

## CALIDAD DE ABONOS TIPO BOCASHI A PARTIR DE CUATRO TIPOS DE ESTIÉRCOL

### QUALITY OF BOCASHI-TYPE FERTILIZERS FROM FOUR TYPES OF MANURE

ANTURIANO MOJICA, H., BARBA AGUILAR R.

## RESUMEN

La calidad física y química de los abonos obtenidos con la técnica Bocashi, a partir de estiércol de equino, porcino, bovino y gallinaza, y seleccionar la formulación con mejores características. Se elaboraron 8 tratamientos, 2 con cada tipo de estiércol, cada uno con 4 réplicas, bajo un diseño experimental completamente aleatorizado (DCA), cada pila de fermentación aeróbica contenía de 15 - 16 kg. Las características evaluadas en los estiércoles fueron los contenidos de ceniza, materia orgánica, carbono y nitrógeno. Durante el proceso de fermentación, se determinó la temperatura y pH. En el producto final se analizó el pH, conductividad eléctrica, contenido de materia orgánica y nutrientes (N, P, K, Ca, Mg y Na). El contenido de materia orgánica en la gallinaza fue el más elevado con 79,30 %; seguido del estiércol de equino con 41,03%, en general las concentraciones de nitrógeno fueron bajas, siendo el estiércol de equino, el de menor porcentaje con 1,17%, y la gallinaza con mayor porcentaje 1,55. Los valores de pH variaron entre 7,08 a 9,30. El tratamiento, elaborado con gallinaza (25,38%), chala de arroz (25,38%), tierra cernida (25,38%), afrecho de arroz (5,08%), carbón vegetal (12,69%), tierra negra (2,54%), cal (2,54%), melaza (0,51%) y levadura (0,51%) presentó una densidad de 0,46 g cm<sup>-3</sup>, con elevado contenido de nitrógeno (1,40%) y potasio (6,10%), por ello fue considerado como el abono con mejores características física y químicas. Los abonos obtenidos presentaron elevados contenidos de N, P y K, nutrientes de rápida disponibilidad para las plantas.

## ABSTRACT

The physical and chemical quality of the fertilizers obtained with the Bocashi technique, from horse, pig, bovine and chicken manure, and select the formulation with the best characteristics. 8 treatments were made, 2 with each type of manure, each with 4 repeats, under a completely randomized experimental design (DCA), each aerobic fermentation pile contained 15-16 kg. The characteristics evaluated in the manures were the content of ash, organic matter, carbon and nitrogen. During the fermentation process, the temperature and pH were determined. The final product was analyzed for pH, electrical conductivity, content of organic matter and nutrients (N, P, K, Ca, Mg and Na). The organic matter content in chicken manure was the highest with 79.30%; followed by horse manure with 41.03%, in general nitrogen concentrations were low, equine manure being the lowest percentage with 1.17%, and chicken manure with the highest percentage 1.55. The pH values ranged from 7.08 to 9.30. The treatment, made with chicken manure (25.38%), rice husk (25.38%), sifted earth (25.38%), rice bran (5.08%), charcoal (12.69%), black earth (2.54%), lime (2.54%), molasses (0.51%) and yeast (0.51%) presented a density of 0.46 g cm<sup>-3</sup>, with high nitrogen content (1.40%) and potassium (6.10%), for this reason it was considered as the fertilizer with the best physical and chemical characteristics. The fertilizers obtained presented high contents of N, P and K, nutrients of rapid availability for the plants.

## PALABRAS CLAVE

Alcachofas (*Cynara scolymus*), Automatismo, Invernaderos.

## KEYWORDS

Bocashi, Organic Compost, Manure, Quality of Compost.

## INTRODUCCIÓN

**E**l aprovechamiento del estiércol animal en la preparación de abonos orgánicos, no solo disminuye la cantidad de pasivos ambientales, siendo un material con excelente cantidad orgánica, resulta beneficioso e indispensable en dicha preparación, cualquiera sea el tipo de abono orgánico donde se emplee el estiércol animal. Algunos factores que influyen en la preparación y manejo del Bocashi son los siguientes: Temperatura, según Alvear (2004) citado por Ortega (2012), está en función del incremento de la actividad microbiológica del abono, que comienza con la mezcla de los componentes. Después de 14 horas del haberse preparado el abono debe de presentar temperaturas entre 45 a 55 °C. Sin embargo, Albarracín (2019), indica que una de 50 °C ya es un buen indicador.

Humedad, de acuerdo al reporte de PESA (2012), la humedad óptima para el proceso de fermentación del abono, oscila entre 50 % a 60 % (en peso). Si está muy seco, inferior a 35 % de humedad, la descomposición es muy lenta, si está muy húmedo, mayor a 60 %, se reduce el oxígeno para la fermentación,

El pH tiene una influencia directa en el compostaje debido a su acción sobre la dinámica de los procesos microbianos. Según Castillo (2013), el pH debe oscilar entre 6,0 y 7,5, los valores extremos inhiben la actividad microbiológica durante el proceso, sin embargo, al inicio de la fermentación el pH es bajo, gradualmente aumenta con la evolución de la fermentación o maduración del abono.

Aireación, PESA (2012), calcula que como mínimo debe existir entre 5 % a 10 % de concentración de oxígeno en los macro poros de la mezcla de materiales.

Según las investigaciones la reducción del tamaño de las partículas de los componentes del abono puede presentar la ventaja de aumentar la superficie para su descomposición microbiológica. Sin embargo, el exceso de partículas muy pequeñas puede llevar fácilmente a una compactación que favorece el desarrollo de un proceso anaeróbico, lo que no es ideal para obtener un buen abono orgánico fermentado, (PESA, 2012).

Por otro lado, la forma de preparar el Bocashi es variada y se ajusta a las condiciones y a los materiales que cada campesino dispone en su finca o comunidad, (Castillo, 2013). Es decir, no existe una única receta o fórmula para hacer los abonos.

Ramos (2009), sostiene que, para mantener la calidad del abono, se deben seguir las siguientes recomendaciones: Protegerlo del sol, el viento y las lluvias, almacenarlo bajo techo en un lugar fresco. envasarlo en sacos de polipropileno, no guardarlo por más de dos meses. Bertolí et al., (2015), enlistan ventajas de la elaboración de abono tipo Bocashi: Que no exige inversiones económicas muy altas en obras de infraestructura rural; la facilidad en su manejo durante su transporte y disposición de materiales para elaborarlo; así como el manejo del volumen de abono, se puede elaborar pequeños o grandes volúmenes; de acuerdo con las condiciones económicas y con las necesidades de cada productor, el uso de materiales existentes en las fincas (residuos de cosechas, estiércoles, suelo fértil, polvo de arroz, harina de huesos, leche o suero, melaza o guarapo, hojarasca) y otros que existen el mercado como cal agrícola y levadura; su elaboración en la mayoría de los ambientes y climas donde se realicen actividades agropecuarias; la posibilidad de utilizar el producto final en los cultivos, en un período relativamente corto y a costos muy bajos; que el crecimiento de las plantas es estimulado por una serie de fitohormonas y fitoreguladores naturales que se activan en los abonos fermentados.

De acuerdo con Castillo (2013), una de las desventajas que presenta la elaboración de abono tipo Bocashi, es que requiere una estricta supervisión del proceso, si no se maneja adecuadamente emanan malos olores, proliferan en el sustrato microorganismos patógenos e insectos dañinos.

Se analizaron todos los factores que conllevan a la elaboración de abono tipo Bocashi, utilizando diferentes estiércoles animales

como ser el estiércol de: Equino, Porcino, Bovino y Avícola. Se evaluó distintas formulaciones para determinar el abono tipo Bocashi de mejor calidad.

## MÉTODOS Y MATERIALES

Los materiales que se emplearon en la ejecución de las diferentes actividades desarrolladas en la investigación fueron: Balanza, vasos de precipitados, probetas, espátulas, bolsas plásticas, agua destilada, pHmetro, termómetro.

Las excretas de equino y porcino fueron colectadas con elevado contenido de humedad, y en las de bovino, la humedad era menor. Para reducir la humedad, los estiércoles fueron esparcidos sobre plásticos, para su secado a la sombra durante cinco días. Los estiércoles fueron disgregados con la mano, haciendo uso de guantes, tapabocas y lentes, para aumentar la superficie de contacto y facilitar la actividad microbiana en el proceso de fermentación. Los otros materiales orgánicos fueron picados y reducidos a tamaños inferiores a 5 cm de largo y 2 cm de ancho. El carbón vegetal fue triturado con la ayuda de un martillo.

En un ambiente con sombra, se apilaron los materiales en capas sucesivas. Primero se colocó el estiércol, se adicionó de acuerdo al tratamiento la chala de arroz, o el pasto verde picado, luego el pulido de arroz, la tierra cernida, el carbón vegetal triturado, y el carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>), al final se aplicó agua de lluvia en mezcla, según el tratamiento, con melaza o azúcar morena y levadura. Se mezclaron todos los materiales con pala y se formó una pila, que fue cubierta con plástico negro. Transcurridas 14 horas después de la formación de las pilas, se procedió a voltear y mezclar los materiales, manteniendo la forma inicial, esta actividad se realizó durante todo el proceso hasta que la temperatura del abono descendió a la temperatura ambiente.

Diariamente se realizó la medición a la temperatura con un termómetro de laboratorio, que fue introducido en la parte superior central de la pila y otro en un costado de la misma.

La determinación de pH, se realizó en cuatro oportunidades, una con la ayuda de papel tornasol y las otras tres lecturas fueron realizadas en el laboratorio, cada 2 días, se realizó tomando 10 g del material y se diluyó en 50 ml de agua destilada, fue homogenizada de forma manual durante 10 minutos y se realizó la lectura con un pHmetro.

Transcurrido 25 días del establecimiento del experimento, tiempo en el cual el abono alcanzó su maduración, se tomó una muestra de cada uno de los tratamientos y se analizaron de las propiedades química presentes en el abono.

La recolección de los estiércoles se realizó en bolsas quintaleras de yute, luego fueron transportadas del sitio de acopio al lugar del establecimiento del estudio, para su secado.

Posterior a la homogeneización de los estiércoles, se tomó 1,00 kg para determinar sus propiedades químicas.

Se recolectaron todos los materiales e insumos para la preparación de los tratamientos y para aumentar la superficie de contacto de los materiales y facilitar la actividad microbiana en el proceso de fermentación los ingredientes de los tratamientos se acondicionaron por separado. Los estiércoles secos fueron disgregados manualmente, haciendo uso de guantes y barbijos como medidas de protección. El pasto verde, se cortó con cuchillo en tamaño inferior a 5 cm. El carbón vegetal fue desmenuzado. Los componentes de cada tratamiento se detallan en el Tabla 2. Utilizando la guía de elaboración de Bocashi Castillo (2013) citado por Albarracín (2019), se procedió de la siguiente manera:

La primera capa corresponde al estiércol, con humedad menor al 20 %.

En cuatro tratamientos se distribuyó chala de arroz y los otros cuatros, pasto verde.

Se aplicó la cantidad correspondiente a cada tratamiento de tierra cernida y tierra de negra.

Se añadió una capa de carbón vegetal previamente molido.

Finalmente se espolvoreó la cal y el afrecho de arroz.

Luego se procedió a preparar las dos soluciones para humectar los materiales, como se muestra a continuación:

En cuatro tratamientos se aplicó la mezcla de melaza con levadura diluida en 500 ml de agua embotellada.

Cuatro tratamientos fueron humectados con la mezcla de azúcar morena con levadura diluida en 500 ml de agua embotellada.

Las cantidades de agua utilizada en los tratamientos de Bocashi en mililitros fueron: T1→5500, T2→5000, T3→3000, T4→3000, T5→5250, T6→5000, T7→11000, T8→1000.

Después de mezclar todos los materiales por tratamiento, se dividió en cuatro porciones de igual peso, cada porción correspondió a una unidad experimental, que fue tapada con plástico, para acelerar el proceso de fermentación.

En un recipiente de plástico se pesó 10 g de cada tratamiento, se adicionó 50 ml de agua destilada y se agitó a 150 rpm, durante 30 minutos, luego se procedió a leer en un pHmetro, marca Wilton W. T., previamente calibrado a pH 10, 7 y 4.

El proceso de fermentación se realizó durante 33 días, tiempo recomendado por diferentes autores (Nakasaki, 2005; Moneva, 2019; Sequeira, 2019) para la descomposición y transformación de los materiales orgánicos en abono, transcurrido ese tiempo los abonos fueron comparados con las características física (temperatura, olor y color) y químicas (contenido de materia orgánica y nitrógeno) descritas en la Guía para el Aprovechamiento de Residuos Sólidos Orgánicos publicada el año 2012, por el Ministerio de Medio Ambiente y Agua mediante la Dirección General de Gestión Integral de Residuos Sólidos, para compost.

Al finalizar el proceso de fermentación se determinó la densidad aparente de los abonos tipo Bocashi

De cada tratamiento, se tomó abono y se colocó en una probeta de 50 ml hasta la mitad, se aplicó tres golpes de forma leve, para que el material se distribuyera, luego se completó la otra mitad de la probeta hasta enraizar el volumen el contenido de la probeta fue pesado.

Transcurridos 15 días de la finalización del proceso de fermentación, cada tratamiento fue homogeneizado para luego tomar 1,00 kg de abono para la determinación de las características químicas del producto final.

Para identificar el abono con mejor calidad física y química se utilizaron los parámetros establecidos en la Norma Técnica Colombiana – 5167 citada por Arias & Reyes (2018).

## RESULTADOS

Los resultados del análisis bromatológico se encuentran en el Tabla 1.

Tabla 1. Análisis Bromatológico de los Estiércoles.

Componentes	Estiércol de Equino	Estiércol de Porcino	Estiércol de Bovino	Gallinaza
Materia orgánica (%)	41,03	38,65	52,85	79,30
Cenizas (%)	67,60	96,30	47,15	20,70
Proteína (%)	7,33	12,01	11,49	13,59
Carbono (%)	23,85	22,47	30,72	46,10
Nitrógeno (%)	1,17	1,37	1,31	1,55
Relación C/N	20,38	16,40	23,45	29,74

Los componentes de cada tratamiento se detallan en la tabla 2

Tabla2: Formulaciones de Abono Tipo Bocashi.

T1, T3, T5 y T7: Estiércol 4,00 kg (25,38 %), chala de arroz 4,00 kg (25,38 %), tierra cernida 4,00 kg (25,38 %), afrecho de arroz 0,80 kg (5,08 %), carbón vegetal 2,00 kg (12,69 %), tierra negra 0,40 kg (2,54 %), cal 0,40 kg (2,54 %), melaza 0,08 kg (0,51 %), levadura 0,08 kg (0,51 %). Total 15,76 kg.

T2, T4, T6 y T8: Estiércol 4,00 kg (26,74%), pasto verde 4,00 kg (26,74%), tierra cernida 4,00 kg (26,74%), afrecho de arroz 0,80 kg (5,35%), carbón vegetal 2,00 kg (8,00%), tierra negra 0,40 kg (2,67%), cal (1,74%), azúcar morena 0,08 kg (1,74%), levadura 0,08 kg (0,27%). Total 15,76 kg.

T1, T2: Estiércol de Equino; T3, T4: Estiércol de Porcino; T5, T6: Estiércol de Bovino; T7, T8: Gallinaza.

Las temperaturas determinadas durante el proceso se indican en la tabla 3

Tabla 3. Temperaturas Registradas Durante el Proceso de Fermentación de los Abonos Tipo Bocashi.

Días	Estiércol de Equino		Estiércol de Porcino		Estiércol de Bovino		Gallinaza		CV, %	DMS
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8		
Inicio	26,50	24,00	25,08	24,75	29,58	24,00	30,25	25,08	7,87	3,00
3	39,00	33,17	36,50	34,92	36,38	32,83	42,63	40,17	2,39	1,29
4	32,75	31,50	33,50	33,50	33,25	33,50	32,50	32,50	2,60	1,25
6	37,25	34,75	33,00	36,50	37,50	34,50	37,50	38,25	2,28	1,20
8	39,50	35,00	33,75	35,75	38,50	35,25	38,25	39,25	2,33	1,25
10	34,50	32,25	40,25	30,00	38,00	28,50	40,50	35,75	1,96	0,99
12	30,50	30,50	34,50	28,00	38,00	31,00	34,00	37,00	2,23	1,07
14	30,50	29,50	35,25	29,75	37,25	33,50	35,25	37,25	2,34	1,14
16	32,00	30,25	37,00	31,00	37,00	37,00	36,00	37,00	3,57	1,81
19	30,25	35,00	36,00	37,00	34,00	30,50	32,50	32,25	1,14	0,56
23	28,00	28,00	30,25	28,00	25,75	28,00	29,75	26,25	1,56	0,52
27	29,00	28,00	29,50	28,00	29,00	28,00	32,25	28,50	1,83	0,77
30	30,50	28,00	28,00	28,00	28,00	30,25	29,25	28,00	1,12	0,46

Los valores a lo largo del proceso se muestran en la tabla 4.

**Tabla 4.** pH Registradas Durante el Proceso de Fermentación de los Abonos.

		Días después del inicio			
Tratamientos		6	9	15	22
Estiércol de Equino	T1	8,75	9,08	9,01	9,30
	T2	7,56	8,42	8,97	8,83
Estiércol de Porcino	T3	8,06	8,92	9,10	9,03
	T4	7,13	8,24	8,37	8,23
Estiércol de Bovino	T5	7,94	8,97	9,06	8,51
	T6	7,06	8,66	8,63	8,31
Gallinaza	T7	7,94	8,89	9,06	9,02
	T8	7,75	8,69	8,80	8,33
CV (%)		2,56	1,27	0,73	0,48
DMS		0,29	0,16	0,09	0,06

En la tabla 5 registran los indicadores de la maduración de los abonos.

**Tabla 5.** Indicadores para Valor la Maduración de los Abonos.

Indicadores de Maduración		Temperatura (°C)	Tiempo, Días.	Olor	Color
Estiércol de Equino	T1	42	28,00	Tierra húmeda	Ma
	T2	35	28,00		Ne
Estiércol de Porcino	T3	50	28,00		Ma
	T4	42	28,00		Ne
Estiércol de Bovino	T5	35	28,00		Ma
	T6	35	29,25		Ne
Gallinaza	T7	50	29,25		Ma
	T8	35	28,00		Ne

Ma = Marrón; Ne = Negro

En la tabla 6 se exhiben los valores fisicoquímicos y las concentraciones de los nutrientes de los abonos.

**Tabla 6.** Composición Química de los Abonos Tipo Bocashi.

Análisis	Estiércol de Equino		Estiércol de Porcino		Estiércol de Bovino		Gallinaza	
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
pH (1:5) agua	8,20	8,00	7,80	7,80	7,90	7,80	8,30	8,10
CE mmho cm <sup>-1</sup>	5,43	2,72	3,74	1,23	4,75	2,57	7,00	2,85
MO (%)	34,20	19,90	25,50	16,90	40,20	28,50	51,10	25,60
N (%)	1,10	0,60	0,90	0,41	1,20	1,00	1,40	0,70
P (%)	1,76	1,48	1,63	1,29	1,54	1,54	1,68	1,55
K (%)	5,92	3,12	4,72	1,62	5,90	2,81	6,10	4,42
Ca (%)	2,53	2,22	2,09	1,76	1,82	2,57	3,94	1,62
Mg (%)	0,86	0,75	0,84	0,69	1,08	1,00	1,14	0,72
Na (%)	1,86	0,78	1,31	0,14	1,67	0,68	2,83	1,01
Relación C/N	18,03	19,24	16,43	23,91	19,43	16,53	21,17	21,21

En la tabla 7 se comparan los valores de los abonos estudiados con la norma técnica colombiana 5167.

**Tabla 7.** Comparación de las características de los Abonos Tipo Bocashi con la Norma Técnica Colombiana – 5167

Característica	Densidad g cm <sup>-3</sup>	pH	N, %	P, %	K, %	
Valor NTC- 5167	Máximo 0,60	4,00 a 9,00	> 1,00	> 1,00	> 1,00	
Estiércol de Equino	T1	0,44	8,20	1,10	1,76	5,92
	T2	0,77	8,00	0,60	1,48	3,12
Estiércol de Porcino	T3	0,49	7,80	0,90	1,63	4,72
	T4	0,82	7,80	0,41	1,29	1,62
Estiércol de Bovino	T5	0,42	7,90	1,20	1,54	5,90
	T6	0,67	7,80	1,00	1,54	2,81
Gallinaza	T7	0,46	8,30	1,40	1,68	6,10
	T8	0,53	8,10	0,70	1,55	4,42

## DISCUSIÓN

Como se ve en la tabla 1 en la gallinaza, el contenido de materia orgánica fue el más elevado, 79,30 %, valor superior al registrado por Escóbar (2014) con 52,21 %. El estiércol porcino presentó el menor contenido de materia orgánica (38,65%), en comparación con los otros estiércoles utilizados.

El mayor contenido de ceniza se registró en el estiércol de porcino, 96,30%, seguido del estiércol de equino, 67,60 %. El contenido de carbono, se encontró en el rango de 22,47 % en estiércol de porcino a 46,10 % de la gallinaza. Los estiércoles de porcino y equino presentaron bajos contenidos de carbono, en comparación con gallinaza. Los valores encontrados en esta investigación se encuentran próximos a los registrados por Escóbar (2014).

Las concentraciones de nitrógeno que se muestra en la tabla 1 todos los estiércoles son bajas respecto a la literatura internacional, es así que Dao & Cavigelli (2003) citado por Cordero (2013), obtuvo valores promedios de nitrógeno para el estiércol de: equinos 2,30 %, porcino 4,06 %, bovino 2,01 % y 2,15 % en gallinaza. Los bajos valores de nitrógeno pueden atribuirse en parte a, la forma de almacenamiento de los estiércoles.

La relación C/N en gallinaza, es la más elevada de los estiércoles en estudio y la menor relación se presentó en estiércol de porcino con 16/1. Hansen et al., (1993), citado por Baltodano (2002), reportan que relaciones de C/N muy altas, ocasionan que el proceso de descomposición sea más lento, y relaciones C/N muy bajas, hacen que se pierda hasta 85% de nitrógeno en forma de amonio. En general la relación C/N, de los estiércoles utilizados en este estudio se encuentra dentro del rango de inmovilización, de acuerdo a la información generada por Calderón et al., (2004) citado por Barbazán et al., (2011), que sugieren que los materiales orgánicos con una relación C/N debajo de 15 probablemente generan mineralización neta de N, mientras que los que presentan una relación mayor o igual que 18 probablemente produzcan inmovilización. Autores como Rynk (1992), citado por Baltodano (2002), indica que la mejor relación para una óptima actividad microbiológica se encuentra entre 10/1 a 15/1, con rangos aceptables entre 20/1 y 40/1, otros autores como Trinsoutrot et al., 2000 citado por Barbazán et al., (2011), sostienen que se puede esperar mineralización neta en materiales con relaciones C/N igual o menor que 25.

Las temperaturas registradas, 14 horas después de la formación de las pilas de fermentación mostraron diferencia estadística significativa, las mismas variaron desde 24 °C en los tratamientos T2 y T6, hasta 29,50 y 30,75 °C en T5 y T7. Tres días después del establecimiento del ensayo indicadas en la tabla 3, el tratamiento T7 y T8, registraron las temperaturas más elevadas con 42,75 °C y 40,25 °C respectivamente, sin diferencia estadística significativa entre ambos. Las temperaturas más bajas se registraron en T6 y T2. Similar comportamiento al encontrado en esta investigación fue reportado por Sequeira (2019), que al inicio del proceso de descomposición las temperaturas tienden a subir con facilidad, como resultado del alto contenido de materia orgánica a ser descompuesta por los microorganismos presentes, que generan una alta actividad metabólica, que se refleja en un incremento de energía calórica. En la tercera evaluación, las temperaturas redujeron drásticamente en relación a la anterior evaluación, en promedio 11,01 %. Esto se debe probablemente, a que el material no fue debidamente apilado después del volteo anterior, situación corregida y que promovió nuevamente el incremento de la temperatura y se mantuvo hasta la siguiente evaluación, en los tratamientos T1, T8 y T5, estadísticamente similares entre sí. A pesar de verificarse diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos en las subsiguientes evaluaciones, se observa elevada variabilidad en las temperaturas entre los tratamientos. Al respecto Baltodano (2002), indica que es sumamente difícil mantener temperaturas constantes durante todo el proceso de elaboración de abonos, principalmente por variaciones en el contenido de humedad, la aireación y la altura de las pilas.

Transcurridos 26 días después del establecimiento del ensayo, aparentemente los tratamientos han finalizado el proceso de fermentación, debido al descenso de la temperatura en el interior de la pila de fermentación. El tratamiento T8 registró la temperatura más baja, 26,75 °C. En el tratamiento T3, se registró la temperatura más elevada, 30,25 °C, en esta evaluación y estadísticamente superior a los demás tratamientos. En la evaluación a los 17 días los tratamientos T1, T5 y T7, presentaron incrementos en sus temperaturas, en promedio de 8,08 % en relación con las temperaturas registradas en la evaluación de fecha 23 días, aparentemente aún quedan cantidades mínimas de nitrógeno y carbono en los compuestos orgánicos, similares resultados fueron encontrados por Restrepo (1996) citado por Castillo (2013).

El tiempo requerido para obtener los abonos tipo Bocashi maduros fue de 33 días, tiempo que se encuentra muy próximo al registrado por Castillo (2013) que reportó 30 días, cuando comparó estiércol de ganado en mezcla con gallinaza y porcentajes de melaza (1,00 %) y levadura (1,00 %) mayores a los empleados en la presente investigación.

Se observó en la tabla 4 que los valores más elevados de pH, se registraron en los tratamientos T1, T3, T5 y T7, que contienen mayores porcentajes de carbón vegetal (12,69 %) y cal (2,54 %). Aparentemente el porcentaje de cal espolvoreado en estos tratamientos fue elevado y esto provocó la basicidad del sustrato a fermentar. Al respecto Sánchez (2011) citado por Sequeira (2019), reporta que la alcalinización del medio se debe a que existe pérdida de los ácidos orgánicos y a que hay la generación de amonio como resultado de la descomposición de las proteínas. Los valores de pH de la segunda evaluación fueron sometidos al análisis de varianza; se observa diferencia significativa entre los tratamientos. Los valores más elevados de pH se verifican en los tratamientos T1, T5, T3 y T7. El promedio de pH de estos tratamientos es 9,82 % superior al promedio de la primera evaluación y varían entre 9,08 (T1) y 8,89 (T7). El pH registrado en estos tratamientos, puede haber interferido en la actividad metabólica de los microorganismos involucrados en el proceso de fermentación. Según Soto (2015) los pH elevados disminuyen la disponibilidad de algunos nutrientes para los mismos microorganismos, además indica que el pH óptimo debe de estar en el rango de 6 a 8. En los tratamientos T2, T4, T6 y T8, los pH fluctuaron entre 8,24 y 8,69, estadísticamente inferiores. En

la tercera evaluación), el análisis de varianza mostró diferencia estadística significativa entre los tratamientos. Se observó que los resultados de pH, siguen un comportamiento similar al descrito en la anterior evaluación, además de un leve incremento que varía entre 0,17 y 0,18 unidades de pH, en los tratamientos T1, T3, T5 y T7. En los tratamientos T2, T4, T6 y T8, los incrementos en los valores de pH variaron entre 0,12 y 0,54 unidades de pH, en relación a la anterior evaluación. De acuerdo con FAO (2013) citado por Valencia (2019), el pH sube, debido a que el amonio se transforma en amoniaco. Hasta la evaluación realizada 25 días del proceso de fermentación, sin embargo, los valores de pH de los cuatro estiércoles T1, T3, T5 y T7, continuaban elevados (9,02 a 9,30). Los resultados obtenidos se encuentran fuera del rango propuesto por Suler & Finstein (1977) citado por Sequeira (2019), que es de 7,00 a 8,00, si durante el proceso existió una adecuada aireación; también mencionan que cuando el pH es muy bajo al finalizar la fermentación, es el resultado de condiciones anaerobias o que el sustrato aún no ha terminado su descomposición. El pH varió entre 8,23 (T6) y 8,83 en T2. Al finalizar el proceso de fermentación García (2016) citado por Sequeira (2019) reportó que durante su experimento no se registraron efectos acidificantes, por el contrario, se presentaron valores de pH alcalinizaste.

El tiempo requerido por cada tratamiento para mostrar el color entre marrón y negro oscuro, olor característico a de tierra húmeda, temperatura interna del material similar al ambiente varió entre 35 y 50 día desde el establecimiento de las pilas de fermentación, tabla 5. Sobre esta última característica Cordero (2013), menciona que cuando la temperatura del material fermentado es similar a la temperatura ambiente, se debe a que la actividad microbiana se ha reducido, sin embargo, continua una leve descomposición, por lo que el material debe mantenerse apilado en pilas de menor altura para permitir la aireación.

El 75% de los tratamientos T2, T6 y T8, necesitaron 35 días para desprender el olor a tierra húmeda, característica considerada como la finalización del proceso de transformación. El T4 demandó 42 días, aparentemente el material aún contenía nutrientes requeridos por los microorganismos para la descomposición. El tiempo para alcanzar la etapa de maduración en los tratamientos T1, T3 y T7 fluctuó entre 42 y 50 días. En el tratamiento T5, el tiempo para su maduración fue de 35 días.

El pH de los abonos fue moderadamente alcalino. Independientemente de los componentes del sustrato los mayores valores de pH se registraron en la gallinaza y el estiércol de equino, influenciados probablemente por la alcalinidad de estas materias primas, al respecto Cordero (2013), reporta que el pH de la gallinaza es de 8,60 y del estiércol de porcino de 8,00.

En los T3 y T4 o T5 y T6, se registraron los valores más bajos de pH, favorecido probablemente por la acidez natural del estiércol. En la tabla 6, se aprecia que el tratamiento T7 registra la conductividad eléctrica más elevada con 7,00 mmhos  $\text{cm}^{-1}$  que es 2,33 veces superior a los datos reportados por Chávez (2010) citado por Sequeira (2019), quien también indica que la conductividad eléctrica al final del proceso de compostaje no debería superar a 3,00 m mhos  $\text{cm}^{-1}$ . En el tratamiento T1, la conductividad eléctrica también fue elevada 5,43 mmhos  $\text{cm}^{-1}$ , en este tratamiento la conductividad eléctrica se redujo en 22,43% en relación con T7. Esta variable en T4 registró 1,23 mmhos  $\text{cm}^{-1}$ , el valor más bajo de los tratamientos estudiados. En general, se observa que la conductividad eléctrica de los tratamientos que recibieron pasto verde en el sustrato, independientemente del estiércol, fueron los más bajos, variaron entre 1,23 a 2,85 mmho  $\text{cm}^{-1}$ . Al respecto Cepeda et al. (2014) citado por Sequeira (2019), reportaron que abonos con conductividad eléctricas mayores a 2,00 m mhos  $\text{cm}^{-1}$  pueden tener un efecto negativo cuando se incorpora al suelo, debido a que disminuyen el crecimiento de las plantas por la acumulación de iones de calcio, magnesio, sodio y cloro.

El contenido de materia orgánica tabla 6, varió entre 16,90 % T2, y 51,10% registrado en T7. La formulación T6, obtuvo la segunda

mayor cantidad de materia orgánica 40,20 %, con una reducción de 21,33 % en comparación con el mejor valor reportado en T7. Los tratamientos T7, T5 y T1 fueron preparados con chala de arroz y mostraron los más elevados contenidos de materia orgánica, en comparación con sus homólogos que recibieron pasto verde en su composición. Probablemente la chala de arroz incorporada en T7, T5 y T1, unido a la mayor cantidad de levadura (0,51%), precursor del proceso de fermentación, favoreció a obtener mayor materia orgánica en los productos terminados, característica que puede favorecer al sustrato donde se aplique el abono. Según Barbazán et al., (2011), el elevado de contenido de materia orgánica que posee el Bocashi puede mejorar las propiedades físicas del suelo, además de incrementar su contenido de nutrientes prontamente disponibles.

Como se observa en la tabla 6, el porcentaje de nitrógeno más alto lo obtuvo el T7 (1,40 %), seguido de T5 (1,20 %). Es posible que la levadura hubiera contribuido, a la proliferación de microorganismos descomponedores y por tanto a una mayor disponibilidad de nitrógeno total en ambas formulaciones (T7 y T5).

En general, los tratamientos T2, T4 y T8, presentaron menor contenido de nitrógeno, es probable que una proporción del mismo, se hubiera perdido por volatilización al contar con menor cantidad de material rico en carbono.

Se observó en la tabla 6 que el tratamiento que mayor contenido de fósforo disponible es el T1, con una reducción de 4,55% en comparación con el valor más elevado, se encuentra el T7. En T2, T5, T6 y T8 presentaron valores próximos entre sí. En general, los mayores contenidos de P se observaron en muestras que contenían chala de arroz, independientemente del tipo de estiércol, probablemente debido a la alta concentración de este elemento en ese material. Similares resultados se encontraron en varios países por otros autores como del Pino et al., (2008) citado por Barbazán et al., (2011). La variación observada en este elemento se atribuye no sólo a la gran heterogeneidad en el origen o tipo de material analizado, sino también al manejo previo a su aplicación.

En, los tratamientos T1, T5, T3 y T7 se observa mayores porcentajes de K, siendo el tratamiento T7 (6,1 %) y los tratamientos T1, T5 y T3 con valores próximos entre sí; los tratamientos T2, T4, T6 y T8 registran valores entre 1,62 y 4,42 % de K, en el T4 se registró el menor porcentaje de este nutriente, los resultados obtenidos fueron superiores a los reportados por Ramos & Terry (2014), que establecen que en 1,0 kg de un abono, los valores de los nutrientes deben variar entre 1,2 a 1,8% de N; 0,3 a 0,5 % P y 1,0 a 2,0 % K; por su parte Ortega (2012), sugiere valores de 1,23 % N, 2,98 % de P y 1,05 % K.

Independientemente del estiércol aplicado en las mezclas, se evidencia el alto contenido de K en cada tratamiento, debido posiblemente a la alta concentración de Potasio en los otros materiales componentes de las mezclas.

Los porcentajes de Calcio variaron entre 1,62 % en T8 hasta 3,94 % en el tratamiento T7. Respecto al Magnesio, en los tratamientos T4, T8, T2, T3 y T1 fluctuó entre 0,69 a 0,86 %, en los tratamientos T5 y T7 se encontraron los mayores porcentajes de este elemento con 1,08 y 1,14 %, respectivamente.

En general, los tratamientos T1, T5, T3 y T7 presentaron mayores porcentajes de Magnesio respecto a los tratamientos T2, T4, T6 y T8. Autores como Ramos & Terry (2014) registraron contenidos de Ca de 1,72 % y de Mg 1,70 %, inferiores a los obtenidos en la presente investigación lo que indica que los materiales empleados en las mezclas fueron muy ricos en estos nutrientes.

Los porcentajes de sodio en los tratamientos T7 y T1 fueron los más elevados con 2,83 y 1,86 %, este elemento es requerido para su nutrición por pocas especies, en el suelo puede convertirse en un agente desestabilizador de la estructura del suelo. Los menores valores se encuentran en los tratamientos T4 y T6 con 0,14 y 0,68 % de sodio. En la investigación desarrollada por Ortega (2012), el sodio presentó 0,062 %. Es posible inferir que los materiales empleados en las diferentes mezclas, si bien aportan nutrientes esenciales para la nutrición de la mayoría de las plantas, también suministran elementos como el Na, que pueden convertirse en un elemento tóxico para algunas especies. En general los valores de los macronutrientes secundarios fueron altos respecto a los valores encontrados por otros autores, probablemente esta diferencia se debe las características de los materiales utilizados en la presente investigación.

La relación C/N, los resultados indicaron que en los tratamientos T8 y T7 se encuentran los mayores valores de esta relación con 21,21 y 21,17, respectivamente. Estos valores son ligeramente superiores al valor reportado por Sequeira (2019), que sostiene que cuando un abono presenta una relación C/N por debajo de 20/1 es un abono que después de ser aplicado al suelo podrá continuar siendo degradado, liberando cantidades adecuadas de nitrógeno disponible, las cuales pueden ser utilizadas por un cultivo. Las mezclas de materiales orgánicos en T1, T2, T3, T7, T5 y T6, mostraron valores de la relación C/N inferiores a 20/1, por ello es posible inferir que estas formulaciones contribuirán con la nutrición de los cultivos.

De acuerdo a los valores a garantizar en un abono, el tratamiento T7, presentó una adecuada densidad, pH en el intervalo recomendado, el mayor contenido de nitrógeno (1,40 %) y potasio (6,10 %), en relación a los otros tratamientos en estudio.

El abono preparado T1 según la Norma Técnica Colombiana citada por Arias & Reyes (2018), al igual que los contenidos de nitrógeno (1,10%), fósforo (1,76%) y potasio (5,92%).

El tratamiento T5, se presentó valores adecuados en 4 de las 5 características empleadas como indicadores de buena calidad física y química. En general T2, T4, T6 y T8 utilizado, presentaron los menores contenidos de nutrientes (N, P y K) y las densidades sobrepasaron al valor garantizado debido probablemente al tamaño de pasto.

## REFERENCIAS

- Albarracín, R. (2019). "Elaboración de bocashi utilizando microorganismos en diferentes dosis, preparado con estiércol y residuos vegetales en el cantón Quevedo". En k. R. Macías, "Elaboración de bocashi utilizando microorganismos en diferentes dosis, preparado con estiércol y residuos vegetales en el cantón Quevedo" (pág. 16). Quevedo - Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Arias, M., & Reyes, L. (2018). Determinación de la Calidad de Abono Obtenido Mediante el Lombricultivo Usando Diferentes tipos de Estiércol, para Establecer su Factibilidad de Comercialización en el Centro Agropecuario Marengo. Bogotá: Universidad de la Salle - Ingeniería Ambiental y Sanitaria Facultad de Ingeniería.
- Bertoli, M., Elein, H., Alfonso, T., & Ramos, D. (2015). Producción y Uso de Abono Orgánico Tipo Bocashi - Una Alternativa para la Nutrición de los Cultivos y la Calidad de los Suelos. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 50.
- MMAyA. Moneva, J. (2019). Análisis y Evaluación Actural del Abono Tipo Bocashi como Alternativa Ecológica ante los Agroquímicos. Universidad Miguel Hernández de Elche - Escuela Politécnica Superior de Orihuela Master Universitario Oficial de Agroecología, Desarrollo Rural y Agro turismo, 59.
- Sequeira, J. P. (2019). Uso de Lacto Suero Ácido en la Elaboración de Bocashi y su Efecto en el Cultivo de Lechuga (*Lactuca sativa* L) cv, Tropicana. Zamorano - Honduras: Escuela Agrícola Panamericana - Zamorano Carrera de Ingeniería Agronómica.
- Shintani, Leblac, & Tabora. (2000). Bokashi, abono orgánico fermentado. San Jose, Costa Rica: Escuela de Agricultura de la Región Tropical Humedad.
- Soto. (2015). Buenas Prácticas; Abono Bocashi - Asistencia a los Países Andinos en la Reducción de Riesgos y Desastres. Consultoría Nacional FAO Bolivia, 2.

CITA

