Ramírez, y T. Silva Palomino. 1998. Modelo de balance nutrimental para la generación de recomendaciones de fertilización para cultivos. Terra 16(1):79-91.