







Caracterización de abono tipo bocashi elaborado con diferentes fuentes de estiércol y su efecto en la producción de maíz para ensilar.

Characterization of a bokashi-type compost made from different manure source and its effect on fodder corn production.

Romero-Méndez, M. J.¹ , Ramírez-Meléndez, J.E.^{2*} , García-Hernández, S. A.¹ , Contreras-Hernández, G.³ , De Gasperin-López, I.³ , López-Aguirre, S.³ .

¹ Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Carretera San Luis Potosí, Matehuala. Ejido Palma de la Cruz. Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P CP. 78321, México.² Programa de Ganadería, Colegio de Posgraduados, Km. 36.5, México 136 5, Montecillo, 56230 Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. ³ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana, Igualdad 480, Col Unidad Veracruzana, 91710 Veracruz, Ver. México.

Please cite this article as/Como citar este artículo: Romero-Méndez, M. J., Ramírez-Meléndez, J. E., García-Hernández, S. A., Contreras-Hernández, G., De Gasperin-López, I., López-Aguirre, S. (2022). Characterization of a bokashi-type compost made from different manure source and its effect on fodder corn production. *Revista Bio Ciencias*, 9 e1368. <https://doi.org/10.15741/revbio.09.e1368>



ABSTRACT

This work aimed to characterize the fermentation process and physicochemical and organic characteristics of bokashi made with ovine, bovine, and pork manure, and to assess its efficiency as an organic fertilizer in the production of green fodder and dry matter, dry matter yield, and stalk:leaf:grain ratio of corn for silage, and to compare such yield when adding chemical fertilizer and without adding chemical fertilizer. No differences were found in fermentation time between manure sources; however, bokashi made with sheep manure presented a greater number of desirable physicochemical and organic characteristics. Green and dry matter forage production and dry matter yield were similar between sheep bokashi and chemical fertilizer. Leaf and grain proportions were statistically higher in corn fertilized with sheep bokashi, compared to the rest of the treatments, so it is concluded that the use of bokashi made with sheep manure as fertilizer for the production of corn for silage, can be a viable option to replace the use of agrochemicals without affecting the yield, for its higher production of grain

Article Info/Información del artículo

Received/Recibido: May 24th 2022.

Accepted/Aceptado: November 04th 2022.

Available on line/Publicado: November 17th 2022.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue caracterizar el proceso de fermentación y características fisicoquímicas y orgánicas de bocashi elaborado con estiércol de ovino, bovino y porcino, además de evaluar su eficiencia como abono orgánico en la producción de forraje en verde y en materia seca, rendimiento en materia seca y proporción tallo:hoja:grano de maíz para ensilar y compararlo con fertilizante químico y sin fertilizar. No se encontraron diferencias en el tiempo de fermentación entre las fuentes de estiércol, sin embargo, el bocashi elaborado con estiércol de ovino presentó mayor número de características fisicoquímicas y orgánicas deseables. La producción de forraje en verde y el rendimiento en materia seca fueron similares entre el bocashi de ovino el fertilizante químico. La proporción de hoja y grano fue mayor estadísticamente en el maíz fertilizado con bocashi de ovino, comparado con el resto de los tratamientos, por lo que se concluye que el uso de bocashi elaborado con estiércol de ovino como fertilizante para la producción de maíz para ensilar, puede ser una opción viable para sustituir el uso de agroquímicos sin afectar el rendimiento, por su mayor producción de grano y hoja, sugiere ser un buen forraje para obtener

*Corresponding Author:

Samuel López Aguirre. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana, Igualdad 480, Col Unidad Veracruzana, 91710 Veracruz, Ver. México. Phone +52 2299344053. E-mail: samuellopez@uv.mx

and leaf, it is suggested as a good forage to obtain high-quality silage.

ensilados de alta calidad.

KEY WORDS

Chemical análisis, Fermentation, Yield, Temperature.

PALABRAS CLAVE

Análisis químico, Fermentación, Rendimiento, Temperatura.

Introduction

The corn crop is considered basic for animal feed, it is a widely used ingredient in the diet of ruminants due to the contribution of nutrients and its digestibility because it allows for achieving better feed conversion rates and feed efficiency (Chaudhary *et al.*, 2014; Loy & Lundy, 2019); In Mexico, between 2010 and 2019 an average of 13.9 million tons of forage corn were produced per year, which represented a 12.8 % share of the national production of forages (SIAP,2020). However, this crop is mostly developed using conventional production systems and technological sets, with a high demand for external inputs (Damian *et al.*, 2010) such as fertilizers and agrochemicals, which, when used constantly and irrationally, besides being economically unsustainable due to their high prices, pollute the environment and can cause damage to human and animal health (Martínez-Viera *et al.*, 2010). This is why it is necessary to look for ecological alternatives that allow us to sustain corn production and, at the same time, maintain soil fertility. Bokashi can be an option since it uses livestock excrement for its production, and by applying it to crops, it allows the recirculation of nutrients, mainly nitrogen, and protects the environment (Maeda *et al.*, 2011). The objective of this work was to characterize the fermentation process of bokashi made from different manure sources and to evaluate its efficiency as an organic fertilizer in the production of corn for silage.

Material and methods

Location

The experiment was established in a plot called "Seminario Mayor", located in San Luis Potosi municipality, at 22°07'11.0 "N 100°54'27.0 "W coordinates, with an altitude of 1810 masl. The predominant climate is BSK,

Introducción

El cultivo de maíz se considera básico para la alimentación animal, es un ingrediente ampliamente usado en la dieta de los rumiantes debido al aporte de nutrimentos y su digestibilidad, porque permite lograr mejores índices de conversión alimenticia y eficiencia de alimentación (Chaudhary *et al.*, 2014; Loy y Lundy, 2019); En México, entre el año 2010 y 2019 se produjeron en promedio 13.9 millones de toneladas de maíz forrajero por año, lo que representó una participación del 12.8 % de la producción nacional de forrajes (SIAP,2020). Sin embargo, este cultivo en su mayoría se desarrolla usando sistemas de producción y paquetes tecnológicos convencionales, con una alta demanda de insumos externos (Damian *et al.*, 2010) como los fertilizantes y agroquímicos, los cuales, al usarlos de forma constante e irracional, además de llegar a ser insostenibles económicamente, por sus elevados precios, contaminan el ambiente y pueden causar daños a la salud humana y de los animales (Martínez-Viera *et al.*, 2010). Es por ello que se requiere buscar alternativas ecológicas que nos permitan sostener la producción del maíz y a su vez, mantener la fertilidad del suelo. El Bocashi, puede ser una opción, al usar las excretas del ganado para su elaboración, y aplicándolo a los cultivos, permite recircular los nutrimentos, principalmente el nitrógeno y proteger el ambiente (Maeda *et al.*, 2011). El objetivo de este trabajo fue caracterizar el proceso de fermentación de bocashi elaborado con diferentes fuentes de estiércol y evaluar su eficiencia como abono orgánico en la producción de maíz para ensilar.

Material y Métodos

Localización

El experimento se estableció en una parcela denominada "Seminario Mayor", ubicada en el municipio de San Luis Potosí, en las coordenadas 22°07'11.0"N 100°54'27.0"W, con altitud de 1810 masl. El clima

with an average annual temperature of 16.8 °C and precipitation of 542 mm (García, 1973). The soil present at the site has a sandy loam texture, with a pH of 7.26, electrical conductivity of 0.67 dS m⁻¹, organic matter of 0.5 %, cation exchange capacity of 1.28 cmol (+) kg⁻¹, and total nitrogen content of 0.65 %. Laboratory analyses were performed at the Instituto de Investigación de Zonas Desérticas of the Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Bokashi preparation

The bokashi was prepared by adjusting the ingredients and technique described by Restrepo (2009) (Table 1), and following the recommendations described by García-Hernández *et al.* (2020) for the adequate mixing and fermentation process care, using sheep, cattle, and swine manure obtained from commercial productions which were dried in the shade, the particle size was homogenized to 5 mm with a hammer mill. Samples of manure from each species were collected for proximate chemical analysis.

predominante es BSk, con temperatura media anual de 16.8 °C y precipitación de 542 mm. (García, 1973). El suelo presente en el lugar es de textura migajón arenoso, con pH de 7.26, conductividad eléctrica de 0.67 dS m⁻¹, materia orgánica de 0.5 %, capacidad de intercambio catiónico de 1.28 cmol (+) kg⁻¹, y nitrógeno total 0.65 %. Los análisis de laboratorio se realizaron en el Instituto de Investigación de Zonas Desérticas de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Preparación del bocashi

El bocashi se elaboró ajustando los ingredientes y técnica descrita por Restrepo (2009) (Tabla 1), y siguiendo las recomendaciones descritas por García-Hernández *et al.* (2020) para el adecuado mezclado y cuidado del proceso de fermentación, usando estiércol de ovino, bovino y porcino obtenido de producciones comerciales los cuales se secaron a la sombra, el tamaño de partícula se homogeneizó a 5 mm con un molino de martillos. Muestras del estiércol de cada especie fueron colectadas para realizarles un análisis químico proximal.

Table 1. Ingredients used in the preparation of the bokashi-type manure.
Tabla 1. Ingredientes utilizados en la preparación del abono tipo bocashi.

Ingredient	Inclusión (%)
Wheat bran	1
Regional soil	70
Charcoal	2
Yeast (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>)	1
Cane molasses	1
Ground sorghum stubble	23
Ovine, Bovine or Pork manure	2

Manure chemical analysis

Samples collected from the manure used for bokashi preparation were dried in a forced air oven to constant weight, mixed for each species to make a composite sample, and ground in a Willli mill with a 2 mm sieve diameter, for chemical analysis. Dry matter, moisture, nitrogen, ash, organic matter, pH, and neutral detergent fiber content were determined (AOAC, 2016).

Análisis químico del estiércol

Las muestras colectadas del estiércol usado para la preparación de bocashi se secaron en estufa de aire forzado hasta peso constante, se mezclaron por cada especie para hacer una muestra compuesta y se trituraron en un molino Willli con diámetro de criba de 2 mm para su análisis químico. Se determinó contenido de materia seca, humedad, nitrógeno, cenizas, materia orgánica, pH y fibra detergente neutro (AOAC, 2016).

Recording and temperature control of the bokashi

Daily, for 60 days the average temperatures were recorded, placing a thermometer in three random locations of the bokashi at three different depths (10, 20, and 30 cm), taking care that the first 20 days the temperature of the preparation did not exceed 60 °C, if the temperature recorded was close to this, with a shovel, manual turning was performed to decrease it (Restrepo, 2009).

Registro y control de temperatura del bocashi

Diariamente, durante 60 días se registraron las temperaturas promedio, colocando un termómetro en tres partes aleatorias del bocashi a tres profundidades diferentes (10, 20 y 30 cm), cuidando que los primeros 20 días la temperatura del preparado no rebasara los 60 °C, si la temperatura registrada se aproximaba a esta, con pala se realizaban volteos manuales para disminuirla (Restrepo, 2009).

Physical-chemical and organic analysis of the bokashi

Once the fermentation phase was finished, each bokashi was mixed with a shovel to homogenize it, then 3 samples were collected and mixed to make a composite sample, this procedure was repeated six times to collect six composite samples of each one. The physicochemical and organic analysis was performed according to the methodology described in the Mexican Official Standard NOM-021-RECNAT-2000.

Análisis físicoquímico y orgánico del bocashi

Terminada la fase de fermentación, cada bocashi se mezcló con pala para homogeneizarlo, posteriormente se colectaron 3 muestras y se mezclaron para hacer una muestra compuesta, este procedimiento se repitió seis veces para coleccionar seis muestras compuestas de cada uno. El análisis físicoquímico y orgánico se determinó de acuerdo a la metodología descrita en la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000.

Planting of corn for silage

In June 2021, the corn variety CAFIME (Semillas Iyadilpro y Ya S.A. de C.V. Jalisco, Mexico) was planted in 15 plots of 24 m long by 12 m wide, with 3 m spacing between plots. The planting density was 23,000 plants per ha, a distance between furrows of 0.8 m and 0.4 m between plants according to the technological package

Siembra del maíz para ensilar

En junio del 2021 se sembró maíz variedad CAFIME (Semillas Iyadilpro y Ya S.A. de C.V. Jalisco, México.) en 15 parcelas de 24 m de largo por 12 m de ancho, con separación de 3 m entre parcelas. La densidad de siembra fue de 23,000 plantas por ha, distancia entre surcos de 0.8 m y 0.4 m entre plantas de acuerdo al

proposed by INIFAP (2013); The auxiliary irrigations were applied by sprinkling according to the water needs of the crop.

paquete tecnológico propuesto por el INIFAP (2013); Los riegos de auxilio se aplicaron por aspersión según las necesidades hídricas del cultivo.

Application of bokashi and fertilizers

The experimental plots were randomly assigned a treatment (OM: bokashi made with ovine manure, BM: bokashi made with bovine manure, PM: bokashi made with pork manure, chemical fertilizer, and unfertilized), the bokashi dosage was 2 ton ha⁻¹. chemical fertilization was 140-60-00, using urea (46-00-00-00) and diammonium phosphate DAP (16-46-00) (INIFAP, 2013), applying 50 % at pre-sowing and the rest was divided into three applications, at 15, 25 and 35 days post-emergence (Barrera-Violeth *et al.*, 2017).

Corn harvest

Harvesting was performed when more than 50 % of the plants in each experimental unit were in the milky-messy stage (INIFAP, 2013).

Yield estimation

From each plot, 3 central furrows were harvested, in 30 randomly selected plants, standing, their height was measured from the ground to the end of the ear, they were cut, weighed green, subsequently, their components were divided into the stalk, leaf, and whole cob (grain) and weighed separately, the ears were considered part of the stalk, placed in paper bags and taken to drying until counterweight. These data were used to determine green yield, total dry matter, and yield by components.

Experimental design and statistical analysis

The data were analyzed in a completely randomized design, for the characterization of the bokashi fermentation, 3 treatments were used (sheep, bovine, or swine manure), 3 regions for measuring temperature, 3 depths, and 60 temperature records per treatment (n = 1620). For chemical analysis, 3 treatments were used (sheep, cattle, or swine manure) with 6 replicates per treatment (n = 18). For corn yield

Aplicación del bocashi y fertilizantes

A las parcelas experimentales, al azar se les asignó un tratamiento (OM: bocashi elaborado con estiércol de ovino, BM: bocashi elaborado con estiércol de bovino, PM: bocashi elaborado con estiércol de porcino, fertilizante químico y sin fertilizar), la dosificación del bocashi fue de 2 ton ha⁻¹, la fertilización química fue 140-60-00, utilizando urea (46-00-00) y fosfato diamónico DAP (16-46-00) (INIFAP, 2013), aplicando 50 % en la presiembrada y el resto se dividió en tres aplicaciones, a los 15, 25 y 35 días post emergencia (Barrera-Violeth *et al.*, 2017).

Cosecha del maíz

La cosecha se realizó cuando más del 50 % de las plantas en cada unidad experimental se encontraba en estado lechoso-masoso (INIFAP, 2013).

Estimación de rendimiento

De cada parcela se cosecharon 3 surcos centrales, en 30 plantas seleccionadas al azar, en pie, se midió su altura desde el suelo hasta el final de la espiga, se cortaron, se pesaron en verde, posteriormente se dividieron sus componentes en tallo, hoja, y mazorca entera (grano) y se pesaron por separado, las espigas se consideraron parte del tallo, se colocaron en bolsas de papel y se llevaron a secado hasta peso contante. Con estos datos se determinó el rendimiento en verde, en materia seca total y por componentes.

Diseño experimental y análisis estadístico

Los datos se analizaron en un diseño completamente al azar, para la caracterización de la fermentación del bocashi se usaron 3 tratamientos (estiércol de ovino, bovino o porcino), 3 regiones para toma de temperatura, 3 profundidades y 60 registros de temperatura por tratamiento (n = 1620). Para el análisis químico, se usaron 3 tratamientos (estiércol de ovino, bovino o porcino) con 6 repeticiones por tratamiento (n = 18). Para el rendimiento

and by components, 5 treatments were used (bokashi made with sheep, cattle, or swine manure, chemical and unfertilized), 3 plots per treatment, 3 furrows per plot, and 30 plants per furrow ($n = 1350$). The analysis of variance and mean comparison test was performed using the PROC GLM procedure and Tukey's test with a significance of 0.05 for the SAS OnDemand for Academics Communities program (2021).

de maíz y por componentes se usaron 5 tratamientos (bocashi elaborado con estiércol de ovino, bovino o porcino, químico y sin fertilizar) 3 parcelas por tratamiento, 3 surcos por parcela y 30 plantas por surco ($n = 1350$). El análisis de varianza y la prueba de comparación de medias se realizó usando el procedimiento PROC GLM y prueba de tukey con significancia de 0.05 del programa SAS OnDemand for Academics Communities (2021).

Results and discussion

Chemical analysis of manure used in bokashi processing

There was no significant statistical difference ($p > 0.05$) between dry matter, nitrogen, and neutral detergent fiber content among the three manure sources, however, the amount of nitrogen and ash was lower in swine manure (Table 2), this may be explained since, in recent decades, swine feed formulations are designed to cover the requirements of specific amino acids and decrease the nitrogen content in the diet (Millet *et al.*, 2018).

Resultados y Discusión

Análisis químico del estiércol usado en la elaboración de bocashi

No hubo diferencia estadística significativa ($p > 0.05$) en el contenido de materia seca, nitrógeno y fibra detergente neutro entre las tres fuentes de estiércol, sin embargo, la cantidad de nitrógeno y cenizas fue menor en el estiércol de porcino (Tabla 2), esto puede deberse a que en las últimas décadas, la formulación de alimentos para cerdos se basa cubrir los requerimientos de aminoácidos específicos y disminuir el contenido de nitrógeno en la dieta (Millet *et al.*, 2018).

Table 2. Chemical analysis of manure used in bokashi processing.
Tabla 2. Análisis químico del estiércol usado en la elaboración de bocashi.

Specie	DM %	pH	N %	OM %	Ash %	NDF %
OvinE	70	11.75 ^b	1.9 ^a	64.10 ^a	35.90 ^b	62.00
BovinE	74	11.39 ^b	1.7 ^a	63.60 ^a	36.40 ^b	61.02
PorK	75	10.03 ^a	1.2 ^b	59.30 ^b	40.7 ^a	60.89
SEM	0.34	0.26	0.09	2.05	5.05	0.65

DM = dry matter, pH = hydrogen potential, N = nitrogen, OM = organic matter, NDF= neutral detergent fiber. SEM = Standard error of the mean. ^{a, b, c} different literals in the column indicate significant statistical differences (Tukey, $p < 0.05$).

Bokashi characterization

The bokashi temperature, regardless of manure source, raised from 35° to 60° C in the first three weeks (mesophilic phase), from week three to week five, the average temperature remained at 60° C, and gradually decreased to 38° C (thermophilic phase) at the end of week six, and then maintained at room temperature (30 to 35° C) until day 60 (cooling and maturation phase) (Figure 1). The temperatures recorded suggest that the fermentation was correct, the first days favor the growth of mesophilic organisms, which degrade carbohydrates of the organic matter (Sanchez *et al.*, 2017), during this fermentative phase, exothermic processes cause gradually increasing the temperature, thus promoting the growth of thermophilic microorganisms, initiating the thermophilic phase, degrading by enzymatic action compounds of complex structure such as proteins and eliminates pathogenic microorganisms (Neklyudov *et al.*, 2008), as the amount of fermentable organic matter in the bokashi decreases, the temperature decreases, reducing the amount of thermophiles and increasing again the mesophilic population until the remaining fermentable carbohydrates are exhausted (Zeng *et al.*, 2010) and the cooling and maturation phase begins; in this phase, the less degradable compounds are decomposed and the precursors of humic substances emerge (Vélez-Sánchez-Verín *et al.*, 2008), resulting in a good quality bokashi.

Caracterización del bocashi

La temperatura del bocashi independientemente de la fuente de estiércol, incrementó de 35° a 60° C en las primeras tres semanas (fase mesofílica), de la semana tres a la quinta semana, la temperatura promedio se mantuvo en los 60° C, y disminuyó gradualmente hasta los 38° C (fase termofílica) al término de la sexta semana, para posteriormente mantener la temperatura ambiente (30 a 35° C) hasta el día 60 (fase de enfriamiento y maduración) (Figura 1). Las temperaturas registradas sugieren que la fermentación fue correcta, los primeros días se favorece el crecimiento de organismos mesofílicos, los cuales degradan los carbohidratos de la materia orgánica (Sanchez *et al.*, 2017), durante este proceso fermentativo, incrementa gradualmente la temperatura por procesos exotérmicos, beneficia el crecimiento de microorganismos termofílicos, iniciando la fase termofílica, degradando por acción enzimática compuestos de estructura compleja como las proteínas y elimina microorganismos patógenos (Neklyudov *et al.*, 2008), al disminuir la cantidad de materia orgánica fermentable en el bocashi, decrece la temperatura, reduciendo la cantidad de termofílicos e incrementando nuevamente la población de mesofílicos hasta agotar el resto de los carbohidratos fermentables (Zeng *et al.*, 2010) y comenzar la fase de enfriamiento y maduración; En esta fase, los compuestos de menor degradabilidad se descomponen y emergen los precursores de sustancias húmicas (Vélez-Sánchez-Verín *et al.*, 2008), dando como resultado un bocashi de buena calidad.

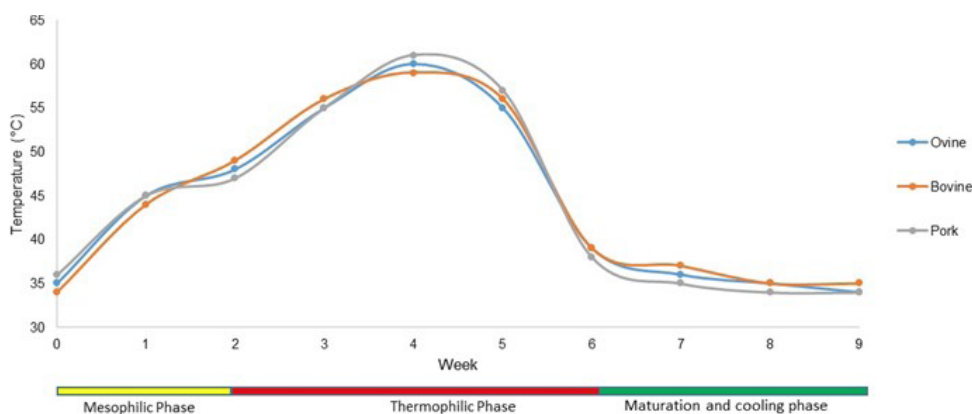


Figure 1.- Temperature changes in the bokashi prepared with different manure sources.
Figura 1.- Cambios en la temperatura en el bocashi elaborado con diferentes fuentes de estiércol.

Table 3. Physicochemical and organic characteristics of bokashi elaborated with different types of manure.

Tabla 3. Características fisicoquímicas y orgánicas del bocashi elaborado con diferentes tipos de estiércol.

Determinación/tratamiento	OM	BM	PM	SEM
pH (ratio 1:2.5 bokashi:water)	7.34 ^a	7.45 ^a	7.56 ^a	0.16
Electric conductivity dS/m	4.49 ^c	4.70 ^b	4.92 ^a	0.03
Organic matter (%)	18.64 ^a	16.50 ^b	14.61 ^c	1.34
Organic charcoal (%)	15.44 ^a	12.15 ^b	8.65 ^a	0.97
Nitrogen (%)	0.98 ^a	0.95 ^a	0.78 ^b	0.04
C:N ratio	15.75 ^a	12.78 ^b	11.08 ^c	1.04
P2O5 Olsen (%)	1.37 ^a	1.30 ^b	1.28 ^b	0.15
K2O (ppm)	0.19 ^a	0.09 ^b	0.05 ^b	0.02
Ca ⁺ disponible (ppm)	18,968 ^a	18,823 ^a	18,898 ^a	10.20
Mg (ppm)	2,268 ^a	2,254 ^a	2,009 ^b	12.30
Cu (ppm)	26.70 ^a	25.80 ^a	25.90 ^a	0.09
Fe (ppm)	3,347 ^a	3,133 ^b	3,098 ^b	16.38
Zn (ppm)	182 ^a	178 ^b	165 ^c	2.34
Mn (ppm)	253 ^a	247 ^b	243 ^b	1.91
Na (ppm)	1,980 ^b	2,028 ^b	2,203 ^a	13.00
NO2 (µg/mL)	1,179 ^a	1187 ^a	1197 ^a	18.00
NH+4 (µg/mL)	158 ^a	156 ^a	152 ^a	8.0

OM: bokashi made from ovine manure, BM: bokashi made from bovine manure, PM: bokashi made from pork manure, SEM= Standard error of the mean. ^{a, b, c} different literals in the column indicate a statistically significant difference (Tukey, $p < 0.05$).

OM compared to BM and PM, presented a higher number of desirable physicochemical and organic characteristics (Table 3), a lower amount of Na, and, therefore, lower electrical conductivity ($p < 0.05$). The optimal carbon:nitrogen ratio for a mature compost has been described since 1989 by Senesi, who mentions that a C:N ratio below 20 is indicative of an advanced degree of stabilization and maturity of the organic matter, so our results indicate that the three bokashi produced reached the stage of maturity.

El OM comparado con BM y PM, presento mayor número de características fisicoquímicas y orgánicas deseables (Tabla 3), una menor cantidad de Na, y, por tanto, menor conductividad eléctrica ($p < 0.05$). La relación carbono:nitrógeno óptima para una composta madura ha sido descrita desde 1989 por Senesi, quien menciona que la relación C:N por debajo de 20, es indicativo de un avanzado grado de estabilización y madurez de la materia orgánica, por lo que nuestros resultados indican que los tres bokashi elaborados, alcanzaron el estado de maduración.

Table 4. Height, green forage, and dry matter production of corn for silage at 112 days after planting, fertilized with different treatments.
Tabla 4. Altura, producción de forraje verde y de materia seca de maíz para ensilar a los 112 días postsiembra abonado con diferentes tratamientos.

Treatment	Height (cm)	Green forage production (Ton ha ⁻¹)	Green forage production (Ton ha ⁻¹)	Green forage production (%)
OM	145 ^a	35.54 ^a	10.00 ^a	28.13 ^a
BM	146 ^a	30.58 ^b	8.73 ^b	28.54 ^a
PM	146 ^a	30.05 ^b	8.20 ^b	27.28 ^a
Químico	147 ^a	35.17 ^a	9.84 ^a	27.97 ^a
Sin fertilizar	135 ^b	25.48 ^c	6.69 ^c	26.25 ^b
EEM	0.10	0.18	0.09	1.54

OM: bokashi made from ovine manure, BM: bokashi made from bovine manure, PM: bokashi made from pork manure, SEM= Standard error of the mean. ^{a, b, c} different literals in the column indicate a statistically significant difference (Tukey, $p < 0.05$).

Corn yield

Green forage yield, dry matter, dry matter yield (Table 4), and grain proportion (Figure 2), were similar ($p > 0.05$) in corn to which OM and chemical fertilizer were applied, however, leaf proportion was higher ($p < 0.05$) in corn to which BM was applied, compared to the rest of the treatments. The dry matter content is within the recommended by Filya (2004) for the successful ensiling of corn. Garcés *et al.* (2004) mention that, to achieve a quality silage, the material must

Rendimiento del maíz

La producción de forraje verde, materia seca, rendimiento de la materia seca (Tabla 4) y proporción de grano (Figura 2), fue similar ($p > 0.05$) en el maíz al que se le aplicó el OM y el fertilizante químico, sin embargo, la proporción de hoja fue mayor ($p < 0.05$) en el maíz al que se le aplicó BM, comparado con el resto de los tratamientos. El contenido de materia seca se encuentra en el recomendado por Filya (2004) para ensilar con éxito el maíz. Garcés *et al.* (2004) mencionan que, para lograr un ensilado de calidad,

contain a good supply of water-soluble carbohydrates, which will be fermented by epiphytic bacteria and transformed into lactic acid, being the corn grain the main source of these, followed by the leaves and finally the stalk, so that, with the forage produced, excellent quality silage could be obtained.

se requiere que el material contenga un buen aporte de carbohidratos hidrosolubles, que serán fermentados por las bacterias epifíticas y transformados a ácido láctico, siendo el grano de maíz la principal fuente de estos, seguida de las hojas y por último el tallo, por lo que, con el forraje producido, se podría obtener un ensilado de excelente calidad.

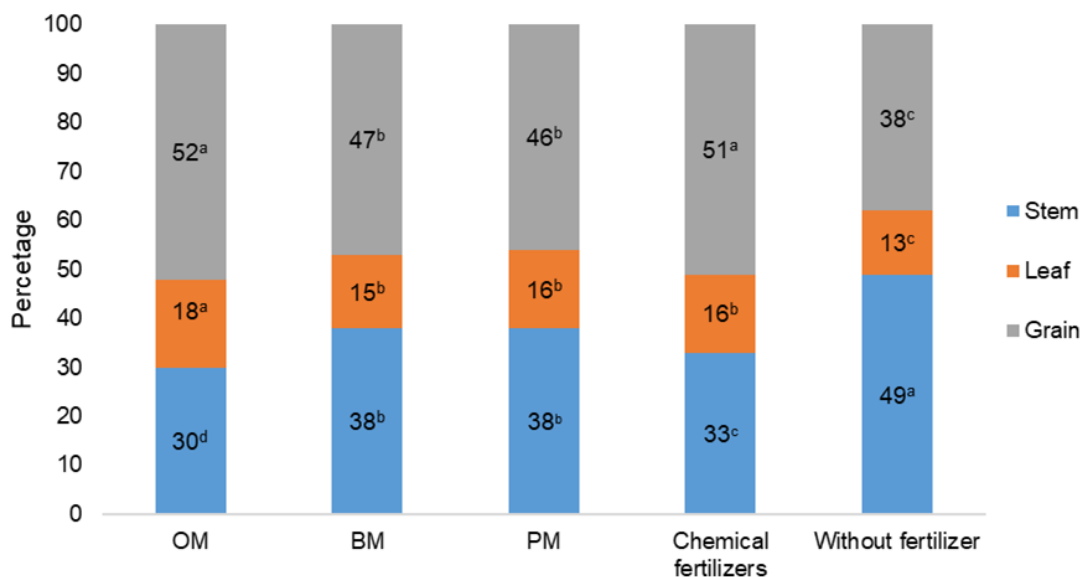


Figura 2. Stem-Leaf-Grain Proportion (%) of fodder corn at 112 days post-sowing fertilized with different types of fertilizer (^{a,b,c} Literals different in leaf, stem or grain, indicate significant statistical difference between treatments, Tukey $p < 0.05$)

Figura 2. Proporción Tallo-Hoja-Grano (%) de maíz forrajero a 112 días post siembra, fertilizado con diferentes tipos de abono (^{a,b,c} Literales diferente en hoja, tallo o grano, indican diferencia estadística significativa entre tratamientos, Tukey $p < 0.05$).

Conclusiones

The use of bokashi made with sheep manure as fertilizer for corn silage production can be a viable option to substitute the use of agrochemicals without affecting yield, because of its higher grain and leaf production, it suggests to be a good forage to obtain high-quality silage.

Conclusiones

El uso de bocashi elaborado con estiércol de ovino como fertilizante para la producción de maíz para ensilar, puede ser una opción viable para sustituir el uso de agroquímicos sin afectar el rendimiento, por su mayor producción de grano y hoja, sugiere ser un buen forraje para obtener ensilados de alta calidad.

Contribución de los autores

Conceptualización del trabajo, SAGH, JERM, SLA, MJRM; desarrollo de la metodología, SAGH, JERM, SLA; manejo de software, GCH, SLA.; validación experimental, JERM, IDGL; análisis de resultados, JERM, SLA; Manejo de datos, MJRM, SLA; escritura y preparación del manuscrito, GCH, SLA; redacción, revisión y edición, IDGL, SLA; “Todos los autores de este manuscrito han leído y aceptado la versión publicada del mismo.”

Financiamiento

Esta investigación fue financiada con fondos propios.

Acknowledgments

We would like to express our profound gratitude to Dr. Juan Carlos García López and Dr. Juan Rogelio Aguirre Rivera from Instituto de Investigación de Zonas Desérticas of the UASLP for the use of the laboratory, and the “Seminario Guadalupano y Josefino A.R” for the facilities granted for the development of fieldwork.

Interest conflict

“The authors declare no conflict of interest”.

References

- Association of Official Analytical Chemists [AOAC]. (2016). Official Methods of Analysis of AOAC International. (20 Ed.). Gaithersburg, E.U.U.
- Barrera-Violeth, J. L., Cabrales-Herrera, E. M., & Sáenz-Narváez, E. P. (2017). Respuesta del maíz híbrido 4028 a la aplicación de enmiendas orgánicas en un suelo de Córdoba – Colombia. *Orinoquia*, 21(2),38-45. <https://doi.org/10.22579/20112629.416>.
- Chaudhary, D.P., Jat, S.L., Kumar, R., Kumar, A., & Kumar, B. (2014) Fodder Quality of Maize: Its Preservation. In: Chaudhary D., Kumar S., Langyan S. (eds) Maize: Nutrition Dynamics and Novel Uses. *Springer*, New Delhi. https://doi.org/10.1007/978-81-322-1623-0_13
- Damián-Huato, M. A., Ramírez-Valverde, B., Aragón-García, A., Huerta-Lara, M., Sangerman-Jarquín, D. M de J., & Romero-Arenas O. (2010). Manejo del maíz en el estado de Tlaxcala, México: entre lo convencional y lo agroecológico. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 6(2), 67-76. <https://revista.itson.edu.mx/index.php/rtrn/article/view/184>
- Filya, I. (2004). Nutritive value and aerobic stability of whole crop maize silage harvested at four stages of maturity. *Animal Feed Science and Technology*, 116(1-2),141–150. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2004.06.003>
- Garcés, M. A. M., Berrio, R. L., Ruíz, A. S., Serna, D. J. G., & Builes, A. A. F. (2004). Ensilaje como fuente de alimentación

Contribución de los autores

Conceptualización del trabajo, SAGH, JERM, SLA, MJRM; desarrollo de la metodología, SAGH, JERM, SLA; manejo de software, GCH, SLA; validación experimental, JERM, IDGL; análisis de resultados, JERM, SLA; Manejo de datos, MJRM, SLA; escritura y preparación del manuscrito, GCH, SLA; redacción, revisión y edición, IDGL, SLA; “Todos los autores de este manuscrito han leído y aceptado la versión publicada del mismo.”

Financiamiento

Esta investigación fue financiada con fondos propios.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Dr. Juan Carlos García López y Dr. Juan Rogelio Aguirre Rivera del Instituto de Investigación de Zonas Desérticas de la UASLP por las facilidades para el uso de laboratorio, y al “Seminario Guadalupano y Josefino A.R” por las facilidades otorgadas para el desarrollo del trabajo de campo.

Conflicto de interés

“Los autores declaran no tener conflicto de interés”.

- para el ganado. *Revista Lasallista de Investigación*, 1(1),66-71. <https://www.redalyc.org/pdf/695/69511010.pdf>
- García E. (1973). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Editorial U.N.A.M, segunda edición México D.F. <http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/view/83/82/251-1>
- García-Hernández, S. A., Marín-Sánchez, J., Romero-Méndez, M., Hernández-Pérez, C., & López-Aguirre, S. (2020). Productive and quality response of six varieties of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) to organic fertilization in Guadalupe, S.L.P. *Revista Bio Ciencias* 7, e743. <https://doi.org/10.15741/revbio.07.e743>
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias [INIFAP]. Tecnologías Generadas, Validadas o Transferidas en los Estados de Tamaulipas, San Luis Potosí, Coahuila y Nuevo León en el año de 2012 ISBN: 978-607-37-0141-9 Folleto Técnico No. MX-0-310301-52-0313-09-59 Clave: INIFAP/CIRNE/FAP-24 Primera Edición 2013 <http://www.inifapcirne.gob.mx/Revistas/Archivos/FICHAS%20TECNOLOGICAS%202012.pdf>
- Loy, D.D., & Lundy, E.L. (2019). Nutritional properties and feeding value of corn and its coproducts. In *Corn* (pp. 633-659). AACC International Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811971-6.00023-1>
- Maeda, K. Hanajima, D. Toyoda, S. Yoshida, N. Morioka, & R. Osada, T. (2011). Microbiology of nitrogen cycle in animal manure compost. Minireview. *Microbial Biotechnology*. 6, 700–709. <https://doi.org/10.1111/j.1751-7915.2010.00236.x>
- Martínez-Viera, R., Dibut, B., & Yoania, R. (2010). Efecto de la integración de aplicaciones agrícolas de biofertilizantes y fertilizantes minerales sobre las relaciones suelo-planta. *Cultivos Tropicales*, 31(3), 1-9. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362010000300009&lng=es&tlng=es
- Millet, A. S., Aluwé, M., Van den Broeke, A., Leen, F., De Boever, J. and De Campeneere S. (2018) Review: Pork production with maximal nitrogen efficiency. *Animal*, 12(5),1060–1067. <https://doi.org/10.1017/S1751731117002610>.
- Neklyudov, A. D., Fedotov, G. N., & Ivankin, A. N. (2008). Intensification of composting processes by aerobic microorganisms: a review. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 44,6-18. <https://doi.org/10.1134/S000368380801002X>
- Norma Oficial Mexicana [NOM-021-RECNAT-2000]. (2002). Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69255.pdf>
- Restrepo, J. (2009). Las mazorcas de maíz eran tan largas, Preparados básicos en Agricultura Organica. El ABC de la Agricultura Orgánica. Yanhuitlán, Oaxaca.
- Sánchez, Ó. J., Ospina, D. A., Montoya, S. (2017). Compost supplementation with nutrients and microorganisms in composting process. *Waste Management*, 69, 136-153. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.08.012>
- SAS. (2021). Statistical Analysis System On Demand for Academics. Statistics Software. SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA.
- Senesi, N. (1989). Composted materials as organic fertilizers. *Science of The Total Environment*, 81–82, 521-542. [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(89\)90161-7](https://doi.org/10.1016/0048-9697(89)90161-7)
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP]. (2022, enero 26) Avance de Siembras y Cosechas. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do
- Vélez-Sánchez, C., Pinedo-Álvarez, C., Viramontes-Oliva, O., Ortega, C., & Melgoza-Castillo, A. (2008) Bio-tecnologías ambientales para el tratamiento de residuos ganaderos. *Tecnociencia Chihuahua*, 2(2),131-144. <https://doi.org/10.54167/tecnociencia.v2i2.75>
- Zeng, G.Y., Chen, M., Huang, Y., Zhang, D., Huang, J., Jiang, H., & Yu, R. (2010). Effects of inoculation with *Phanerochaete chrysosporium* at various time points on enzyme activities during agricultural waste composting. *Bioresource Technology*, 101(1),222–227. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.08.013>