



RESPUESTA DEL CULTIVO DEL PLÁTANO A DIFERENTES PROPORCIONES DE SUELO Y BOCASHI, COMPLEMENTADAS CON FERTILIZANTE MINERAL EN ETAPA DE VIVERO

Plantain crop response to different soil and Bocashi proportions complemented with mineral fertilizer at plant nursery stage

David Ramos Agüero¹, Elein Terry Alfonso², Francisco Soto Carreño², Adriano Cabrera Rodríguez², Gloria M. Martín Alonso² y Lucía Fernández Chuaerey³

ABSTRACT. An alternative to reduce fertilizer rates applied to crops is by using organic manures (compost, biosolids, among others), which can provide the required nutrients to plants. Bocashi is an example, since it increases the amount of microorganisms in the soil, improves its physical characteristics and supplies nutrients to plants. Therefore, this investigation was conducted with the objective of evaluating “Cuerno Rosado” plantain clone response to a joint application of Bocashi organic manure and mineral fertilizer at crop nursery stage. Experiments were carried out in Bocas del Toro province, Panama, within the period from October to December, 2011, studying six treatments arranged in randomized blocks and performing different evaluations on plant growth at this physiological phase. Results showed that it is possible to obtain plantain seedlings in the nursery seven days before the production control (soil + 3 g di-ammonium phosphate (DAP) per plant). An adequate plant growth is achieved in some variables as height, pseudostem diameter and leaf number at 50:50 (v/v) soil substrate: Bocashi ratio, besides adding 1,5 g DAP per bag. Moreover, plants have a similar nutrient concentration to those grown with the production treatment.

Key words: organic manure, growth, *Musa* spp., nutrients, seedlings

RESUMEN. Una alternativa a la disminución de las dosis de fertilizantes a aplicar a los cultivos, la constituye la aplicación de abonos orgánicos (compost, biosólidos, entre otros), los cuales pueden proveer los nutrientes requeridos por las plantas; un ejemplo de ello lo constituye el Bocashi, cuyo uso aumenta la cantidad de microorganismos en el suelo así como mejora sus características físicas y suministra nutrientes a las plantas. Por estas razones, la presente investigación se realizó con el objetivo de evaluar la respuesta del plátano clon Cuerno Rosado a la aplicación conjunta del abono orgánico tipo Bocashi y fertilizante mineral, en la etapa de vivero del cultivo. Los experimentos se ejecutaron en Bocas del Toro, Panamá, durante el período octubre–diciembre de 2011. Se estudiaron un total de seis tratamientos ubicados en bloques al azar y fueron realizadas diferentes evaluaciones relacionadas con el crecimiento de las plantas en esta fase fisiológica. Los resultados demostraron que es posible la producción de plántulas de plátano en vivero, con un adelanto de siete días con respecto al control de producción (suelo + 3 g de fosfato diamónico (DAP) por planta). A partir de la proporción 50:50 (v/v) del sustrato suelo: Bocashi, con la adición de 1,5 g de DAP por bolsa se logra un adecuado crecimiento de las plantas en variables como altura, diámetro del pseudotallo y número de hojas. Además, las plantas cuentan con una concentración de nutrientes similar a las que crecieron con el tratamiento de producción.

Palabras clave: abono orgánico, crecimiento, *Musa* spp., nutrientes, plántulas

INTRODUCCIÓN

Los plátanos y bananos (*Musa* spp.) se encuentran entre las principales plantas que se cultivan en las zonas tropicales y subtropicales de América Latina, Asia y África, donde predominan temperaturas y humedad relativas altas (1).

¹ Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá (IDIAP), Panamá

² Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, CP 32700.

³ Universidad Agraria de la Habana

✉ davramos31@yahoo.es

La mayor parte de la producción mundial del plátano está destinada a suplir el consumo interno de los países productores y sólo una pequeña fracción es comercializada en los mercados internacionales (2). En el año 2011, se produjeron casi 38 millones de toneladas métricas de plátano en el mundo, de las cuales el 25 % se originó en América Latina. De este continente, los principales productores son: Colombia, Perú, Cuba, Ecuador, República Dominicana, Bolivia, Venezuela y Honduras^A. Aunque Panamá no se encuentra entre los principales productores de plátano del continente, éste representa parte importante de la dieta básica de los panameños (3). En el año 2011 se produjeron un total de 97 432 t en 9 103 ha, para un rendimiento promedio de 10,70 t ha⁻¹.

La fertilización mineral es necesaria para suplir las necesidades nutricionales del cultivo; sin embargo, actualmente las formulaciones que existen en el mercado requieren el uso de grandes cantidades debido a las altas tasas de pérdidas que se presentan, generando esta situación un problema ambiental para el agroecosistema. Por otra parte, los precios cada vez más altos de estos productos, hacen que se vuelvan inalcanzables para muchos productores agrícolas (4).

Un complemento de la fertilización mineral son los abonos orgánicos, que tienen altos contenidos de materia orgánica y cantidades significativas de elementos nutritivos para las plantas. Dependiendo del nivel aplicado al suelo, originan un aumento en las capacidades de intercambio iónico, de retención de humedad y en el pH (5). En cuanto a las propiedades físicas, mejoran la infiltración del agua, la estructura y la conductividad hidráulica, disminuyen la densidad aparente y la tasa de evaporación (6).

Uno de los abonos orgánicos que en la actualidad es empleado en los agroecosistemas es el "Bocashi", palabra japonesa que significa "materia orgánica fermentada". El mismo ha sido utilizado por los agricultores como mejorador del suelo, ya que aumenta la diversidad microbiana, mejora sus condiciones físicas y químicas, así como lo suple de nutrientes para el desarrollo de los cultivos (7, 8).

La introducción de estrategias conservacionistas como la producción de Bocashi por los propios productores es de gran importancia, no solo para los pequeños agricultores, sino incluso para las grandes extensiones agrarias, tanto en Panamá como en otros lugares del mundo. La elaboración de abonos orgánicos constituye una alternativa de manejo al gran volumen de residuos generados en la producción agropecuaria, convirtiéndolos en un producto capaz de constituir una fuente nutricional para los cultivos y el suelo.

Un adecuado manejo de las plantaciones de plátano, obliga a buscar soluciones a los efectos negativos que causa la no uniformidad de las plantas en el campo. Esto se logra a través de la plantación de posturas provenientes de viveros, ahorrándose de seis a ocho semanas de manejo en el campo y a su vez se tiene un mejor control de plagas y arvenses, evitando tener que controlarlas en un área mayor por dos meses de vida.

El uso de sustrato en la fase de vivero tiene gran importancia en el desarrollo inicial del cultivo del plátano y debe presentar características estructurales y químicas que faciliten el crecimiento de las raíces. Si se tiene un sustrato adecuado, la planta tendrá un buen desarrollo radical y aproximadamente ocho semanas después de estar en el vivero, estarán listas para la plantación (1). Los sustratos deben proporcionar los nutrimentos en las cantidades adecuadas, según las necesidades de las plántulas en desarrollo; sin embargo, no siempre todos los sustratos de por sí, son capaces de suministrar los nutrientes necesarios a las plantas, de ahí la importancia de estudiar diferentes combinaciones organominerales que tributen a un adecuado balance nutricional en las plantas.

De acuerdo a estos antecedentes, el presente trabajo tuvo como objetivo general, evaluar diferentes proporciones suelo:Bocashi y dosis complementarias de fertilizante mineral, como alternativa para la producción de plátano en viveros, bajo las condiciones del trópico húmedo de Panamá.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para evaluar el efecto de diferentes proporciones de suelo y Bocashi, y su complementación con fertilizante mineral, se desarrolló un experimento, en condiciones de vivero, durante 90 días (octubre-diciembre de 2011), en la finca del productor-colaborador Antonio Pandiella, localizada en el Silencio, corregimiento del Empalme, Distrito de Changuinola, provincia Bocas del Toro, Panamá, a 9°39'36,7" de Latitud Norte y 82°52'97,32" Longitud Oeste, a 15 m s. n. m.

Los viveros se ubicaron bajo una estructura de bambú con cubierta de malla sombreadora. Se utilizaron cormitos del clon Cuerno Rosado, de aproximadamente 300 g de peso, que equivalen al calibre E, según el Instructivo Técnico del Plátano (3) y que son los adecuados para las condiciones de pregerminación o vivero.

Los cormitos fueron previamente desinfectados con una solución de hipoclorito de sodio (NaOCl) al 1 %, y plantado en bolsas negras de polipropileno de 15 cm de diámetro, 20 cm de altura y 2 kg de capacidad. Se colocó un cormito por bolsa y el fertilizante mineral se colocó todo en el momento de

^AFAO STAT. *Statistical Databases* [en línea]. 2014, [Consultado: 3 de enero de 2014], Disponible en: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>.

la plantación, aplicándose en círculo, alrededor de los cormitos. Para el desarrollo del experimento, las bolsas en el vivero se ubicaron en función del diseño experimental en bloques al azar, con cuatro réplicas. En cada bloque se colocaron 10 bolsas por réplica para un total de 40 plantas por tratamiento, los cuales fueron seis en total, tal y como se muestra en la Tabla I. En el control de producción se adicionó como fertilizante mineral (FM), 3 g de fosfato diamónico (DAP), por sus siglas en inglés (3), con una fórmula 18-46-0.

Tabla I. Tratamientos estudiados a partir de las combinaciones Suelo-Bocashi-Fertilizante mineral

Tratamientos estudiados
1. Control absoluto 100 % suelo
2. Control de producción (suelo + 100 % FM)
3. 25 % suelo + 75 % Bocashi (v/v)
4. 50 % suelo + 50 % Bocashi (v/v)
5. 25 % suelo + 75 % Bocashi (v/v) + 25 % FM
6. 50 % suelo + 50 % Bocashi (v/v) + 50 % FM

En el caso del Bocashi, el mismo fue elaborado según la metodología para la elaboración de una tonelada (8) y su contenido nutricional se puede observar en la Tabla II.

Las condiciones nutricionales del suelo utilizado para el llenado de las bolsas, se muestra en la Tabla III.

Los resultados muestran que el suelo es medianamente ácido, con un contenido bajo en materia orgánica y adecuados contenidos de macronutrientes.

Las atenciones culturales a las plantas en el vivero, se realizaron siguiendo las instrucciones del manual del Cultivo del Plátano en Panamá (3). No se aplicó riego, en función del clima de bosque húmedo tropical presente en la zona de estudio.

A partir de los diez días después de la plantación de los cormitos, por un periodo de 70 días y con una frecuencia de diez días, se realizaron evaluaciones de crecimiento a 20 plantas por tratamiento, correspondientes a:

- ♦ altura (cm), desde la base del pseudotallo, hasta la bifurcación en V de las últimas hojas, empleándose una cinta métrica.
- ♦ diámetro del pseudotallo (cm), se evaluó a 1,0 centímetros arriba de la base, con un pie de rey.
- ♦ número de hojas por planta por conteo visual.

Tabla III. Composición nutricional del suelo

pH	MO	Ca	Mg ²⁺	Na ⁺	K	CCB
H ₂ O	(%)			(cmol kg ⁻¹)		
5,6	1,60	11,9	2,6	0,2	0,90	15,6

Se realizaron muestreos al final del ciclo del vivero (70 días), a cinco plantas por réplica y tratamiento, para evaluar la masa seca foliar (g) y del pseudotallo (g), llevando las muestras a estufa, a temperatura de 65 °C, hasta alcanzar valores de masa constante.

La concentración de nutrientes en las hojas de las plantas, se determinó en el Laboratorio de Suelos y Foliare de la Universidad de Costa Rica. Para el contenido de nitrógeno (N), se realizó una combustión seca en autoanalizador, de acuerdo a CIA-SC09-01-01-P06. El fósforo (P), calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), azufre (S), hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn), manganeso (Mn) y boro (B) se determinaron por digestión húmeda con HNO₃ y evaluación por espectrofotometría de emisión atómica con plasma, de acuerdo a CIA-SC09-01-01-P10.

El contenido de los nutrimentos se calculó a partir de los datos de la masa seca de las plantas y la correspondiente concentración de cada elemento (% en base seca), por la siguiente fórmula (9):

Contenido de nutrimentos = [Masa seca (g) x concentración del elemento en cada órgano (%)]/100

Se comprobó la normalidad de los datos y la homogeneidad de la varianza. En los casos que no cumplieran los supuestos del análisis de varianza, las variables se transformaron por los métodos de: log (x) para las variables continuas y \sqrt{x} para las discretas. Con posterioridad se realizó un ANOVA de clasificación doble.

Tabla II. Concentración de los macronutrientes, micronutrientes y la materia orgánica presentes en el abono Bocashi, a los 30 días después de elaborado

Estadígrafos	N	P	K	Mg	Ca	S
	(%)					
χ	1,01	0,39	1,57	1,16	1,67	0,12
E.S.	0,03	0,01	0,05	0,01	0,01	0,01
C.V.	6,25	5,51	7,24	1,08	1,24	6,70
Estadígrafos	Fe	Cu	B	Mn	Zn	M.O.
	(mg kg ⁻¹)					(%)
χ	39033,80	72,25	105,75	781,00	159,75	16,76
E.S.	435,36	0,75	4,17	5,49	3,94	1,03
C.V.	2,23	2,08	5,89	1,41	4,94	2,24

En los casos en que se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, las medias fueron comparadas por la prueba de Rangos Múltiples de Duncan ($p \leq 0,05$). Además se realizaron correlaciones entre las variables altura, diámetro del pseudotallo, número de hojas, masa seca y contenidos de N y K.

Por otra parte, para estimar las curvas de crecimiento en los seis tratamientos, se utilizó el modelo de regresión Logístico dado por la expresión:

$$Y(t) = \frac{A}{(1 + be^{-kt})}$$

donde:

Y(t) –altura promedio de las plantas (cm) en el día de control

t - día. A, b- son parámetros a estimar. $e \approx 2,7183$ base de los logaritmos naturales.

En la validación se incluyó el coeficiente de determinación (R^2) y la primera derivada permitió describir la velocidad de crecimiento promedio de estas plantas en los primeros 70 días.

Primera derivada del modelo logístico

$$Y'(t) = \frac{Abke^{-kt}}{(1 + be^{-kt})^2}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evaluación de la altura, diámetro del pseudotallo, número de hojas y masa seca de las plantas de plátano en vivero, se aprecia en la Tabla IV. Se denota que existieron diferencias entre los tratamientos en cada uno de los momentos de realizadas las mediciones. El control absoluto (T1) siempre fue inferior a los tratamientos con fertilización mineral, Bocashi o su combinación, demostrando que el suelo solo no supe el requerimiento nutricional de las plantas.

En la quinta semana, todos los tratamientos con fertilizante mineral y Bocashi presentaron una altura superior al control absoluto. A partir de la sexta semana, el T6 presentó un comportamiento diferenciado, alcanzando las plantas una altura de 25 cm, una semana antes que los demás tratamientos y ya a la séptima semana los tratamientos T4 y T6 fueron superiores a los restantes.

Por otra parte, un análisis más detallado de la altura alcanzada por cada tratamiento, demuestra que del T2 al T6 aún a los 50 días continúa un crecimiento acelerado de las plantas, no así para el T1 el cual ya a partir de los 40 días se observa una estabilidad (Figura A).

Este comportamiento se corrobora por la velocidad de crecimiento de las plantas (Figura B), donde se denota que las que crecieron en 50 % suelo + 50 % Bocahi (v/v) + 50 % FM, la velocidad es superior a la de los restantes tratamientos.

Tabla IV. Combinación fertilizante mineral-Bocashi sobre algunas variables morfológicas de las plantas de plátano en vivero

Tratamientos	Semanas					
	5	6	7	5	6	7
	Altura ^T (cm)			Número de hojas ^T		
T1 Control absoluto 100 % suelo	12,18 b	12,42 c	14,22 d	4,13 c	4,60 d	4,67 c
T2 Control de producción (suelo + 100 FM ¹)	16,55 a	20,48 b	23,55 c	5,40 ab	6,13 c	7,07 b
T3 25 % suelo + 75 % Bocashi (v/v)	15,86 a	21,72 b	27,18 b	5,73 a	6,67 ab	7,40 b
T4 50 % suelo + 50 % Bocashi (v/v)	16,03 a	21,79 b	29,09 ab	5,67 a	6,53 abc	7,47 ab
T5 25 % suelo + 75 % Bocashi (v/v) + 25 FM ²	15,80 a	22,30 b	24,01 c	5,20 b	6,4 bc	7,33 b
T6 50 % suelo + 50 % Bocahi (v/v) + 50 FM ³	18,52 a	25,17 a	30,46 a	5,33 ab	6,93 a	7,87 a
ESx	0,07 *	0,04 *	0,03 *	0,03 *	0,027 *	0,03 *
	Diámetro del pseudotallo ^T (cm)			Masa seca (g por planta)		
				Pseudotallo ^T		Hojas ^T
T1 Control absoluto 100 % suelo	2,03 c	2,28 c	2,36 c	2,23 c		2,82 c
T2 Control de producción (suelo + 100 % FM ¹)	2,55 ab	2,76 b	2,93 b	2,92 b		4,12 b
T3 25 % suelo + 75 % Bocashi (v/v)	2,44 b	2,75 b	2,83 b	3,44 a		4,94 ab
T4 50 % suelo + 50 % Bocashi (v/v)	2,50 b	2,81 b	2,83 b	3,54 a		4,74 ab
T5 25 % suelo + 75 % Bocashi (v/v) + 25FM ²	2,77 a	3,02 a	3,14 a	3,48 a		4,74 ab
T6 50 % suelo + 50 % Bocahi (v/v) + 50 %FM	2,57 ab	2,83 b	3,15 a	3,62 a		5,50 a
ESx	0,03 *	0,07 *	0,02 *			0,16 *

^T: variable transformada *Medias con letras distintas en la misma columna, difieren entre sí, según prueba de Duncan ($p < 0,05$)
Masa seca: evaluación realizada a la séptima semana

Como se observa en la figura, el T6 alcanza el máximo entre los 30 y 40 días y a partir de los 50 días comienza a disminuir esa velocidad de crecimiento tendiendo a la estabilización; en cambio, el T1 crece muy rápido al inicio pero a partir de los 20 días disminuye drásticamente la velocidad a la cual crecen las plantas. Este resultado permite reafirmar que con este tratamiento (T6), se alcanzan los valores óptimos de calidad de las plántulas en menor tiempo con respecto a las restantes combinaciones de sustrato.

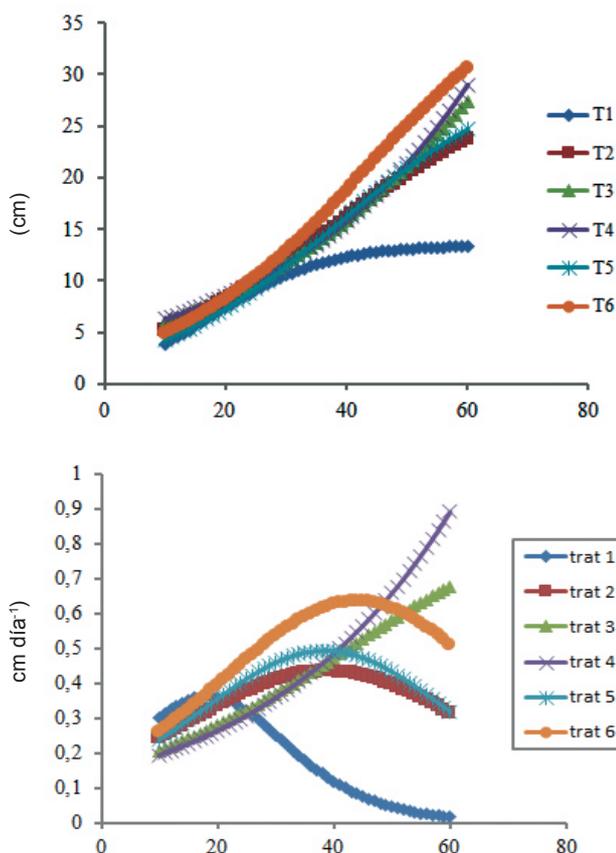


Figura. Descripción del crecimiento (A) y su velocidad (B) a partir de la primera derivada de cada modelo de regresión

En cuanto al diámetro del pseudotallo (Tabla IV), los mayores valores de la variable lo presentaron el control de producción y los tratamientos con la combinación suelo:Bocashi más la adición de dosis complementarias de fertilizante mineral en la quinta semana (T5 y T6); sin embargo, ya en la sexta semana solo el T5 y en la séptima semana, el T5 y T6 presentaron los mayores valores de la variable.

Respecto al número de hojas, en la quinta semana los mayores valores se encontraron en los tratamientos T2, T3, T4 y T6. En la sexta semana fue significativamente superior esta variable en los tratamientos T3, T4 y T6 y al final de la evaluación, solo las plantas del T4 y T6, alcanzaban los mayores valores.

En cuanto a la masa seca de las hojas, a la séptima semana de estancia de las plantas en el vivero, el mejor comportamiento se presentó en todos los tratamientos a los que se le añadió Bocashi en el sustrato, que no difirieron del control de producción, excepto la combinación 50:50 (suelo:Bocashi) más el 50 % de la dosis de fertilizante mineral, que fue superior al control de producción.

Para el caso de la masa seca del pseudotallo, todos los tratamientos con Bocashi fueron superiores al control absoluto y control de producción.

El modelo logístico (Tabla V) permitió corroborar el resultado para cada tratamiento, obteniéndose altos coeficientes de determinación, sobresaliendo el tratamiento 6 con el mayor ajuste. La R² es menor en el tratamiento control absoluto, donde las plantas tuvieron un ritmo de crecimiento más lento en relación con el resto de las posturas que crecieron bajo los diferentes sustratos estudiados.

Al analizar de manera integral los resultados relacionados con la morfología de las plantas procedentes del vivero, se encontró que al finalizar la sexta semana de estancia, el T6 fue el único tratamiento que en ese momento alcanzó los niveles de altura considerada como óptima (25-30 cm) para el trasplante de las plantas, lo cual se debe lograr a partir de las siete semanas (1).

Resultados similares han sido obtenidos en trabajos de sustratos para viveros de plátano (10), donde las plantas desarrolladas con abono Bocashi han tenido una altura superior a las que crecieron en los sustratos controles.

Tabla V. Resultados del Modelo Logístico

Tratamiento	Resultado del modelo
T1	$y = \frac{13,5059}{(1 + 7,12e^{-0,1t})} \quad R^2 = 94,69$
T2	$y = \frac{31,14}{(1 + 8,69e^{-0,05t})} \quad R^2 = 98,75$
T3	$y = \frac{84,20}{(1 + 18,56e^{-0,03t})} \quad R^2 = 99,14$
T4	$y = \frac{4841,97}{(1 + 1042,06e^{-0,03t})} \quad R^2 = 98,90$
T5	$y = \frac{30,93}{(1 + 11,55e^{-0,06t})} \quad R^2 = 98,17$
T6	$y = \frac{42,40}{(1 + 13,90e^{-0,05t})} \quad R^2 = 99,67$

En relación con esto, se plantea que la cantidad de abono orgánico dentro de los sustratos, es uno de los factores determinantes para el crecimiento en altura de las plantas en vivero, dado por el aporte de nutrimentos, principalmente nitrógeno disponible (11, 12).

El comportamiento obtenido para el diámetro del pseudotallo, evidencia que para esta variable del crecimiento, el mejor efecto se obtiene con el abono orgánico combinado con el fertilizante mineral a una proporción 75 % Bocashi + 25 % FM. En relación a esta combinación hay autores que plantean que resulta evidente que el aporte de nutrimentos que los sustratos puedan brindarles a las plantas es muy importante para el desarrollo del diámetro del pseudotallo en fase de vivero (11).

El encontrar diferencias significativas para el diámetro del pseudotallo entre los tratamientos tiene gran importancia, debido a que, se asegura una adecuada aclimatación de las plantas en el campo, por lo que puede considerarse como una de las variables más importantes estudiadas en la presente investigación. Sin embargo, el conteo de número de hojas no fue definitivo debido a que las otras variables (altura y diámetro del pseudotallo), en la quinta semana, aún no cumplían los parámetros establecidos para la salida de las plantas del vivero y esto solo se logró a partir de la sexta semana, para el caso del T6.

Es de resaltar que todos los tratamientos, a excepción del control absoluto, habían alcanzado el número de hojas adecuado para el trasplante desde la quinta semana, el cual se plantea que debe ser superior a cinco hojas^B.

Al respecto se ha informado que entre las ventajas que presenta el Bocashi se encuentran que proporcionan sustancias orgánicas como aminoácidos, vitaminas, ácidos orgánicos, enzimas y sustancias antioxidantes, estimuladoras del crecimiento vegetal (13).

Estos resultados sugieren que las plántulas de plátano en vivero, crecidas en un sustrato con presencia de Bocashi, fueron capaces de desarrollar un adecuado metabolismo y por ende, presentar valores más altos en las variables morfológicas evaluadas, lo que les otorga mayores ventajas durante su etapa en vivero.

Este comportamiento viene dado porque la adición del abono orgánico al sustrato no solo aporta nutrimentos, sino que también mejora las propiedades físicas y biológicas del mismo, facilitando una mejor estructura, drenaje y posiblemente una estimulación

de la emisión de raíces, así como el control de plagas y enfermedades. En este sentido, se plantea que el Bocashi activa los microorganismos y macrorrganismos benéficos durante el proceso de fermentación (8), lo cual potencia los efectos obtenidos como resultado de la utilización de este abono orgánico.

El efecto sobre el aumento de la masa seca, pudiera estar relacionado con un mayor aprovechamiento de agua, nutrimentos y una mejor fotosíntesis, lo que indica, que los abonos orgánicos fermentados favorecen el crecimiento de las plantas y su desarrollo (11), aspecto corroborado en la presente investigación donde la presencia del Bocashi contribuyó al crecimiento de las plantas.

Resultados similares han sido obtenidos con Bocashi elaborado con residuos de banano, demostrando que es un buen sustrato para la producción de plántulas de tomate en semilleros, con el cual se obtiene el mejor crecimiento, precocidad al trasplante y bajos costos de producción (14).

De manera general, el resultado obtenido para la altura, diámetro del pseudotallo, número de hojas y masa seca, evidencia que la nutrición organomineral en el cultivo del plátano a base de suelo: Bocashi (50:50), suplementado con el 50 % de la dosis recomendada de fertilizante mineral (T6), permite obtener plántulas que reúnen la calidad adecuada para el trasplante.

En la Tabla VI se observa el análisis de correlación realizado entre las variables altura, diámetro del pseudotallo, número de hojas, masa seca y contenidos de nitrógeno y potasio de las plantas de plátano, a las siete semanas de estancia en el vivero.

Se encontró una correlación positiva y significativa entre las variables número de hojas, masa seca foliar y contenidos de N y K; además, la altura y el diámetro del pseudotallo correlacionaron con estas, pero no entre ellas.

El hecho de encontrar una fuerte correlación entre la altura, la masa seca y el contenido de nutrimentos, permite establecer que en vivero, las plantas de mayor altura y número de hojas son las que reúnen las mejores características nutricionales que les conceden excelentes condiciones para el trasplante posterior en el campo.

Para lograr un buen desarrollo de las plántulas en vivero, es necesario emplear un sustrato que provea, las cantidades necesarias de los elementos nutritivos que permitan estimular los procesos de multiplicación celular y por lo tanto, el crecimiento y desarrollo de las plántulas.

Es de mucha importancia práctica llevar al campo un material con buen vigor, y esto es definido, entre otras características, por el porte de la planta y el diámetro del pseudotallo, ya que con ello, las probabilidades de éxito serán mucho mejores para el establecimiento del cultivo (1).

^B Coto, J. *Guía para la multiplicación rápida de cormos de plátano y banano*. 2.ª ed., edit. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola, La Lima, Honduras, 2009, 9 p.

Tabla VI. Matriz de correlación entre algunas variables de crecimiento y desarrollo de las plantas de plátano, a las siete semanas de estancia en el vivero, durante el 2010

	Altura	Diámetro	Hojas	Masa seca	Nitrógeno	Potasio
Altura		0,7618	0,9549*	0,9564*	0,9602*	0,9415*
Diámetro			0,8925*	0,8620*	0,8986*	0,7582
Hojas				0,9591*	0,9989*	0,9339*
Masa seca					0,9655*	0,9624*
Nitrógeno						0,9329*

* Correlaciones entre las variables con significación estadística para un nivel de confianza del 95 %

Diámetro (del pseudotallo) (Número de) hojas Masa seca (total) (Contenidos de) nitrógeno y potasio (n=6)

Tabla VII. Concentración de macronutrientes (g por planta) en las hojas y pseudotallos del plátano, a las siete semanas de estancia en el vivero

Tratamientos		N	P	K	Ca	Mg	S
Hojas							
T1	Control absoluto 100 % suelo	0,10 c	0,010 c	0,24 b	0,031	0,011 c	0,006 c
T2	Control de producción (suelo + 100 FM ¹)	0,16 b	0,014 b	0,39 a	0,031	0,016 b	0,011 b
T3	25 % suelo + 75 % Bocashi (v/v)	0,18 ab	0,020 a	0,47 a	0,034	0,021 a	0,012 b
T4	50 % suelo + 50 % Bocashi (v/v)	0,19 ab	0,019 ab	0,40 a	0,033	0,020 a	0,013 ab
T5	25 % suelo + 75 % Bocashi (v/v) + 25 FM ²	0,18 ab	0,017 ab	0,40 a	0,035	0,016 b	0,012 b
T6	50 % suelo + 50 % Bocashi (v/v) + 50 FM ³	0,22 a	0,021 a	0,47 a	0,041	0,015 b	0,015 a
Es χ		0,02*	0,0015*	0,05*	0,0044 N.S.	0,001*	0,001*
Pseudotallos							
T1	Control absoluto 100 % suelo	0,035 b	0,0073 c	0,16 c	0,0188	0,0054	0,0022 d
T2	Control de producción (suelo + 100 FM ¹)	0,077 a	0,0146 ab	0,26 b	0,0124	0,0043	0,0028 c
T3	25 % suelo + 75 % Bocashi (v/v)	0,096 a	0,0183 a	0,37 a	0,0138	0,0066	0,0045 a
T4	50 % suelo + 50 % Bocashi (v/v)	0,089 a	0,0134 b	0,35 a	0,0121	0,0059	0,0040 ab
T5	25 % suelo + 75 % Bocashi (v/v) + 25 FM ²	0,080 a	0,0131 b	0,33 ab	0,0141	0,0051	0,0032 c
T6	50 % suelo + 50 % Bocashi (v/v) + 50 FM ³	0,092 a	0,0157 ab	0,36 a	0,0179	0,0053	0,0037 b
Es χ		0,092*	0,0014*	0,03*	0,12 N.S.	0,13 N.S.	0,0001*

*Medias con letras distintas en la misma columna, para cada año, difieren entre sí, según prueba de Duncan (p<0,05)

En la Tabla VII, se pueden apreciar las concentraciones de macronutrientes en hojas y pseudotallos a las siete semanas de establecido. De forma general se observó que el contenido de nitrógeno y fósforo en hojas fue superior en todos los tratamientos que recibieron Bocashi.

Para el potasio, todos los tratamientos fueron similares entre sí a excepción del control absoluto. En el caso del pseudotallo todos los tratamientos con Bocashi y el control de producción fueron superiores al control absoluto para el nitrógeno y fósforo; sin embargo, el contenido de potasio fue superior en los tratamientos con adición de Bocashi.

Al analizar el contenido de los macronutrientes secundarios, se encontró que no hubo respuesta a la absorción de calcio en los órganos evaluados. El mayor contenido de magnesio en hojas se presentó en los tratamientos T3 y T4 y el azufre fue mayor en

el T4 y T6. La absorción de magnesio en pseudotallos no presentó diferencias entre los tratamientos y la de azufre fue mayor en el T3 y T4, aunque este último sin diferencias con T6.

De manera general, se plantea que las hojas son el órgano que refleja mejor el estado nutricional de un cultivo, y la mayor parte de los macronutrientes en plátano se localizan en esta parte y puede llegar a constituir el 50 % de materia vegetal (3).

De todos los nutrimentos esenciales, el potasio es el que el cultivo requiere en mayores cantidades. En ese sentido, el plátano es una planta extremadamente exigente en potasio, requiriendo de tres a cuatro veces más potasio que nitrógeno (15). Con relación a este último, puede considerarse que es el segundo elemento más demandado, aunque de manera general, todos los elementos son de gran importancia debido al papel fisiológico-bioquímico que desempeñan (16).

Los resultados de los contenidos de nutrimentos de este trabajo son semejantes a los descritos por otros autores para el plátano Hartón (AAB) en condiciones de vivero, el cual plantea que son vitales en el óptimo crecimiento de las plantas (17).

En la Tabla VIII se puede apreciar el contenido de microelementos al finalizar el ciclo de las plantas en esta etapa. Los contenidos de cobre, zinc y boro se encontraron dentro de los rangos adecuados en todos los tratamientos, al compararse con las concentraciones encontradas para el banano (18).

Sin embargo, al evaluar los contenidos de hierro y manganeso, se encontró un exceso de estos elementos, tanto en hojas como en pseudotallos, según los rangos de concentración foliar de los microelementos considerados como adecuados para el cultivo del banano (18).

Es posible que estos altos contenidos de hierro y manganeso se deban a las elevadas concentraciones de estos elementos encontrados en el Bocashi producido en la finca que estaban presentes en el estiércol porcino y que, probablemente las plantas del vivero absorbieran en mayor cantidad; sin embargo, no se detectaron síntomas visuales de toxicidad, al no presentar pequeñas manchas marrones, ni clorosis en los bordes de las hojas (1), reflejo de alteraciones evidentes en el metabolismo de las plantas, lo que permite suponer que los contenidos de estos

elementos en el sustrato no afectaron al cultivo.

Se plantea que los tenores de los elementos nutritivos muchas veces se encuentran fuera de los rangos establecidos como óptimos para los cultivos de plátano y banano; sin embargo, las plantas no presentan síntomas de deficiencia o caída de la producción, infiriéndose que los rangos considerados como adecuados en un determinado lugar pueden ser diferentes a los adoptados, lo que indica la necesidad de establecer patrones regionales por tipo de suelo y clima (19).

En el caso de los microelementos, la determinación de su contenido en el vegetal resulta importante por su participación en la mayoría de los procesos fisiológicos, y se prefiere su determinación para conocer el status fisiológico de las plantas de ciclo perenne, debido a que en este tipo de cultivo, se pueden emplear programas de fertilización basados en el análisis químico de las plantas, durante la misma cosecha o ciclo en que pueden detectarse deficiencias (20).

Si bien los resultados de esta investigación no se corresponden con las concentraciones citadas por otros autores (18), las cuales fueron realizadas en hoja indicadora de plantas adultas de banano (subgrupo AAA), estos pudieran ser un estimador del estado nutricional de posturas de plátano (subgrupo Plantain, AAB, clon Cuerno Rosado) en vivero.

Tabla VIII. Contenido de micronutrientes en las hojas y pseudotallo del plátano, a las siete semanas de estancia en el vivero

Tratamientos		Fe	Cu	Zn	Mn	B
Hojas (mg por planta)						
T1	Control absoluto 100 % suelo	1,40 b	0,027 c	0,069 b	0,69 c	0,036 d
T2	Control de producción (suelo + 100 FM ¹)	2,72 a	0,049 b	0,111 a	3,62 a	0,047 c
T3	25 % suelo + 75 % Bocashi (v/v)	2,28 a	0,064 ab	0,142 a	2,58 b	0,069 a
T4	50 % suelo + 50 % Bocashi (v/v)	2,37 a	0,072 a	0,132 a	2,79 b	0,056 bc
T5	25 % suelo + 75 % Bocashi (v/v) + 25 FM ²	2,40 a	0,059 ab	0,117 a	2,86 b	0,052 bc
T6	50 % suelo + 50 % Bocashi (v/v) + 50 FM ³	2,39 a	0,075 a	0,124 a	4,00 a	0,060 ab
	Es χ	0,15*	0,007*	0,01*	0,20*	0,003*
Pseudotallo (mg por planta)						
T1	Control absoluto 100 % suelo	0,52 c	0,016 c	0,002 c	0,16 e	0,033 b
T2	Control de producción (suelo + 100 FM ¹)	1,97 b	0,026 b	0,124 b	0,60 b	0,053 a
T3	25 % suelo + 75 % Bocashi (v/v)	1,88 b	0,037 a	0,350 a	0,44 c	0,064 a
T4	50 % suelo + 50 % Bocashi (v/v)	2,90 ab	0,031 ab	0,239 ab	0,34 cd	0,054 a
T5	25 % suelo + 75 % Bocashi (v/v) + 25 FM ²	2,70 b	0,031 ab	0,163 b	0,30 d	0,049 a
T6	50 % suelo + 50 % Bocashi (v/v) + 50 FM ³	4,09 a	0,031 ab	0,287 a	0,72 a	0,051 a
	Es χ	0,42*	0,003*	0,038*	0,04*	0,005*

Medias con letras distintas en la misma columna, para cada año, difieren entre sí, según prueba de Duncan ($p < 0,05$)

En este estudio, basándose en el hecho de que en la caracterización del Bocashi producido en la finca se encontraron adecuados niveles de micronutrientes (Tabla II) y al ser utilizado este abono orgánico en el sustrato lo que conllevó a que las plantas presentaran adecuados contenidos de los mismos, se puede inferir, que con la elaboración de un abono orgánico fermentado, a partir de los restos de cosecha de la finca, se logra un reciclaje de los microelementos y un conveniente suministro de los mismos a las plantas.

Diferentes autores refieren que el reciclaje de boro, zinc y cobre, a partir de un manejo adecuado de los órganos del plátano que se incorporan al suelo, debe tomarse en cuenta en el programa de fertilización, debido a la mínima cantidad que de estos elementos se exportan en las cosechas (21). Incluso, en otros estudios se sugiere compostar los restos de cosecha del plátano para aumentar la eficiencia y efectividad en el suministro de micronutrientes a través del abono orgánico (19).

Los resultados de estos experimentos permiten corroborar que con la combinación órgano – mineral en un sustrato, se logra que el fertilizante mineral complemente la disponibilidad de nutrimentos, así como que el abono orgánico mejore las características químicas, físicas y biológicas del sustrato, favoreciendo el crecimiento y desarrollo de las plantas.

De esta forma, en la investigación se encontró que con la combinación de la mezcla al 50 % suelo:Bocashi más la adición del 50 % de la dosis de fertilizante mineral recomendada (T6), no sólo se obtuvo el mayor crecimiento de las plantas en vivero sino que además, estas presentaron el mayor contenido de macro y micronutrientes en hojas y pseudotallos, con una disminución de una semana de estancia en el vivero respecto a los otros tratamientos estudiados.

Este resultado permite afirmar que la altura, diámetro del pseudotallo y número de hojas, son variables que pueden definir una planta de calidad óptima para ser llevada a trasplante en campo y así ser utilizadas como indicadores para evaluar la respuesta de las plantas en el empleo de diversas alternativas nutricionales en condiciones de vivero.

La aplicación de abonos orgánicos en combinación con fertilizantes minerales es una alternativa sostenible para la producción de plátano en vivero, puesto que el efecto rápido del fertilizante, brinda a la planta los nutrimentos que aún el abono orgánico no libera y la liberación lenta que se da en los abonos orgánicos permite que la planta vaya tomando los nutrientes conforme los va necesitando y evita las pérdidas por lixiviación y volatilización que se reflejan mayormente en el trópico húmedo (22).

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, se demostró la eficiencia del abono orgánico Bocashi elaborado a partir de subproductos de la producción de plátano (*Musa* sp), como alternativa nutricional para la obtención de plántulas donde, en condiciones de vivero se debe emplear la proporción 50:50 de suelo:Bocashi (v/v) más 1,5 g del fertilizante mineral fosfato diamónico (DAP), con lo que se logran plántulas de una adecuada calidad, con una reducción de una semana de estancia en el vivero.

BIBLIOGRAFÍA

1. Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales. *Instructivo técnico del cultivo del plátano*. edit. Ministerio de la Agricultura, Artemisa, Cuba, 2010, 13 p., ISBN 978-959-7210-15-3.
2. Gañán, L.; Bolaños, B. M. M. y Asakawa, N. "Efecto de la micorrización sobre el crecimiento de plántulas de plátano en sustrato con y sin la presencia de nematodos fitoparásitos". *Acta Agronómica*, vol. 60, no. 4, 2011, pp. 297–305, ISSN 0120-2812.
3. Marcelino, L. A.; González, V. y Ríos, D. *Manual de Recomendaciones Técnicas para el Cultivo Tecnificado de Plátano (*Musa paradisiaca* L.)*. edit. Pacífico S.A., 2009, 30 p., ISBN 9962-653-00-2.
4. Zhang, N.; He, X.; Zhang, J.; Raza, W.; Yang, X.-M.; Ruan, Y.-Z.; Shen, Q.-R. y Huang, Q.-W. "Suppression of Fusarium Wilt of Banana with Application of Bio-Organic Fertilizers". *Pedosphere*, vol. 24, no. 5, octubre de 2014, pp. 613-624, ISSN 1002-0160, DOI 10.1016/S1002-0160(14)60047-3.
5. Kalemelawa, F.; Nishihara, E.; Endo, T.; Ahmad, Z.; Yeasmin, R.; Tenywa, M. M. y Yamamoto, S. "An evaluation of aerobic and anaerobic composting of banana peels treated with different inoculums for soil nutrient replenishment". *Bioresource Technology*, vol. 126, diciembre de 2012, (ser. Advances in Biological Waste Treatment and Bioconversion Technologies), pp. 375-382, ISSN 0960-8524, DOI 10.1016/j.biortech.2012.04.030.
6. Zhai, L.; Liu, H.; Zhang, J.; Huang, J. y Wang, B. "Long-Term Application of Organic Manure and Mineral Fertilizer on N₂O and CO₂ Emissions in a Red Soil from Cultivated Maize-Wheat Rotation in China". *Agricultural Sciences in China*, vol. 10, no. 11, noviembre de 2011, pp. 1748-1757, ISSN 1671-2927, DOI 10.1016/S1671-2927(11)60174-0.
7. Pérez, C. R.; Pérez, C. A. y Vertel, M. "Caracterización nutricional, físicoquímica y microbiológica de tres abonos orgánicos para uso en agroecosistemas de pasturas en la subregión Sabanas del departamento de Sucre, Colombia". *Tumbaga*, vol. 1, no. 5, 2010, pp. 27-37, ISSN 1909-4841.
8. Restrepo, J. A. *B, C de la agricultura orgánica y panes de piedra: Abonos orgánicos fermentados*. 1.^a ed., edit. Feriva S.A., Colombia, 2010, 86 p., ISBN 978-958-44-126-1.

9. Barrera, J. L.; Combatt, E. M. y Ramírez, Y. L. "Efecto de abonos orgánicos sobre el crecimiento y producción del plátano Hartón (*Musa AAB*)". *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, vol. 5, no. 2, diciembre de 2011, pp. 186-194, ISSN 2011-2173.
10. Arcila, P.; Valencia, J. A. y Morales, H. "Efecto de diferentes sustratos sobre el crecimiento de plántulas de Dominico-Hartón en el Quindío". En: *XV reunión*, edit. Asociación de Bananeros de Colombia AUGURA, Cartagena de Indias, Colombia, 2002, pp. 431-435, ISBN 958-33-3905-9.
11. González, C. C. y Guzmán, P. Ó. A. "Efecto de la limpieza sanitaria de cormos y la fertilización orgánica sobre el crecimiento de plántulas de Dominico Hartón (*Musa AAB* Simmonds) y su relación con nemátodos fitoparásitos". *Agronomía Costarricense*, vol. 19, no. 1, 2011, pp. 42-56, ISSN 0568-3076.
12. Arencibia, A. C.; Echemendía, J. A.; Negrín, A. B.; Carabaloso, A. J.; López, J. L. R.; Vega, D. B. y Peña, P. L. "Producción de humus de lombriz a partir de subproductos de cosecha del plátano (*Musa* spp.) y cachaza". *Centro Agrícola*, vol. 39, no. 1, 2012, pp. 41-47, ISSN 0253-5785, 2072-2001.
13. Joseph, S. y Taylor, P. "The production an application of biochar in solis". En: ed. Waldron K., *Advances in Biorefineries. Biomass and Waste Supply Chain Exploitation*, edit. Woodhead Publishing, 2014, pp. 525-555, ISBN 978-0-85709-521-3.
14. Zhang, N.; Wu, K.; He, X.; Li, S.; Zhang, Z.; Shen, B.; Yang, X.; Zhang, R.; Huang, Q. y Shen, Q. "A new bioorganic fertilizer can effectively control banana wilt by strong colonization with *Bacillus subtilis* N11". *Plant and Soil*, vol. 344, no. 1-2, 20 de febrero de 2011, pp. 87-97, ISSN 0032-079X, 1573-5036, DOI 10.1007/s11104-011-0729-7.
15. Ganeshamurthy, A. N.; Satisha, G. C. y Patil, P. "Potassium nutrition on yield and quality of fruit crops with special emphasis on banana and grapes". *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, vol. 24, no. 1, 11 de noviembre de 2011, pp. 29-38, ISSN 0972-1061.
16. Atim, M.; Beed, F.; Tusiime, G.; Tripathi, L. y van Asten, P. "High Potassium, Calcium, and Nitrogen Application Reduce Susceptibility to Banana Xanthomonas Wilt Caused by *Xanthomonas campestris* pv. *musacearum*". *Plant Disease*, vol. 97, no. 1, 30 de agosto de 2012, pp. 123-130, ISSN 0191-2917, DOI 10.1094/PDIS-07-12-0646-RE.
17. Herencia, J. F.; García, G. P. A.; Ruiz, D. J. A. y Maqueda, C. "Comparison of nutritional quality of the crops grown in an organic and conventional fertilized soil". *Scientia Horticulturae*, vol. 129, no. 4, 27 de julio de 2011, pp. 882-888, ISSN 0304-4238, DOI 10.1016/j.scienta.2011.04.008.
18. Taulya, G. "East African highland bananas (<i>Musa</i> spp. AAA-EA) 'worry' more about potassium deficiency than drought stress". *Field Crops Research*, vol. 151, septiembre de 2013, pp. 45-55, ISSN 0378-4290, DOI 10.1016/j.fcr.2013.07.010.
19. Hernández, Y.; Villa, N.; Foutul, G. y Cruz, J. D. L. "Niveles de giberelinas endógenas y elementos minerales durante la transición floral en plátano (*Musa AAB*) cv Hartón". *Revista de la Facultad de Agronomía*, vol. 29, no. 1, 2012, ISSN 0378-7818, [Consultado: 7 de enero de 2016], Disponible en: <http://www.produccioncientifica.luz.edu.ve/index.php/agronomia/article/view/12541>.
20. Muñiz, O. *Los microelementos en la agricultura*. edit. Instituto de suelos, La Habana, Cuba, 2008, 132 p., ISBN 978-959-246-201-4.
21. Damatto, J. E. R.; Villas, B. R. L.; Nomura, E. S.; Fuzitani, E. J. y Garcia, V. A. "Alterações nos teores nutricionais foliares de bananeira «prata-anã» adubada com composto orgânico em cinco ciclos de produção". *Revista Brasileira de Fruticultura*, vol. 33, no. spe1, octubre de 2011, pp. 692-698, ISSN 0100-2945, DOI 10.1590/S0100-29452011000500097.
22. Thompson, A. K. "Banana (*Musa* spp.)". En: ed. Yahia E. M., *Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits*, (ser. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, no. ser. 207), edit. Woodhead Publishing, 2011, pp. 216-243, ISBN 978-1-84569-734-1, CABDirect2.

Recibido: 24 octubre de 2015

Aceptado: 7 de agosto de 2016