

Abono orgánico Bocashi: Aprovechamiento de los residuos orgánicos agroindustriales de la zona sur de Tamaulipas

Bocashi organic fertilizer: Use of agroindustrial organic waste from the southern area of Tamaulipas

Uriel Armando Macias-Castillo¹✉, Blanca Lourdes Pérez-Mosqueda²✉, César Alejandro Espinoza-Ahumada¹✉, Samuel Uriel Samaniego-Gamez³✉, José Adalberto Castillo-Robles⁴✉ y Román Guadarrama-Pérez^{2*}✉

¹ TecNM: Depto. De Innovación Agrícola Sustentable, Instituto Tecnológico Superior de El Mante, C.P. 89930, Quintero, Cd. Mante, Tamaulipas, México.

² TecNM: Depto. De Ingeniería Química, Instituto Tecnológico Superior de El Mante, C.P. 89930, Quintero, Cd. Mante, Tamaulipas, México.

³ Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California, C.P. 21705, Ejido Nuevo León, Mexicali, Baja California, México.

⁴ Universidad Politécnica de Victoria, C.P. 87138, Parque Científico y Tecnológico, Cd. Victoria, Tamaulipas, México.

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo el aprovechamiento de los residuos orgánicos agroindustriales (bagazo y cachaza) de la zona sur de Tamaulipas para la obtención de abono tipo Bocashi. El abono fue elaborado de manera tradicional (Control, T1) con la adición de diferentes concentraciones de bagazo y cachaza, es decir, 50 %, 75 % y 100 % de bagazo y 50 %, 75 % y 100 % de cachaza, cada una de estas composiciones fue nombrada como T2, T3, T4, T5, T6 y T7, respectivamente. Las variables utilizadas para evaluar la calidad del abono obtenido fueron pH, conductividad eléctrica (CE), materia orgánica (MO) y los macronutrientes P, K, Ca y Mg. Los resultados obtenidos muestran que al adicionar bagazo se favorece la CE, MO y el contenido de P. Por otro lado, al agregar cachaza aumentó la composición de K, Ca y Mg. Por lo anterior, se determinó que la adición, de forma individual, tanto de bagazo como de cachaza mejoran la calidad del abono tipo Bocashi, sin embargo, resulta de interés, para un trabajo futuro, combinar estos dos residuos orgánicos y así obtener un fertilizante orgánico con los beneficios que ambos aportan.

Palabras clave: Agricultura; Bagazo; Cachaza; Macronutrientes.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the residues generated by the sugarcane industry, in Southeastern Tamaulipas, specifically bagasse and cachaza to produce Bocashi-type compost. The compost was prepared by using the traditional method (Control, T1) along with the addition of different concentrations of bagasse and cachaza, i.e., 50 %, 75 % and 100 % of bagasse, and 50 %, 75 % and 100 % of cachaza, these compositions were named as T2, T3, T4, T5, T6 and T7, respectively. pH, electrical conductivity (EC), organic matter (OM), and the macronutrients P, K, Ca, and Mg were used to evaluate the quality of the Bocashi. The results showed that the addition of bagasse improved EC, OM and P content.

*Autor para correspondencia: Román Guadarrama-Pérez

Correo-e: rguadarrama@itsmante.edu.mx

Recibido: 1 de enero de 2025

Aceptado: 15 de julio de 2025

Publicado: 22 de agosto de 2025

On the other hand, with the presence of cachaza increased levels of K, Ca and Mg. Therefore, it was determined that the individual addition of either bagasse or cachaza improves the quality of Bocashi-type compost. This means that further research is necessary to develop an organic fertilizer that combines both organic residues and harnesses the benefits they provide.

Keywords: Agriculture; Bagasse; Cachaza; Macronutrients.

INTRODUCCIÓN

En México se cultivan 865,310 ha de caña de azúcar por año con un rendimiento promedio de 72 ton·ha⁻¹ (SIAP, 2017). En este sentido, Cury *et al.* (2017) mencionan que la finalidad del cultivo de caña de azúcar es ser aprovechado para la producción de azúcar y algunos derivados. Sin embargo, durante el proceso de producción y aprovechamiento de la caña, se generan diversos residuos orgánicos, por ejemplo, bagazo, cachaza y vinaza, los cuales cuentan con bajo valor comercial, y representan un problema debido a los costos operativos de su manejo y traslado, además, al no ser procesados o dispuestos adecuadamente, contribuyen al problema de contaminación ambiental (Vargas y Pérez, 2018; Gálvez *et al.*, 2019).

Debido a la urgente necesidad de reducir el impacto ambiental y social que pueden causar estos residuos, durante los últimos años, se han desarrollado investigaciones enfocadas en la generación de tecnologías que puedan aprovecharlos (Cabrera, 2016). Una de las estrategias desarrolladas para el aprovechamiento de residuos orgánicos, es su procesamiento para la reincorporación al sistema productivo agrícola en forma de fertilizante orgánico (Rosas *et al.*, 2016; Castro *et al.*, 2019). Por ejemplo, la producción de fertilizantes tipo Bocashi, a partir de residuos como bagazo y cachaza, puede constituir una alternativa viable para el manejo de los desechos agroindustriales, contribuyendo al reciclaje de subproductos y así, favorecer la sostenibilidad de los agroecosistemas (Gutiérrez *et al.*, 2020).

El Bocashi tiene como objetivo estimular la nutrición de las plantas mediante la incorporación de nutrientes esenciales como: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro, al suelo (Orozco *et al.*, 2015). El proceso de elaboración de Bocashi se basa en la descomposición aeróbica de materia orgánica, la cual es obtenida de subproductos vegetales, y se tienen identificadas diferentes fases en su producción, las cuales son: mesofílica, termofílica, de enfriamiento y de maduración, el desarrollo de cada una de estas etapas determina la calidad del fertilizante. La duración del proceso está relacionada con el origen de los residuos, el tipo de residuos, el tamaño de partícula, la aireación, la humedad y la población biológica activa (Azurduy *et al.*, 2016).

La calidad de un abono orgánico se determina a partir de su contenido nutrimental y de su capacidad de proveer nutrientes a un cultivo; este contenido está directamente relacionado con las concentraciones de estos nutrientes en los materiales utilizados para su elaboración (Associació Catalana d'Enginyeria Sense Fronteres, 2019; Rodas y Collantes, 2020). Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación consistió en el aprovechamiento de los residuos orgánicos agroindustriales (bagazo y cachaza) de la zona sur de Tamaulipas para la obtención de abono tipo Bocashi.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en el área experimental del Instituto Tecnológico Superior de El Mante, el cual se localiza en el municipio de El Mante, estado de Tamaulipas, México. El municipio se encuentra en la Llanura Costera del Golfo Norte y Sierra Madre Oriental. Las coordenadas de ubicación son: 22°44'38" latitud norte y 98°58'18" latitud oeste, con una altura sobre el nivel del mar de 55 m. El clima de la región se clasifica como cálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad. Con suelos dominantes de tipo vertisol (INEGI, 2020).

Diseño experimental

El estudio contó con un diseño de bloques completamente al azar con 7 tratamientos y 3 repeticiones. Los tratamientos evaluados fueron T1: Testigo (Bocashi), T2: Bocashi + Bagazo 50 % (B+BG50), T3: Bocashi + Bagazo 75 % (B+BG75), T4: Bocashi + Bagazo 100 % (B+BG100), T5: Bocashi + Cachaza 50 % (B+CZ50), T6: Bocashi + Cachaza 75 % (B+CZ75), T7: Bocashi + Cachaza 100 % (B+CZ100).

Elaboración de tratamientos

Para la fase de establecimiento se utilizó la metodología para elaboración de Bocashi descrita por Restrepo (2010), la cual consistió en colocar sobre una superficie plana y protegida de sol y lluvia las siguientes cantidades de materiales por capas: 140 kg de cascarilla o rastrojo; 140 kg de tierra cernida; 140 kg de estiércol seco de ganado ovino; 60 kg de carbón quebrado o pulido de carbón; 25 kg de pulidura o salvado

de arroz; 10 kg de cal agrícola; mezcla de 8 kg de melaza, 0.4 kg de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) en 20 L de agua potable, además, 300 L agua potable, una vez colocados los ingredientes se procedió a su homogeneización, posteriormente se agregó la mezcla líquida de melaza con levadura y agua, después se adicionaron gradualmente los 300 L de agua para alcanzar una humedad del 60 %. Una vez realizada la preparación, se adicionaron los materiales correspondientes a los tratamientos planteados en el diseño experimental. Fueron agregados, Bagazo (BG) y Cachaza (CZ) de caña en concentraciones de 50, 75 y 100 % respecto a los 140 kg de material seco (cascarilla o rastrojo). Una vez establecido, el estudio recibió el siguiente manejo: del día 1 al 3 se realizaron dos volteos del material, uno por la mañana y otro por las tardes, posteriormente del día 4 al 12 se realizó un volteo por las mañanas, esta fase tuvo una duración de 12 d.

Variables evaluadas

En este trabajo se tomaron en cuenta dos características del abono Bocashi: 1. La dinámica de su elaboración y 2. La calidad obtenida. La dinámica de elaboración da información sobre el proceso de obtención del abono. Por otro lado, la calidad brinda características nutrimentales del abono obtenido. En ambas características las variables medidas fueron: temperatura, pH y conductividad eléctrica. Adicionalmente, para evaluar la calidad de Bocashi, se determinó el contenido de materia orgánica. La obtención de estas variables se presenta a continuación.

Se utilizó la metodología descrita por Venegas *et al.* (2004) para la medición de la variable temperatura, la cual se tomó con un termómetro de acero inoxidable para compostaje marca TFA Dostmann modelo 19.2008, el dispositivo se colocó a una profundidad de 0.3 m en tres posiciones dentro del montículo; lado derecho, parte central y lado izquierdo durante un tiempo promedio de 3 minutos. Así mismo se realizó el monitoreo del pH. Este se determinó mediante un potenciómetro marca HANNA instrument modelo HI98107, para la medición de esta variable se tomaron tres muestras de 0.05 kg por montículo a una profundidad de 0.3 m, tomadas en tres posiciones, lado derecho, parte central y lado izquierdo. También se registró la conductividad eléctrica (CE). Para ello se utilizó un conductímetro marca MARZSEFLO modelo MA-088, ambas variables se midieron mediante extracto acuoso con las muestras de 50 g tomadas de cada montículo, estas mediciones se realizaron cada 24 h. Para determinar pH, CE, nitrógeno (%) y materia orgánica (M.O.) se utilizó el método descrito en la NMX-FF-109-SCFI-2008 (SE, 2008), para la variable Fósforo total se utilizó el método de Espectrometría UV-Visible y para determinación de las variables calcio y manganeso se usó el método de Espectrofotometría de absorción atómica, con ello se obtuvieron los valores de características finales de los abonos.

Análisis estadístico

Para el análisis de datos se utilizaron tablas dinámicas de Excel y el Software OriginPro®. Se utilizó un nivel de confiabi-



lidad del 95 % para determinar diferencias significativas entre las variables evaluadas mediante un análisis de varianza (ANOVA). En caso de existir diferencias entre las variables, se procedió a realizar la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dinámica y generación de Bocashi

Temperatura

En la Figura 1, se observan las temperaturas promedio diarias registradas durante las fases de fermentación aeróbica del abono Bocashi. Durante el día dos, la temperatura de T1 alcanzó los 69 °C, mientras que la temperatura más baja se registró en T6 y T7 con 52 °C, de acuerdo a Restrepo (2010) las temperaturas durante la fase mesofílica de un Bocashi no debe rebasar los 50 °C, aunque para Pérez (2010) el límite máximo de temperatura es de 60 °C, ya que temperaturas superiores pueden provocar sobrecalentamiento lo cual podría afectar el crecimiento de poblaciones de microorganismos termófilos y el proceso de mineralización de los sustratos orgánicos (Restrepo, 2010; Escudero y Arias, 2012). A partir del quinto día la mayor temperatura fue de 59 °C en T1 y de 45 °C en T3, estos resultados son similares a los reportados por Medina-Saavedra *et al.* (2016) donde mencionan que a partir del cuarto día existe un descenso de las temperaturas debido a la pérdida constante de humedad.

pH

La Figura 2 muestra la dinámica del pH en los tratamientos evaluados. En esta figura se puede observar que durante los tres primeros días del ensayo se alcanzaron valores de 9.2 en T6 y T7, mientras que para T1 se alcanzó un valor inicial de 8.7, al final del ensayo se reportaron los valores más altos en T1, T2, T3 y T4 con 8.7, 8.9, 8.7 y 8.9 respectivamente, mientras que los valores más bajos se obtuvieron en T5, T6 y T7 con 8.4, 8.6 y 8.5 respectivamente. Los resultados obtenidos muestran valores con pH alcalino, esto puede deberse a las características de los materiales utilizados para la elaboración de los diversos tratamientos, de acuerdo con Restrepo (2010) el pH óptimo para este tipo de abono debe oscilar entre 7.8-8.8. Para Zambrano *et al.* (2014), los materiales orgánicos estables deben tener valores de pH en rangos de 7 y 8. Durante los primeros días del proceso de fermentación (Fase mesofílica), el pH se acidifica por la formación de ácidos orgánicos, mientras que en la fase termófila debido a la conversión del amonio en amoniaco el pH sube y se alcaliniza el medio, para finalmente estabilizarse en valores cercanos al neutro (Román *et al.*, 2013).

Conductividad eléctrica

La Figura 3 muestra los valores de CE encontrados en los diversos tratamientos evaluados, en la fase inicial (mesofílica) se encontraron los valores más bajos en T1, T6, T3 y T5 con 135, 825, 990 y 1000 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ respectivamente, mientras que los valores más altos se tienen en T2, T7 y T4 con 1100, 1125 y 1126 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ respectivamente. Para la fase final del ensayo los valores más bajos se tienen en T4, T2, T1 y T3 con 625, 690, 760 y 880 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, respectivamente, por otro lado, T6, T7 y T5

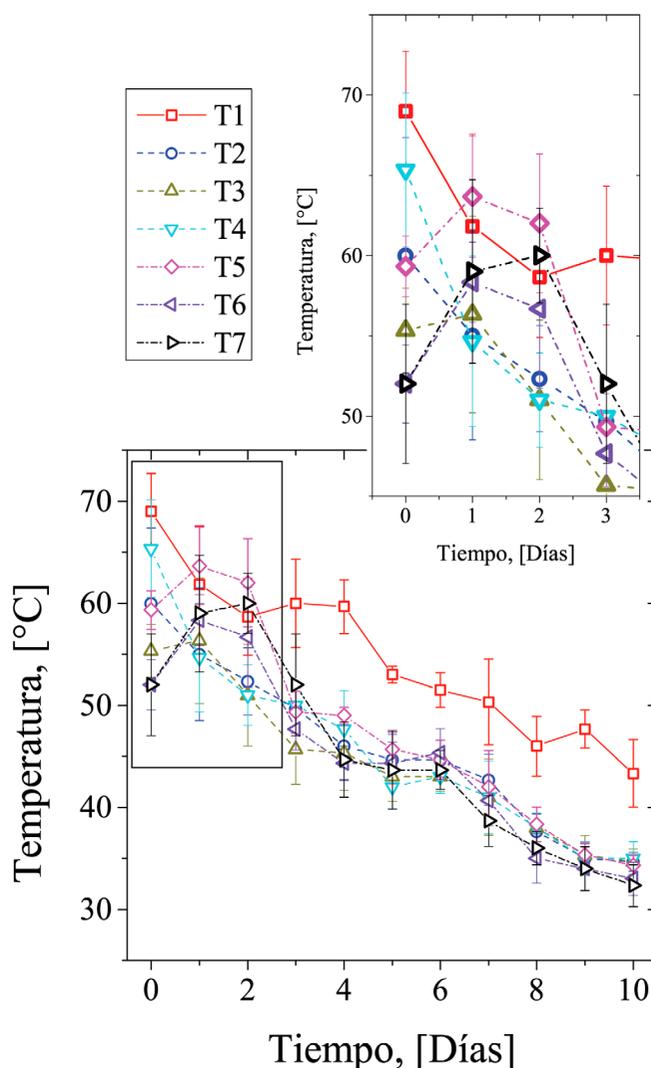


Figura 1. Temperatura promedio diaria para los diferentes tratamientos en la elaboración de Bocashi. T1: Testigo, T2: Bocashi + Bagazo 50 % (B+BG50), T3: Bocashi + Bagazo 75 % (B+BG75), T4: Bocashi + Bagazo 100 % (B+BG100), T5: Bocashi + Cachaza 50 % (B+CZ50), T6: Bocashi + Cachaza 75 % (B+CZ75), T7: Bocashi + Cachaza 100 % (B+CZ100).

Figure 1. Average daily temperature for the different treatments in the production of Bocashi. T1: Control, T2: Bocashi + Bagasse 50 % (B+BG50), T3: Bocashi + Bagasse 75 % (B+BG75), T4: Bocashi + Bagasse 100 % (B+BG100), T5: Bocashi + Cachaza 50 % (B+CZ50), T6: Bocashi + Cachaza 75 % (B+CZ75), T7: Bocashi + Cachaza 100 % (B+CZ100).

presentaron valores de 1065, 1240 y 1625 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, respectivamente, siendo estos los valores más altos. La CE indica la capacidad de un material para conducir corriente eléctrica, a medidas que los valores aumentan se indica una mayor presencia de sales, de acuerdo con Barbaro *et al.* (2018) la CE ideal debe ser baja en cualquier sustrato no sobrepasando de 1000 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, ya que valores más altos pueden causar fitotoxicidad en plantas.

Comparación de parámetros de calidad Temperatura

En la Tabla 1 se muestran los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para la temperatura. De acuerdo con estos

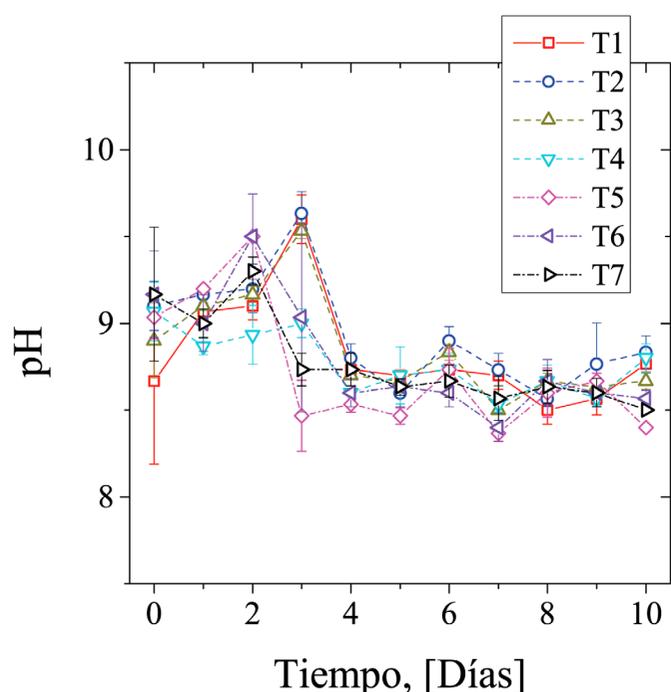


Figura 2. pH promedio diario para los diferentes tratamientos en la elaboración de Bocashi. T1: Testigo, T2: Bocashi + Bagazo 50 % (B+BG50), T3: Bocashi + Bagazo 75 % (B+BG75), T4: Bocashi + Bagazo 100 % (B+BG100), T5: Bocashi + Cachaza 50 % (B+CZ50), T6: Bocashi + Cachaza 75 % (B+CZ75), T7: Bocashi + Cachaza 100 % (B+CZ100).

Figure 2. Average daily pH for the different treatments in the production of Bocashi. T1: Control, T2: Bocashi + Ba-gasse 50 % (B+BG50), T3: Bocashi + Bagasse 75 % (B+BG75), T4: Bocashi + Bagasse 100 % (B+BG100), T5: Bocashi + Cachaza 50 % (B+CZ50), T6: Bocashi + Cachaza 75 % (B+CZ75), T7: Bocashi + Cachaza 100 % (B+CZ100)

resultados, existe diferencia significativa en la temperatura promedio de los tratamientos evaluados.

En la Tabla 2 se presentan los resultados de la prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$). Con base en estos resultados, se determinó la existencia de diferencias significativas para el parámetro de temperatura entre T1 y todos los tratamientos restantes, es decir, T2, T3, T4, T5, T6 y T7, lo cual concuerda con lo reportado por Mendivil-Lugo *et al.* (2020) quienes evaluaron la elaboración de abono tipo Bocashi con mezcla de desechos de aserrín-mango-plátano y mango obteniendo temperaturas promedio que no superaron los 68 °C durante las fases de fermentación de los tratamientos evaluados. Ruíz-Figueroa (2009) reporta que para que se lleven de manera adecuada las fases de compostaje (Mesofílica, Termofílica, Enfriamiento y Maduración) las temperaturas óptimas deben rondar los 60-70 °C, mismos valores alcanzados en el presente trabajo.

pH

En la Tabla 3 se muestra el ANOVA realizado para la variable pH. De acuerdo con este resultado, no existe diferencia significativa entre los valores de pH para los tratamientos evaluados. Esto puede deberse a las características de los materiales utilizados para la elaboración de los diferentes tratamientos, los valores reportados por Labarca-Arrieta *et al.*

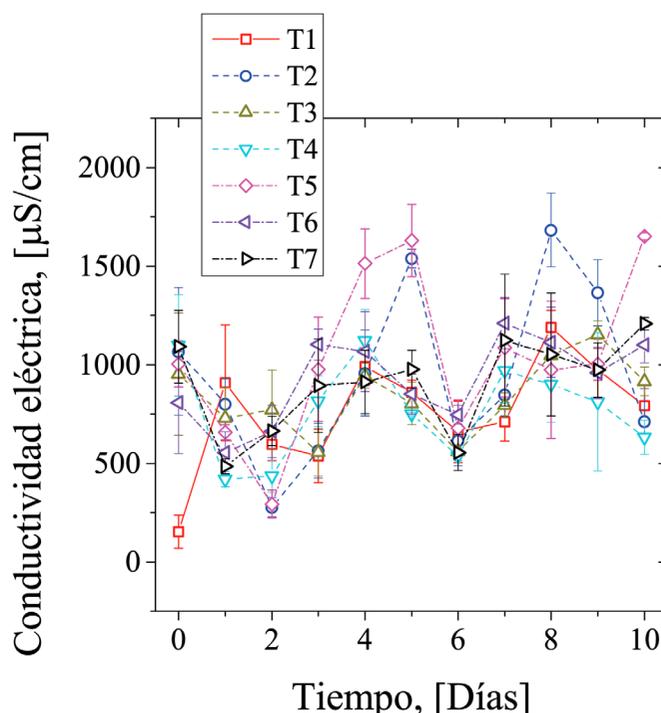


Figura 3. Conductividad eléctrica promedio diaria para los diferentes tratamientos en la elaboración de Bocashi. T1: Testigo, T2: Bocashi + Bagazo 50 % (B+BG50), T3: Bocashi + Bagazo 75 % (B+BG75), T4: Bocashi + Bagazo 100 % (B+BG100), T5: Bocashi + Cachaza 50 % (B+CZ50), T6: Bocashi + Cachaza 75 % (B+CZ75), T7: Bocashi + Cachaza 100 % (B+CZ100).

Figure 3. Average daily electrical conductivity for the different treatments in the production of Bocashi. T1: Control, T2: Bocashi + Bagasse 50 % (B+BG50), T3: Bocashi + Bagasse 75 % (B+BG75), T4: Bocashi + Bagasse 100 % (B+BG100), T5: Bocashi + Cachaza 50 % (B+CZ50), T6: Bocashi + Cachaza 75 % (B+CZ75), T7: Bocashi + Cachaza 100 % (B+CZ100).

Tabla 1. Prueba de ANOVA para temperatura.

Table 1. ANOVA test for temperature.

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrada	F	Valor-p
Modelo	6	240.29	40.05	7.13	0.0012
Error	14	78.67	5.62		
Total	20	318.95			

*Con un nivel de significancia de 0.05, existe diferencia entre las medias de los tratamientos.

(2018) son similares a los encontrados en este estudio, cuyos valores no son mayores a 8.8, lo cual también demuestra que los resultados del presente trabajo están dentro de los parámetros de calidad del abono Bocashi de acuerdo a Restrepo (2010), por su parte Silva *et al.* (2024) reportaron en su trabajo un pH mayor a 8, el cual no se encuentra dentro de los límites permisibles de la NMX-FF-109-SCFI-2008 (SE, 2018), el resultado final de la calidad de los abonos tipo Bocashi dependen directamente de los aportes de cada uno de los materiales utilizados para su elaboración.

Conductividad eléctrica

En la Tabla 4 se muestra el ANOVA realizado a la variable CE. Este análisis determinó que existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados en el presente trabajo.



Tabla 2. Prueba de Tukey para temperatura.**Table 2.** Tukey test for temperature.

Relación entre tratamientos	Diferencia de medias	Valor-q	Comparativo
T2-T1	-9	6.58	1
T3-T1	-8.67	6.33	1
T4-T1	-8.33	6.09	1
T5-T1	-8.33	6.09	1
T6-T1	-10.33	7.55	1
T7-T1	-11.00	8.04	1
T3-T2	0.33	0.24	0
T4-T2	0.67	0.49	0
T4-T3	0.33	0.24	0
T5-T2	0.67	0.49	0
T5-T3	0.33	0.24	0
T5-T4	0.00	0.00	0
T6-T2	-1.33	0.97	0
T6-T3	-1.67	1.22	0
T6-T4	-2.00	1.46	0
T6-T5	-2.00	1.46	0
T7-T2	-2.00	1.46	0
T7-T3	-2.33	1.70	0
T7-T4	-2.67	1.95	0
T7-T5	-2.67	1.95	0
T7-T6	-0.67	0.49	0

**Con un nivel de significancia de 0.05, comparativo igual a 1 indica que existe diferencia en las medias.

***Con un nivel de significancia de 0.05, comparativo igual a 0 indica que no existe diferencia en las medias.

En la Tabla 5 se presentan los resultados de la prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$). Los mayores valores de conductividad eléctrica se presentaron en T5, esto puede deberse a las características fisicoquímicas de la cachaza. Zérega (1993) reporta que la cachaza es rica en N, P, K y Ca, por su parte López-Pérez *et al.* (2014) menciona que la adición de 9 meq L⁻¹ de Ca genera una tendencia de incremento de la CE hasta en 4000 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, mientras que Pérez-Méndez *et al.* (2011) encontraron que la composta de cachaza se caracterizó por presentar un mayor contenido de sales respecto al bagazo de caña, aunque la diferencia fue solamente de 500 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, estos resultados pueden ayudar a explicar los datos obtenidos en el presente estudio, donde T5: Bocashi + Cachaza 50 % presentó los valores más altos respecto a T1, T2, T3 y T4, los cuales no presentan adición de cachaza en su preparación.

Tabla 3. Prueba de ANOVA para pH.**Table 3.** ANOVA test for pH.

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrada	F	Valor-p
Modelo	6	0.20	0.034	2.84	0.0504
Error	14	0.17	0.012		
Total	20	0.37			

*Con un nivel de significancia de 0.05, no existe diferencia entre las medias de los tratamientos.

Tabla 4. Prueba de ANOVA para conductividad eléctrica.**Table 4.** ANOVA test for electrical conductivity.

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrada	F	Valor-p
Modelo	6	2.22×10 ⁵	370553.97	28.49	4.47×10 ⁻⁶
Error	14	1.82×10 ⁵	13005.71		
Total	20	2.41×10 ⁶			

*Con un nivel de significancia de 0.05, existe diferencia entre las medias de los tratamientos.

Tabla 5. Prueba de Tukey para conductividad eléctrica.**Table 5.** Tukey test for electrical conductivity.

Relación entre tratamientos	Diferencia de medias	Valor-q	Comparativo
T5-T1	858.67	13.04	1
T5-T2	938.67	14.26	1
T5-T3	735.33	11.168	1
T5-T4	1018.67	15.47	1
T5-T6	-550.67	8.36	1
T5-T7	-453.33	6.89	1
T6-T2	388.00	5.89	1
T6-T4	468.00	7.108	1
T7-T1	405.33	6.16	1
T7-T2	485.33	7.37	1
T7-T4	565.33	8.59	1
T2-T1	-80.00	1.22	0
T3-T1	123.33	1.87	0
T3-T2	203.33	3.09	0
T4-T1	-160.00	2.43	0
T4-T2	-80.00	1.22	0
T4-T3	-283.33	4.30	0
T6-T1	308.00	4.68	0
T6-T3	184.67	2.80	0
T7-T3	282.00	4.28	0
T7-T6	97.33	1.49	0

**Con un nivel de significancia de 0.05, comparativo igual a 1 indica que existe diferencia en las medias.

***Con un nivel de significancia de 0.05, comparativo igual a 0 indica que no existe diferencia en las medias.

Características finales de los abonos orgánicos

Para evaluar las características finales de los diferentes tratamientos se realizó un ANOVA, derivado de este análisis se realizó la prueba de comparación múltiple de Tukey ($P \leq 0.05$), los resultados se muestran en la Tabla 6. El pH de los tratamientos resultó alcalino, esto concuerda con lo reportado por Labarca-Arrieta *et al.* (2018) quienes reportaron en su caracterización de Bocashi un pH de 8.12, en otro estudio realizado por Montoya-Jasso *et al.* (2021) se encontraron valores de pH dentro de un rango ligeramente alcalino. Esta tendencia de alcalinidad en los tratamientos puede estar relacionada a las características de los materiales utilizados, como se puede observar los tratamientos con mayor alcalinidad son aquellos que contenían cachaza, la cual por su mayor concentración de CaO₃ puede promover un incremento en la alcalinidad de los abonos.

Para los valores de conductividad eléctrica (CE) se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos

evaluados, siendo el valor más alto el reportado en T2, esto se puede explicar debido a los aportes de Ca que puede contener el forraje y bagazo utilizados, autores como Vivas-May *et al.* (2011) mencionan que los forrajes de agostadero contienen abundante concentración de Ca, Cu y Zn. Para la variable nitrógeno se encontraron diferencias significativas entre los diversos tratamientos encontrándose el valor más alto en T3 que contenía 75 % de bagazo, esto concuerda con lo reportado por Pérez-Méndez *et al.* (2011), ellos encontraron que los tratamientos con concentraciones de 75 % -25 % y 50 % -50 % de cachaza y bagazo presentaban mayor concentración de nitrógeno total, esto corrobora los resultados obtenidos en el presente trabajo.

Los tratamientos que incluyeron bagazo se vieron favorecidos con el incremento de materia orgánica (MO), esto concuerda con lo reportado por Pérez-Méndez *et al.* (2011) quienes reportan que los tratamientos que incluyen alguna proporción de bagazo de caña presentan un mayor porcentaje de MO, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en el presente trabajo. En cuanto a la variable fósforo total el tratamiento con mayor concentración fue T3 el cual contenía un 75 % de bagazo. De acuerdo con Alexander (1980), los tejidos vegetales pueden contener entre un 0.05-0.50 % de fósforo, lo cual puede ayudar a explicar el resultado obtenido en este trabajo. Por otro lado, los resultados muestran que T6 y T7 presentan una mayor concentración de Ca, K y Mg, lo cual concuerda con lo reportado por CONADESUCA (2015), ellos analizaron los contenidos nutrimentales de diferentes abonos a base de cachaza obteniendo las mayores concentraciones de Ca, K y Mg en el abono tipo Bocashi.

CONCLUSIONES

La adición de bagazo y cachaza en diferentes concentraciones promueve un incremento favorable en las características fisicoquímicas y nutrimentales del abono tipo Bocashi elaborado de manera tradicional, los resultados finales nos ayudan a demostrar la factibilidad técnica del uso de los residuos orgánicos agroindustriales (bagazo y cachaza) de la zona sur de Tamaulipas, lo cual puede ayudar en la obtención de abonos de buena calidad, ninguno de los parámetros de calidad (temperatura, pH, CE) se vieron afectados de manera negativa con la adición de los residuos orgánicos agroindustriales. Los valores más altos de pH se obtuvieron en los tratamientos con adición de cachaza, mientras que la mayor CE y MO se presentó en los tratamientos con adición de bagazo, por su parte la mayor concentración de P se encontró en el tratamiento con 50 % bagazo, mientras que para K, Ca y Mg los valores más altos se obtuvieron en los tratamientos con adición de cachaza.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo, agradecemos al Tecnológico Nacional México por el valioso apoyo financiero para la realización de este trabajo de investigación (proyecto 20740), así como al Instituto Tecnológico Superior de El Mante por las facilidades prestadas para el uso de las instalaciones. Un agradecimiento particular al Ingenio El Mante perteneciente a grupo Pantaleón por la donación de bagazo y cachaza indispensables para el desarrollo de la investigación.

CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Tabla 6. Propiedades fisicoquímicas de Bocashi para los diferentes tratamientos evaluados.

Table 6. Physicochemical properties of Bocashi for the different treatments evaluated.

Variable	Tratamiento ($\mu \pm$ D.E.)						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
pH	8.3 ^a \pm 0.013	8.1 ^b \pm 0.017	8.2 ^c \pm 0.012	8.1 ^b \pm 0.013	8.5 ^d \pm 0.012	8.7 ^e \pm 0.015	8.6 ^f \pm 0.014
Conductividad eléctrica (μ S/cm)	374300 ^a \pm 3000	378600 ^a \pm 2800	362300 ^b \pm 3100	360300 ^b \pm 2900	304000 ^c \pm 3000	249600 ^d \pm 3150	260900 ^e \pm 2900
Nitrógeno (%)	2.61 ^a \pm 0.012	2.64 ^a \pm 0.013	3.21 ^b \pm 0.010	2.91 ^c \pm 0.014	1.62 ^d \pm 0.011	1.12 ^e \pm 0.011	1.44 ^f \pm 0.014
Materia orgánica (%)	52.1 ^a \pm 0.51	52.8 ^a \pm 0.50	64.1 ^b \pm 0.47	58.2 ^c \pm 0.49	32.3 ^d \pm 0.51	22.3 ^e \pm 0.48	28.7 ^f \pm 0.52
Fosforo total (P ₂ O ₅ , mg/kg)	945.1 ^a \pm 1.5	896.3 ^b \pm 1.9	1214.4 ^c \pm 2.3	795.8 ^d \pm 1.0	1022.3 ^e \pm 2.5	1130.6 ^f \pm 2.1	782.3 ^g \pm 2.9
Potasio (mg/kg)	7228.7 ^a \pm 31	8434.8 ^b \pm 35	7035.3 ^c \pm 42	7605.1 ^d \pm 30	8946.6 ^e \pm 38	8418.0 ^b \pm 45	8967.5 ^e \pm 40
Calcio (mg/kg)	19500.1 ^a \pm 15	28135.6 ^b \pm 18	20337.9 ^c \pm 23	19862.6 ^d \pm 16	20716.33 ^e \pm 20	54251.94 ^f \pm 13	47098.16 ^g \pm 21
Magnesio (mg/kg)	2498.3 ^a \pm 50	3140.3 ^b \pm 28	2428.6 ^a \pm 46	2726.1 ^c \pm 25	6198.1 ^d \pm 51	5746.3 ^e \pm 34	6192.2 ^d \pm 30

****De acuerdo con la prueba de comparación múltiple de Tukey ($p < 0.05$), para cada variable, un superíndice con letra diferente indica diferencia significativa. μ : media, D.E.: Desviación estándar.



REFERENCIAS

- Alexander, M. 1980. Introducción a la microbiología del Suelo. AGT, México. 491 pp.
- Associació Catalana d'enginyeria Sense Fronteres. 2018. Manual producción de compost. Universidad Estatal Amazónica. p.7. Disponible en: <https://esf-cat.org/wp-content/uploads/2018/12/Manual-produccion-de-compostESF.pdf>
- Azurduy, S., Azero, M., Ortuño, N., Bolivia, C., PROINPA Centro El Paso, F., Meneces, A. y El Paso, Z. 2016. Evaluación de activadores naturales para acelerar el proceso de compostaje de residuos orgánicos en el Municipio de Quillacollo. Acta Nova. 7, 1683-0768.
- Barbaro, L., Karlanian, M. y Mata, D. 2018. Importancia del pH y la conductividad eléctrica (CE) en los sustratos para plantas. 1a Edición. Ediciones INTA. Buenos Aires. Disponible en https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/16823/INTA_CIRN_InstitutodeFloricultura_Karlanian_Importancia_del_ph_y_la_conductividad_electrica.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cabrera, E., León, V., Montano, A. y Dopico, D. 2016. Caracterización de residuos agroindustriales con vistas a su aprovechamiento. Centro Azúcar 43, 27-35.
- Castro-Rivera, R., Fernández-Luqueño, F., Luna-Suárez, S., Miranda-Arámbula, M., Bandala, E.R. y López-Valdez, F. 2019. Uso de Fertilizantes, Sustratos y Enmendadores para incrementar la productividad agrícola, parte 2. Frontera 3:18-21. Recuperado de: <https://www.revistafronterabiotecnologica.cibatlaxcala.ipn.mx/volumen/vol14/pdf/vol-14-4.pdf>.
- CONADESUCA. 2015. Sistema de Información de la Investigación en la Agroindustria de la Caña de azúcar. [fecha de Consulta 30 de Junio de 2025]. Recuperado de: <http://www.siiiba.conadesuca.gob.mx/siiaca/>
- Cury, K., Aguas, Y., Martínez, A., Olivero, R. y Chams, L. 2017. Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. Revista colombiana de ciencia animal 9, 122-132.
- Escudero, F.A. y Arias, V.C. 2012. Los microorganismos en los abonos orgánicos a partir de podas en la Universidad del Norte, Colombia. Rev. Int. Contam. Ambie. 28 Sup. (1) 67-75.
- Gálvez Torres, E., Legua Cárdenas, J., Cruz Nieto, D., Caro Soto F. e Inga Sotelo, M. 2019. Evaluación de abono orgánico de vinaza y bagazo de la caña de azúcar para la producción ecológica de rabanito (*Raphanus sativus* L.). Aporte Santiaguino, 12(2), 236-249. Recuperado de: <https://doi.org/10.32911/as.2019.v12.n2.645>.
- Gutiérrez, A.C., De Lira, F.J.A., Quiroz, P.E. y Martínez, G.S.I. 2020. Conversión de residuos agroindustriales para la generación de biocombustibles, productos de valor agregado y bioenergía. Digital Ciencia@UAQRO, 13(1), 27-35. Recuperado de: <https://revistas.uaq.mx/index.php/ciencia/article/view/41>.
- INEGI. 2020. Anuario estadístico y geográfico por entidad federativa 2020. Recuperado de: [chro-me-extension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://sma.gob.mx/wp-content/uploads/2022/03/Anuario-2020.pdf](https://sma.gob.mx/wp-content/uploads/2022/03/Anuario-2020.pdf)
- Labarca-Arrieta, R.A., González-Gómez, L.G., González-Paneque, O.S. y Jiménez-Arteaga, M.C. 2018. Caracterización del abono Bocashi y su aplicación en el cultivo del pimentón (*Capsicum annum*, L.), en el estado Falcón. Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía, 3(6), 109-127. [fecha de Consulta 30 de Junio de 2025]. ISSN: Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=576869148007>.
- López-Pérez, C.A., Valdez-Aguilar, L.A., Robledo-Torres, V., Mendoza-Villarreal, R. y Castillo-Gonzalez, A.M. 2014. El calcio imparte tolerancia a alta conductividad eléctrica en *Lisianthus (Eustoma grandiflorum* Raf. Shinn.). Revista mexicana de ciencias agrícolas, 5(7), 1193-1204. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342014000700005&lng=es&tlng=es.
- Medina-Saavedra, T., Arroyo-Figueroa, G., Martínez-Pérez, I. y Vargas-Rodríguez, L. 2016. Fertilizante orgánico bocashi en germinación de semillas de mezquite (*Prosopis glandulosa*). Ciencia y Tecnol. Agrop. México, 4(2): 20-30. Recuperado de: [chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.somecta.org.mx/Revistas/2016-2/2016-2/CYTAM4-2-3-2016.pdf](https://www.somecta.org.mx/Revistas/2016-2/2016-2/CYTAM4-2-3-2016.pdf)
- Mendivil-Lugo, C., Nava-Pérez, E., Armenta-Bojórquez, A.D., Ruelas-Ayala, R.D. y Félix-Herrán, J.A. 2020. Elaboración de un abono orgánico tipo bocashi y su evaluación en la germinación y crecimiento del rábano. Biotecnia, 22(1), 17-23. Disponible en: <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v22i1.1120>.
- Montoya-Jasso, V.M., Ordaz-Chaparro, V.M., Benedicto-Valdés, G.S., Ruiz-Bello, A. y Arreola-Tostado, J.M. 2021. Caracterización química y física de sustratos enriquecidos con minerales y composta. Terra Latinoamericana, 39, e601. Recuperado de: <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.601>
- Orozco, M., Hernández, J. y Jiménez, A.E. 2015. Survival of pre-parasitic stages of gastrointestinal nematodes in Bocashi made from cattle manure. Agronomía Mesoamericana , 26(1), 165-169.
- Pérez Méndez, M.A., Sánchez Hernández, R., Palma-López, D.J. y Salgado García, S. 2011. Caracterización química del compostaje de residuos de caña de azúcar en el sureste de México. Interciencia, 36 (1), 45-52. [fecha de Consulta 23 de diciembre de 2024]. ISSN: 0378-1844. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33917727007>
- Pérez, L.M. 2010. Producir abonos orgánicos (composta bocashi). Yahuelica, Jalisco: Brigada de Educación para el desarrollo rural No. 8 Secretaría de Educación Pública.
- Restrepo, J. 2010. A, B, C de la agricultura orgánica y panes de piedra: Abonos orgánicos fermentados. 1a Edición. Feriva S.A. Colombia. 86 pp.
- Rodas-Castillo, D. y Collantes-Paz, M.R. 2020. Propuesta para la obtención de bocashi a partir de residuos sólidos orgánicos domiciliarios. Recuperado de: [chro-me-extension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.upeu.edu.pe/server/api/core/bitstreams/7a68b2e6-fbe8-403e-8450-d966e53ffd46/content](https://repositorio.upeu.edu.pe/server/api/core/bitstreams/7a68b2e6-fbe8-403e-8450-d966e53ffd46/content)
- Román, P., Martínez, M.M. y Pantoja, A. 2013. Manual de compostaje del agricultor: Experiencias en América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. 112 pp.
- Rosas-Calleja, D., Ortiz-Laurel, H., Herrera-Corredor, J.A. y Leyva-Ovalle, R. 2016. Revalorización de algunos residuos agroindustriales y su potencial de aplicación a suelos agrícolas. Agroproductividad, 9(8): 18-23.
- Ruiz-Figueroa, J.F. 2009. Ingeniería del compostaje. 1 ra. edición, Dirección General de Difusión Cultura y Servicio, Universidad Autónoma Chapingo. Estado de México. 237 pp.



- Secretaría de Economía (SE). 2008. NMX-FF-109-SCFI-2008: Humus de lombriz (lombricomposta)-especificaciones y métodos de prueba. Ciudad de México: SE.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2017. Recuperado de: <https://www.gob.mx/siap/articulos/cana-de-azucar-cierra-la-cosecha-2017-con-56-millones-de-toneladas?idiom=es>
- Silva, E.D., Gómez, T.L. y Corlay, L.C. 2024. Microorganismos de Montaña en la producción de Bocashi y su efecto en el desarrollo de lechuga (*Lactuca sativa* L.). LUMEN ET VIRTUS, 15(39): 3673-3683.
- Vargas Corredor, Y.A. y Pérez Pérez, L.I. 2018. Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente. Revista Facultad De Ciencias Básicas, 1(1), 59-72. Doi: <https://doi.org/10.18359/rfcb.3108>
- Venegas, G.J., Cajuste, L.J., Trinidad, S.A., Gavi, R.F. y Sánchez, G. P. 2004. Behavior of the pH and cation exchange capacity in organic wastes with different humification rate. Proc. 1st Intl. Congr. Vermicompost and Organic Wastes. Guadalajara, México. pp. 97-99.
- Vivas-May, E.F., Rosado Rubio, J.G., Castellanos Ruelas, A.F., Heredia Aguilar, M. y Cabrera-Torres, E.J. 2011. Contenido mineral de forrajes en predios de ovinocultores del estado de Yucatán. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 2(4), 465-475. Recuperado en 28 de diciembre de 2024, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242011000400009&lng=es&tlng=es.
- Zambrano, A., Paolini, J., Contreras, F. y Rivero, C. 2014. Caracterización enzimática de enmiendas orgánicas. *Venesuelos* 21: 73-81.
- Zérega, M.L. 1993. Manejo y uso agronómico de la cachaza en suelos cañameleros. *Caña de Azúcar*. 11: 1-13.