



BOCASHI: ABONO ORGÁNICO ELABORADO A PARTIR DE RESIDUOS DE LA PRODUCCIÓN DE PLÁTANOS EN BOCAS DEL TORO, PANAMÁ

Bocashi: organic manure elaborated starting from residuals of bananas production in Bocas del Toro, Panama

David Ramos Agüero[✉], Elein Terry Alfonso, Francisco Soto Carreño y Juan A. Cabrera Rodríguez

ABSTRACT. The benefits of use of organic manures as Bocashi, are widely well-known at world level, although, the not very precise scientific literature on contained nutritional and practically reference is not made to the load existent microbial in these materials. The present work consisted on the elaboration of payment and its pursuit to the chemical, organic and biological properties during five later months to its production. Starting from 21 days and until the 150 days of having elaborated, the macronutrients and micronutrients contents the C:N relationship, the content of heavy metals as well as the populations of present microorganisms were determined; equally, the temperature of the mound was measured during the first 21 days. The contents of N, P, K, Ca, Mg, S, MO, C and C:N relation are stable during the five months of duration of the work, the contents of nutrients obtained in each evaluation moment being adapted. The presence of heavy metals is low according to the international norms and the biggest presence of microorganisms is of bacterias, demonstrating the breathing rate, the microbial activity and with it the quality of the manure. The production of Bocashi starting from the residuals of banana industry, is a viable alternative for the conservation of the agroecosystem.

Key words: organic manure, nutrients content, heavy metals, microorganisms

RESUMEN. Los beneficios del uso de enmiendas orgánicas como el Bocashi, son ampliamente conocidos a escala mundial, aunque, la literatura científica poco precisa sobre sus contenidos nutricionales y se hace poca referencia a la carga microbial existente en estos materiales. El presente trabajo consistió en la elaboración del abono y su seguimiento a las propiedades químicas y microbiológicas durante cinco meses posteriores a su preparación. A partir de 21 días y hasta los 150 días de elaborado, se determinaron los contenidos de macronutrientes, micronutrientes, la relación C:N, el contenido de metales pesados, así como las poblaciones de microorganismos presentes; igualmente se midió la temperatura del montículo durante los primeros 21 días. Los contenidos de N, P, K, Ca, Mg, S, MO, C y la relación C:N se mantienen de manera estable durante los cinco meses de duración del trabajo, siendo adecuados los contenidos de nutrientes obtenidos en cada momento de evaluación. Los niveles de metales pesados en el abono es baja según las normas internacionales y la mayor presencia de microorganismos es de bacterias, lo que queda demostrando con la tasa de respiración, la actividad microbiana y con ello la calidad del abono. La producción de Bocashi a partir de residuos locales, constituye una alternativa viable para la conservación del agroecosistema.

Palabras clave: abonos orgánicos, contenido de nutrientes, metales pesados, microorganismos

INTRODUCCIÓN

El incremento de la población mundial, asociado a una mayor demanda de alimentos, ha provocado

M.Sc. David Ramos Agüero, Investigador Agrícola, Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, Panamá; Dra.C. Elein Terry Alfonso y Dr.C. Francisco Soto Carreño, Investigadores Titulares del departamento de Fitotecnia; Dr.C. Juan A. Cabrera Rodríguez, Investigador Titular, departamento de Biofertilizantes, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), gaveta postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, CP 32 700, Cuba.

✉ davramos31@yahoo.es

un uso intensivo de los recursos naturales (1); esto ha producido impactos negativos en el ambiente y ha afectado la sostenibilidad de los sistemas productivos. La tendencia global del manejo de estos sistemas, demanda conocimientos básicos de los recursos, tales como el manejo de los abonos orgánicos aplicados al suelo.

La región tropical húmeda de Panamá, es una zona en la que se generan grandes cantidades de desechos, generalmente estos son subproductos del proceso de acondicionamiento y empaque de las producciones agrícolas de plátanos y bananos,

las cuales no reúnen las características exigidas por el mercado internacional o son productos que no se lograron colocar en el mercado local y requieren de un sistema de manejo adecuado que algunas veces es inexistente. En general, muchos de esos residuos no se utilizan y son acumulados en el campo o son arrojados a ríos o quebradas, convirtiéndose en fuentes de contaminación. La búsqueda de alternativas para el manejo de estos residuos es muy importante, debido al daño que pueden causar al medio ambiente; en este sentido, las regulaciones ambientales son cada vez más estrictas y los consumidores son cada vez más sensibles al impacto ambiental del proceso productivo de un determinado producto. La producción de abonos orgánicos, como el Bocashi, a partir de estos residuos, puede constituir una alternativa viable para su manejo en fincas agrícolas, contribuyendo al reciclaje de las cosechas y de esa forma contribuir a la sostenibilidad de los agroecosistemas.

El Bocashi (término del idioma japonés que significa, abono orgánico fermentado), incorpora al suelo materias orgánicas y nutrientes esenciales como, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro; los cuales, mejoran las condiciones físicas y químicas del suelo (2); estos abonos tienen como objetivo estimular la vida microbiana del suelo y la nutrición de las plantas. Las enmiendas orgánicas varían en su composición química de acuerdo al proceso de elaboración, duración del proceso, actividad biológica y tipos de materiales que se utilicen (3).

La calidad de un abono orgánico se determina a partir de su contenido nutricional y de su capacidad de proveer nutrientes a un cultivo (4); este contenido está directamente relacionado con las concentraciones de esos nutrientes en los materiales utilizados para su elaboración.

De acuerdo a estos antecedentes, el objetivo del presente trabajo, fue elaborar y caracterizar desde el punto de vista químico y microbiológico, un abono orgánico tipo Bocashi a partir de la utilización de residuos de la cosecha de plátanos, presentes en el agroecosistema.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se desarrolló en la finca del productor colaborador Antonio Pandiella, ubicada en el Silencio, corregimiento del Empalme, Distrito de Changuinola, provincia Bocas del Toro, Panamá. El experimento se llevó a cabo entre los meses de agosto, 2010 a enero 2011; para la elaboración del abono orgánico tipo Bocashi, se recolectó de la finca, los residuos de la cosecha de plátano como material vegetal y se escogió un lugar bajo sombra. Para la confección del mismo, se siguió la metodología descrita para su efecto (5), consiéndolo la misma en la forma en que se muestra en la (Tabla I).

Tabla I. Componentes utilizados para la elaboración de 1000 kg del abono orgánico Bocashi

Materiales utilizados	Cantidad
Tierra	113 kg
Aserrín de madera	113 kg
Estiércol de cerdo	115 kg
Desechos de plátano	590 kg
Carbón vegetal triturado	45 kg
Pulidura de arroz	24 kg
Levadura para pan	0,22 kg
Melaza o miel de caña	4,00 L

Antes de mezclar los ingredientes de cada tratamiento, cada uno de los materiales fue picado hasta obtener partículas de aproximadamente 2,0 cm, luego fue esparcido y secado a la sombra durante tres días. Para efectuar la mezcla, los materiales fueron ordenados en capas y volteados hasta formar un montículo. Durante el mezclado se agregó agua para asegurar que el contenido de humedad del montículo fuera de alrededor del 50 %.

A los 21 días después de haber iniciado el experimento, el montículo fue mezclado completamente y luego muestreado dividiéndolo en cuatro partes. Posteriormente, una de esas partes fue mezclada completamente y dividida de nuevo en cuatro partes. Este procedimiento se repitió hasta obtener una muestra de 0,5 kg. Los análisis de cada una se realizaron por triplicado cada 30 días después de elaborado (DDE), durante cinco meses (150 DDE).

Los análisis químicos se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Suelo y Foliar del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica. Se evaluaron los parámetros: pH en agua en una relación 1:2 por potenciometría; el carbono (C) se determinó por el método de Walkley y Black por oxidación con dicromato de potasio y a partir de este valor, multiplicado por el factor de 1,43 se obtuvo el porcentaje de la materia orgánica (MO). El contenido de Nitrógeno (N), se obtuvo por combustión seca en autoanalizador, de acuerdo al CIA-SC09-01-01-P06; los contenidos de fósforo (P), calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K) y azufre (S), se obtuvieron en líquidos por digestión húmeda. Para el contenido de los metales pesados, entre ellos cadmio (Cd), cobre (Co), cromo (Cr), plomo (Pb) y níquel (Ni) se realizó el análisis por digestión húmeda con HNO₃ y determinación por espectrofotometría de Absorción atómica con plasma, de acuerdo al CIA-SC09-01-01-P10.

La presencia de microorganismos en el abono se evaluó entre los 7 y 21 días de elaborado, momento en el que está listo para ser utilizado. Los análisis microbiológicos se realizaron de acuerdo a la metodología de dilución en placa petri por recuento directo. Se determinó utilizando agar estándar ajustado pH = 7,0 como medio de cultivo. Para hongos y

levaduras se utilizó como medio de cultivo papa, dextrosa, agar estándar (PDA) más ácido tartárico ajustado a pH = 5,6 y para actinomicetes agar nutritivo ajustado a pH = 7,0 a 7,4. Los resultados fueron expresados en logaritmo de unidades formadoras de colonias por gramo de muestra (UFC/g).

Para el análisis e interpretación de los resultados, se utilizó una estadística descriptiva que incluyó medidas de tendencia central, medidas de dispersión y estimación por intervalos, con un nivel de confianza del 95 %. Se procesó la información mediante el software estadístico *Statgraphics Plus* versión 5.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido de los principales macronutrientes primarios presentes en el abono elaborado, se puede apreciar en la Tabla II. El análisis muestra que, tanto para el nitrógeno, fósforo y potasio, en las cinco evaluaciones realizadas, se encuentra un comportamiento estable, estando las medias entre los límites inferior y superior para un 95 % de confiabilidad. En el caso del nitrógeno, el mayor contenido se obtuvo a los 120 días de elaborado el abono, lo que permite plantear que todavía durante ese tiempo se mantiene el proceso de mineralización de este elemento. Para el contenido de fósforo, se mantiene constante el contenido hasta que decrece a los 150 DDE; por otra parte, el potasio disminuye su contenido de los 30 a los 150 DDE. En sentido general, el mayor contenido es del elemento potasio, lo cual resulta lógico al tenerse en cuenta que el plátano absorbe en gran cantidad este elemento y los residuos de este cultivo son los que predominan en la elaboración de este abono (Tabla I).

Los resultados concuerdan con los expuestos en otros trabajos (4) al evaluar distintos tipos de abonos orgánicos tipo Bocashi, en el trópico húmedo de Costa Rica, los que plantean para 1,0 kg de un abono de calidad, valores entre 1,2-1,8 % de N; 0,3-0,5 % P y 1,0 a 2,0 % K. También trabajos realizados con este abono orgánico como alternativa para la fertilización del cultivo del maíz, informa en su caracterización, contenidos de NPK similares a los presentados en este trabajo (6).

Por otra parte, varios trabajos plantean que este abono sólo puede ser conservado por un mes (2), en el presente trabajo, se demuestra que con cinco meses de elaboración, aún se conservan las propiedades nutricionales del abono, donde con un 95 % de confiabilidad se demuestra la estabilidad de estos tres macroelementos durante este tiempo. Resultados similares fueron obtenidos en trabajos donde se comparan diferentes fuentes de nitrógeno en la elaboración del Bocashi, siendo el estiércol de cerdo el que aportó el mayor contenido de nitrógeno al producto final (7).

En cuanto a los contenidos de calcio, magnesio y azufre (Tabla III), se denota que para cada una de las evaluaciones, la media se encuentra entre los límites inferiores y superiores para cada elemento, lo cual manifiesta la confiabilidad en la estabilidad de estos macroelementos secundarios.

De manera general, los contenidos disminuyen con el tiempo, excepto el S, que tiende al incremento a los 120 y 150 días. Trabajos realizados con este abono plantean un contenido de Ca de 1 % y de Mg entre 0,9 – 1 % (4), rangos en los cuales se encuentran los valores del contenido de estos elementos en el Bocashi elaborado.

Tabla II. Contenidos de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en el abono Bocashi con diferentes días de elaboración (DDE)

	30 DDE	60 DDE	90 DDE	120 DDE	150 DDE
	N (%)				
X	0,86	1,31	1,20	1,41	1,25
LI	0,47	1,28	1,18	1,38	1,21
LS	1,25	1,34	1,22	1,43	1,29
ESx	0,19	0,01	0,01	0,01	0,02
	P (%)				
X	0,43	0,44	0,44	0,44	0,41
LI	0,40	0,42	0,41	0,41	0,40
LS	0,46	0,46	0,46	0,46	0,43
ESx	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00
	K (%)				
X	1,69	1,68	1,68	1,62	1,62
LI	1,66	1,66	1,67	1,59	1,59
LS	1,72	1,71	1,70	1,64	1,64
ESx	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01

LI: Límite inferior

LS: Límite superior

En la Tabla IV, se muestran los resultados de las restantes evaluaciones realizadas. El análisis del pH arrojó ser altamente alcalino y comienza a disminuir con los días de la elaboración (de 60 a 150), existen trabajos que refieren que el contenido adecuado se encuentra en un rango entre 7,8 - 8,8 (5), lo cual concuerda con el obtenido en el presente trabajo, excepto a los 60 días que se eleva a 9.0; no obstante,

la alcalinidad o acidez de un abono tiene mucho que ver con los materiales dominantes durante el proceso de compostaje del abono (8); es conocido, que los restos verdes y las cenizas de maderas pueden incrementar el pH, pues liberan compuestos alcalinos, lo cual puede estar relacionado con la alcalinidad de este producto.

Tabla III. Contenidos de macroelementos secundarios a diferentes días de elaborado el abono Bocashi

	30 DDE	60 DDE	90 DDE	120 DDE	150 DDE
			Ca (%)		
X	1,80	1,72	1,74	1,73	1,77
LI	1,77	1,69	1,71	1,70	1,73
LS	1,83	1,75	1,76	1,76	1,80
ES	0,01	0,01	0,14	0,33	0,01
			Mg (%)		
X	1,00	1,70	0,96	0,97	0,97
LI	0,93	1,69	0,95	0,96	0,92
LS	1,06	1,75	0,97	0,98	1,01
ES	0,03	0,01	0,00	0,00	0,02
			S (%)		
X	0,14	0,14	0,14	0,17	0,17
LI	0,10	0,10	0,10	0,15	0,15
LS	0,17	0,18	0,17	0,19	0,19
ES	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

LI: Límite inferior

LS: Límite superior

Tabla IV. Otros elementos químicos presentes en el abono

	30 DDE	60DDE	90DDE	120DDE	150DDE
			pH H ₂ O		
X	8,2	9,3	8,6	8,6	8,6
LI	8,18	9,18	8,6	8,5	8,5
LS	8,56	9,56	8,7	8,6	8,7
ES	0,09	0,09	0,02	0,02	0,02
			MO (%)		
X	20,94	24,49	26,07	18,06	20,38
LI	20,86	24,36	25,81	17,97	20,19
LS	21,03	24,61	26,33	18,14	20,58
ES	517,76	0,06	0,13	0,00	0,09
			C (%)		
X	14,65	17,13	18,23	12,63	14,36
LI	14,59	17,04	18,05	12,57	14,31
LS	14,71	17,21	18,42	12,69	14,41
ES	0,02	0,04	0,09	0,03	0,02
			C/N		
X	12,02	13,62	15,52	9,47	11,25
LI	11,57	13,50	15,33	9,30	11,04
LS	12,47	13,74	15,71	9,64	11,45
ES	0,2	0,06	0,09	0,08	0,10
			Humedad (%)		
X	55,25	45,75	45,5	40,75	37,25
LI	53,57	45,26	44,52	40,26	36,76
LS	56,92	46,23	46,47	41,23	37,73
ES	1,28	0,25	0,5	0,25	0,25

En cuanto al contenido de materia orgánica, los valores en los diferentes muestreos oscilan entre un 20 y 24 %, esta es una condición adecuada para que se realice una descomposición completa del abono y se asegure una buena mineralización (9).

Para el porcentaje de carbono, sus valores fluctúan entre 14 y 18 % dependiendo de los días de elaboración, de los 30 a los 90 se incrementa y a los 150 se estabiliza nuevamente, siendo muy similar al valor inicial. En este caso, los valores obtenidos se encuentran dentro de los reportados en diferentes trabajos, donde Bocashis elaborados con excretas de cerdo y raquis de banano, obtienen un porcentaje de carbono de 15. Evidentemente, el raquis de plátano es una fuente de C de fácil descomposición debido a su alto contenido de almidones, lo que no influyó negativamente sobre la relación C/N del abono elaborado. Igualmente, diferentes trabajos en este sentido, exponen que la disponibilidad de los macronutrientes se mantiene estable en correspondencia con la mineralización del carbono (10, 11).

Resulta interesante destacar la tendencia seguida por la variable % C, que mantuvo un incremento desde los 30 y hasta los 90 días, con la posterior caída de su valor a los 120 días y ulterior elevación de la concentración de este elemento a los 150 días. Es muy posible que este comportamiento se deba a que el Bocashi es un abono orgánico parcialmente descompuesto y después del período de fermentación y posterior almacenamiento, es posible que continúe el proceso de compostaje de los materiales, incrementándose el contenido de C total por efecto de la multiplicación de los microorganismos presentes en el mismo.

Al respecto, se ha planteado que en el proceso de fermentación y maduración de los abonos orgánicos, ocurre una elevación de las poblaciones de los microorganismos presentes en el abono, de conjunto con una elevación de la temperatura, debido al incremento de su metabolismo. Posteriormente, se detecta una disminución de estas variables porque se agota el sustrato consumido por los microorganismos. La posterior elevación de las poblaciones microbianas, revela una tendencia a la estabilidad del material compostado (12).

Son varios los trabajos que afirman que un abono de calidad debe tener una relación C/N menor que 20 y un contenido de N mayor que 1,0 % (13), lo cual es corroborado en la presente investigación. Como se observa en la tabla, con una confiabilidad del 95 %, la relación C/N se mueve entre 11,25 a 12,02, alcanzando un mayor valor a los 90 DDE con 15,52; se plantea que una relación C/N adecuada para un Bocashi se encuentra en el rango de 11,00-15,00 (14, 15); también es conocido que esta juega un papel fundamental en la mineralización de N de un abono, por tanto, es posible

utilizar esta relación para predecir la capacidad de un abono para mineralizar N y por consiguiente estimar su calidad desde el punto de vista de proveer este nutriente al suelo. En el caso de una relación C/N de un abono orgánico menor que 20, significa que la materia orgánica es degradada fácilmente (13), esta es considerada como un índice de la velocidad de descomposición del abono y la posterior mineralización de sus nutrimentos.

Los dos constituyentes básicos de la MO se expresan en la relación C/N, lo que hace que el carbono y el nitrógeno sean variables importantes para obtener una buena enmienda orgánica con relación equilibrada entre ambos elementos.

En relación a los contenidos de humedad en los diferentes muestreos, se encontró el mayor porcentaje a los 30 DDE, disminuyendo progresivamente hasta la última evaluación (150 DDE), el alto contenido en el muestreo inicial podría ser atribuido a los diferentes tipos de materiales utilizados en la mezcla, fundamentalmente a los residuos de plátano que contienen gran cantidad de agua (16, 17) y es uno de los materiales de mayor presencia en el abono (Tabla I).

El resultado de los elementos analizados, demostró que la fuente de N (estiércol porcino) tuvo un efecto positivo. Estudios realizados en este sentido, encontraron que el contenido de nitrógeno fue mayor en el Bocashi con cerdaza que en el Bocashi con bovinaza (13). Estos resultados indican que la excreta de cerdo es una opción viable como fuente de N en la elaboración de Bocashi como sustituto de la gallinaza que es la fuente recomendada para la elaboración del abono (18). Sin embargo, es importante recalcar que el alimento ingerido por el animal influye en el contenido de elementos en sus heces, por lo que en otras condiciones de alimentación el resultado podría variar, por lo tanto, actualmente se llama "Bocashi" al sistema de producción y no a la receta original.

Otro de los aspectos importantes a considerar, es el riesgo que puede representar la contaminación por metales pesados, si las concentraciones de estos elementos rebasan los límites establecidos en las normas. En la Tabla V, se muestran los valores obtenidos en dos momentos de evaluación; solo el Cd, muestra un cambio brusco en su contenido, el resto mantuvo valores similares en ambos momentos de la evaluación. El contenido para cada uno de los elementos no se considera perjudicial ya que se encuentran muy por debajo de los límites establecidos, según la norma de EUA (19), cuyos valores se muestran en la tabla. En este caso hay que resaltar que los bajos contenidos observados pueden deberse al origen de los materiales orgánicos utilizados, ya que los desechos prioritariamente vegetales no presentan altos riesgos de contaminación.

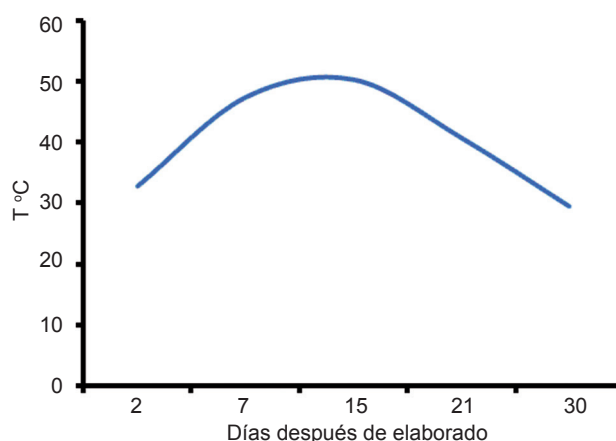
Tabla V. Contenidos de metales pesados (mg.kg⁻¹) en el Bocashi elaborado en diferentes momentos de muestreo

	120 DDE	150 DDE	120 DDE	150 DDE
		Cd		Co
X	5,73	43,0	11,77	11,59
LI	5,71	34,34	11,73	11,53
LS	5,74	51,65	11,82	11,65
ES	0,00	4,41	0,22	0,03
		Cr		Pb
X	18,05	18,64	4,48	4,37
LI	17,94	18,23	4,44	4,34
LS	18,15	19,04	4,51	4,04
ES	0,05	0,2	0,01	0,01
		Ni	Norma EUA (EPA, 1993) (mg.kg ⁻¹)	
	120 DDE	150 DDE	Cd: 85	Pb:300
	ND	ND	Cr:1200	Co:1500

ND: No detectado

De las comunidades microbianas aisladas del abono (Tabla VI), se presentan concentraciones adecuadas de los grupos de microorganismos que se encuentran presentes, de acuerdo a los máximos permisibles que se plantean para abonos orgánicos (20). Durante el proceso de compostaje ocurren cambios en las poblaciones de microorganismos presentes en los sustratos, debido a las transformaciones químicas sufridas por los materiales, esto se pone de manifiesto en las diferencias que se observan en las poblaciones, donde de la primera evaluación (7 DDE) a la tercera (21 DDE), se decrece, excepto para los lactobacillus los cuales tienden a aumentar. La mayor presencia es de bacterias lo que puede contribuir a mejorar la rapidez de la descomposición, también contribuir a alcanzar altas temperaturas, lo que favorecería el proceso de destrucción de microorganismos patógenos por competencia e inhibición (20).

En el resultado se ponen de manifiesto dos etapas de descomposición del abono, la mesofílica en la primera evaluación (7 DDE) la cual es de corta duración y la segunda evaluación coincide con la etapa termofílica (15 DDE) donde se desarrollan microorganismos termófilos que aumentan con el incremento de la temperatura (Figura 1). Esta elevación causa la desaparición de larvas y huevos de insectos y se crean condiciones propicias también para la eliminación de bacterias patógenas. En la tercera evaluación (21 DDE) se pone de manifiesto la disminución de la actividad microbiana lo que puede estar relacionado con el agotamiento de las sustancias dadoras de energía y el predominio de aquellas altamente resistentes como la lignina y las celulosas (11).

**Figura 1. Temperatura alcanzada por el abono con diferentes días de elaboración**

La fabricación de los abonos se inicia por la acción de una amplia y heterogénea población microbiana quimioheterotrófica de hábitos mesófilos y a medida que esta respira, la temperatura del montículo aumenta y los mesófilos van siendo sustituidos por otros microorganismos, también heterotróficos pero termófilos. Cuanto mayor es la disponibilidad de los residuos, más rápidamente se eleva la temperatura. Finalmente en la medida que los sustratos carbonados son metabolizados, la temperatura comienza a descender y se establece de nuevo una etapa mesofílica y se inicia la conocida maduración del abono que puede ser más o menos prolongada (14).

Tabla VI. Microorganismos presentes en el abono Bocashi en diferentes días de elaboración del abono

Días	Bacterias UFC/g	Actinomicetes UFC/g	Hongos UFC/g	Levaduras UFC/g	Lactobacillus UFC/g
7	1,1 x 10 ⁷	1,2 x 10 ⁵	Menor de 1 x 10 ³	1,2 x 10 ⁵	3 x 10 ⁶
15	8,5 x 10 ⁸	1,1 x 10 ⁶	1,8 x 10 ⁶	Menor de 1 x 10 ³	8,6 x 10 ⁷
21	9,7 x 10 ⁷	5,4 x 10 ³	2,7 x 10 ³	Menor de 1 x 10 ³	2,2 x 10 ⁷

Una medida de la calidad de los abonos son los indicadores de madurez o estabilidad del producto, la respiración es una respuesta de la actividad microbiana en el producto final. Como se aprecia en la Figura 2, la misma aumenta con los días de fermentación del abono, oscilando entre 1-1,5, estos valores manifiestan la estabilidad del abono, ya que se plantea que un Bocashi es estable cuando la tasa de respiración es menor de 2 mg CO₂/g SV t, lo que quiere decir que es un abono bien terminado, no continúa la descomposición, no produce mal olor y no tiene potencial para fitotoxicidad (22).

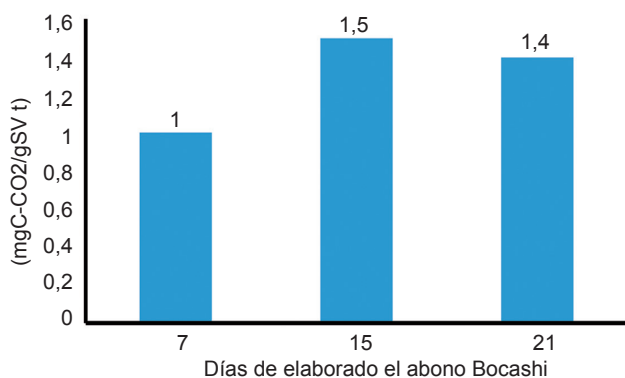


Figura 2. Tasa de respiración de los microorganismos presentes en el abono Bocashi en diferentes momentos de evaluación

Se considera, que el bono está listo cuando no se distinguen los residuos que fueron incorporados, la mezcla es uniforme y tiene un aspecto a tierra negra y esponjosa (14). En la foto, se muestran los componentes iniciales para la elaboración del abono (A) y el terminado (B) después de los 21 días de su elaboración, se aprecia como coincide con las características anteriormente mencionadas.



Fotos del autor

Elementos iniciales para la elaboración del abono (A) y producto final a los 21 días de elaborado (B) y listo para ser utilizado

CONCLUSIONES

El abono orgánico tipo Bocashi, elaborado a partir de residuos agrícolas de la producción de plátano, resultó ser un abono con adecuado contenido nutricional, esto indica que los residuos de cosecha utilizados son elementos de fácil degradación. De igual forma, la excreta de cerdo constituye una importante fuente de nitrógeno para la calidad nutricional del abono. Es un producto con bajos contenidos en metales pesados y con una adecuada vida microbiana. Sin embargo, es posible que el almacenamiento por periodos largos no permita que se genere el mismo aporte nutricional y microbiológico esperado; no obstante, según este estudio hasta los 150 días de su elaboración, el producto reúne características adecuadas para ser utilizado. Por último, es importante resaltar que este es un campo muy promisorio y aún se requiere de enorme conocimiento científico y tecnológico. No obstante, se aporta evidencia cuantitativa de la disponibilidad de nutrientes, que sin pretender ser definitiva, presenta valores que podrían ser utilizados como referencia para futuros trabajos.

REFERENCIAS

1. Benzing, A. Agricultura Orgánica - fundamentos para la región andina. Neckar-Verlag. Villingen- Schwenningen, Alemania. 2001. 682 p.
2. Ramírez-Builes, V. H. y Naidu, D. N. Respuesta del lulo La Selva (*Solanum quitoense* x *Solanum hirtum*) a la aplicación de fermentados aeróbicos tipo Bocashi y fertilizante químico. *Acta Agronomica*, 2010, vol. 59, no. 2, p. 155-161.
3. Liang, W /et al./.. Nematode faunal to long-term application of nitrogen fertilizer and organic manure in northeast China. *Soil Biology and Biochemistry*, 2009, vol. 41, no. 5, p. 883-890.

4. Castro, A.; Henríquez, C. y Bertsch, F. Capacidad de suministro de N, P y K de cuatro abonos orgánicos. *Agronomía Costarricense Revista de Ciencias Agrícolas*, 2009, vol. 33, no. 1, p. 31-43.
5. Restrepo, J. Manual Práctico A, B, C, de la Agricultura Orgánica y panes de Piedra. *Abonos Orgánicos Fermentados*, 2007, vol. 1. 86 p.
6. Álvarez, D. J. *et al.*. Manejo integrado de fertilizantes y abono orgánico en el cultivo del maíz. *Agrociencia*, 2010, vol. 44, no. 5, p. 32-36.
7. Parra, C. O.; Herrera, R. y Mairena, J. Situación actual de la comercialización del abono orgánico Bocashi en el Sugamuxi Cuadernos de Administración. Universidad del Valle. Colombia. 2009. no. 42, p. 141-154.
8. Van Eekeren, N.; de Boer, H.; Bloem, J. y Schouten, T. Soil biological quality of grass land fertilized with adjusted cattle manure slurries in comparison with organic and inorganic fertilizer. *Biol. Fertil. Soil.*, 2009, vol. 45, p. 595-608.
9. Stella, F. A. *et al.*. Estandarización de enmiendas orgánicas para banano en América Latina y el Caribe. ACORBAT. Brasil. 2008. p. 234-240.
10. Pérez, C. M.; Pérez, C. A. y Vertel, M. M. Caracterización nutricional, físico-química y microbiológica de tres abonos orgánicos para uso en agroecosistema de pasturas en la subregión sabanas del departamento de sucre, Colombia. *Revista Tumbaga*, 2010, vol. 5, p. 27-37.
11. Kaur, V. I. y Ansal, M. D. Efficacy of vermicomposting and fish pond manure –Effect on water quality and growth of *Cyprinus carpio*. *Bioresources Technology*, 2010, vol. 101, no. 15, p. 6215-6218.
12. Soto, G. Abonos orgánicos: Definiciones y procesos. En: *Abonos orgánicos: Principios, características e impacto en la agricultura*. Ed Meléndez, G. San José, Costa Rica. 2003. p. 50-63.
13. Meléndez, G. Indicadores químicos de calidad de abonos orgánicos. En: *Abonos orgánicos: Principios, características e impacto en la agricultura*. Ed Meléndez, G. San José, Costa Rica. 2003. p. 50-63.
14. Meléndez, G. y Soto, G. Como medir la calidad de los abonos orgánicos. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 2004, no. 72, p. 91-97.
15. Leblanc, A.; Cerrato, E. M. y Vélex, E. L. Comparación del contenido de nutrientes de bokashis elaborados con desechos de fincas del trópico húmedo de Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*. 2005, no. 76, p. 50-56.
16. Garcés, H. y Hernán, M. Comparación de la calidad y efectos de lixiviados obtenidos a partir de raquis de banano (*Musa acuminata*) y plátano (*Musa balbisiana*) mediante transformación aeróbica y anaeróbica. 2012. [Consultado: 20/diciembre/2012]. Disponible en: <<http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/13791>>.
17. Sasaki, S.; Alvarado, A. y Li Kam, A. Agricultura orgánica. Proyecto de Agricultura Orgánica, UCR-JOCV. 1994. 30 p.
18. Leblanc, H. A.; Cerrato, M. E.; Miranda, A. y Valle, G. Determinación de la calidad de abonos orgánicos a través de bioensayos. *Tierra Tropical*, 2007, vol. 3, p. 97-107.
19. Henry, C. C. Review of composting literature. Technical information on the use of organic material as soil amendment a literature review. Washington DC, US, Soil waste Composting Council. 1991. 45 p.
20. Gong, W.; Yan, X; Wang, J.; Hu, T. y Gong, Y. Long-term manure and fertilizer effects on soil organic matter fractions and microbes under a wheat–maize cropping system in northern China. *Geoderma*, 2009, vol. 149, no. 3-4, p. 318-324.
21. Kumar, R. y Singh, N. Effect of organic manure on sorption and degradation of azoxystrobin in soil. *Journal of Agric. Food. Chem.*, 2009, vol. 57, no. 2, p. 632-636.
22. Hachicha, S. *et al.*. Biological activity during-composting of sludge issued from the OMW evaporation ponds with poultry manure-physico-chemical characterization of the processed organic. *Journal of Hazardous Material*, 2009, vol. 162, no. 1, p. 402-409.

Recibido: 8 de enero de 2013

Aceptado: 16 de mayo de 2013

¿Cómo citar?

Ramos Aguero, David; Terry Alfonso, Elein; Soto Carreño, Francisco y Cabrera Rodríguez, Juan A. Bocashi: abono orgánico elaborado a partir de residuos de la producción de plátanos en Bocas del Toro, Panamá. *Cultivos Tropicales*, 2014, vol. 35, no. 2, p. 90-97.