

Efecto de sustancias azucaradas en la descomposición de sustratos orgánicos para la elaboración de compost

Effect of sugary substances on organic substrates degradation for compost elaboration

Ana Ruth Álvarez-Sánchez^{1‡}, Luis Tarquino Llerena-Ramos¹ y Juan José Reyes-Pérez¹

¹ Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Vía Quevedo-Santo Domingo km 1½. Casilla postal: 73. Quevedo, Los Ríos, Ecuador.

[‡] Autora para correspondencia (dra.arasanchez@gmail.com)

RESUMEN

El compost es una forma principal para degradar desechos de origen orgánicos; no obstante, todo el procedimiento requiere de largos tiempos de maduración por lo cual, es indispensable la búsqueda de formas rápidas para descomponer y transformar estos desechos en subproductos con alto valor agronómico. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de sustancias azucaradas en la descomposición de sustratos orgánicos para elaborar compost. Las sustancias investigadas fueron azúcar, melaza y jugo de caña (*Saccharum officinarum*), mezclados con un sustrato orgánico compuesto por 30% estiércol, 50% panca de maíz, 10% de restos de leguminosa, 9% de tierra y 1% de ceniza. El diseño experimental fue completamente al azar, con 16 unidades experimentales, un testigo absoluto y cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron días para la descomposición, temperatura, humedad, peso del sustrato y contenido de nutrientes. La melaza mezclada con residuos orgánicos disminuyó 6 días (9.68%) el período de descomposición, con relación al testigo (62 días). El tratamiento con melaza añadida presentó el mayor descenso de temperatura (8.7 °C), aunque no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, al inicio y al final del ensayo. El contenido de humedad entre los tratamientos osciló entre 56.5 y 59.0%, sin embargo, las diferencias no fueron significativas. El tratamiento con melaza fue el que presentó la mayor pérdida de peso (10.8 kg) durante la descomposición del sustrato orgánico;

no obstante, no hubo diferencias en el pH y contenido de nutrientes (B, Ca, Cu, K, Mg, N, P, S, Zn, M.O.). El tratamiento con mayor concentración de nutrientes fue el conformado por sustancias orgánicas y melaza, por lo cual, se recomienda su uso o integración para acelerar el proceso de descomposición en el compost.

Palabra clave: agricultura orgánica, abonos orgánicos, melaza, nutrientes, *Saccharum officinarum*.

SUMMARY

Compost is the main degradation channel for organic waste, however, the whole process requires long maturation times, which is why the search for quick ways to decompose and transform these wastes into by-products with high agronomic value is essential. The objective of this study was to determine the effect of sugary substances on the degradation of organic substrates to elaborate compost. The substances investigated were sugar, molasse and cane juice (*Saccharum officinarum*), mixed with an organic substrate composed of 30% manure, 50% corn pancake, 10% legume remains, 9% soil and 1% ash. The experimental design was completely random, with 16 experimental units, one absolute control and four repetitions. The variables evaluated were the following: days for decomposition, temperature, humidity, substrate weight and nutrient content. Molasses mixed with organic waste decreased the decomposition period by 6 days (9.68%), relative to the control

Cita recomendada:

Álvarez-Sánchez, A. R., Llerena-Ramos, L. T. y Reyes-Pérez, J. J. (2021). Efecto de sustancias azucaradas en la descomposición de sustratos orgánicos para la elaboración de compost. *Terra Latinoamericana*, 39, 1-10. e916. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.916>

Recibido: 14 de enero del 2021. Aceptado: 12 de marzo de 2021.
Artículo. Volumen 39, abril de 2021.

(62 days). The treatment added with molasses showed the greatest temperature decline (8.7 °C), although no significant differences were found between treatments, at the beginning and end of the trial. The moisture content among treatments ranged from 56.5 to 59.0%, however, differences were not significant. The molasses treatment showed the greatest weight loss (10.8 kg) during the organic substrate degradation; however, there were no differences in pH and nutrient content (B, Ca, Cu, K, Mg, N, P, S, Zn, and MO). The treatment with the highest concentration of nutrients was the conformed by organic substances and molasses, thus, its use or integration is recommended to accelerate the degradation process in compost.

Index words: *organic farming, organic fertilizers, molasses, nutrients, Saccharum officinarum.*

INTRODUCCIÓN

La agricultura requiere de suelos fértiles de buena calidad y saludables para garantizar el abasto y la alimentación mundial (UNESCO y FAO, 2019). Sin embargo, la necesidad de usar los mismos terrenos para producir alimentos de forma permanente da como resultado el deterioro de los suelos. Para reactivar este medio de producción se ha usado a los fertilizantes químicos, sin considerar los daños que estos provocan al ser humano y medio ambiente (Pérez-Méndez, Sánchez, Palma y Salgado, 2011; Zavala *et al.*, 2017).

Se ha confirmado que el uso inapropiado de fertilizantes químicos ocasiona problemas ecológicos graves, como la reducción de biodiversidad y la contaminación del medio ambiente (Flores *et al.*, 2012). De ahí la necesidad de utilizar otras alternativas para fertilizar los suelos como el uso del compost y otros abonos orgánicos (Vargas y Pérez, 2018).

El compost es una forma de transformar los residuos orgánicos de la zona urbana, agrícola o industrial en materia biológicamente estable que puede ser utilizado como abono del suelo o como sustrato para el cultivo sin suelo (López-Bravo *et al.*, 2017). El proceso es prácticamente “la degradación de la materia orgánica mediante su oxidación y la acción de diversos microorganismos presentes en los propios residuos” (López-Bravo *et al.*, 2017), lo cual, es un proceso que tarda entre cinco y seis meses (Erickson *et al.*, 2015).

Autores como Storey *et al.* (2015) y Zahra *et al.* (2015), han estudiado diferentes materias primas

para mejorar la calidad del compost y su proceso de obtención, el uso de estiércol de animales herbívoros como: caballos, conejos, patos, pollos, ovejas, vacas, entre otros (Alvarez, Largo, Iglesias y Castillo, 2019); plantas marinas (Martínez, Rodríguez, Marín y López, 2019); algas, restos de cosechas (Sarmiento-Sarmiento *et al.*, 2019); aserrín (Richmond, 2010); pasto (Torres-Lozada *et al.*, 2020); complementos minerales como: fosfatos naturales, enmiendas calizas, oligoelementos, magnésicas, rocas silíceas trituradas en polvo y rocas ricas en potasio (Arroyo *et al.*, 2019). Entre las variables evaluadas para la producción de compost están la temperatura (Koyama *et al.*, 2018; Zhang *et al.*, 2019), la humedad (Muktamar, Justisia, Setyowati, 2016), pH (Ameen, Jalil y Shahid, 2016), aireación (Han, *et al.*, 2018), volteo (Oviedo, Marmolejo y Torres, 2014), naturaleza del sustrato (Delgado-Arroyo *et al.*, 2019), tamaño de partícula (Tapia-Gómez, Laines y Sosa, 2016), la relación carbono-nitrógeno (C/N) (Guo *et al.*, 2012), nutrimentos (Sánchez, Ospina y Montoya, 2017), materia orgánica (Vargas, Trujillo y Torres, 2019) conductividad eléctrica (Millán *et al.*, 2018) y diversidad microbiana (Sun *et al.*, 2017). Los parámetros óptimos están asociados al tipo de compostaje, condiciones medioambientales, tipo de materia prima, entre otros (Donn *et al.*, 2014; D' Haene *et al.*, 2014).

Los desechos de origen orgánico generados día con día van en aumento por lo tanto, es primordial la búsqueda de nuevas formas para degradar y transformar estos desechos de una manera rápida y eficaz (Álvarez-Palomino, Vargas y García, 2018). La elaboración de compost es una de las formas principales para degradar desechos orgánicos, no obstante, el proceso toma tiempo, por lo que, al acelerar el proceso de fermentación, con el re-uso y disminución de contaminantes hace de esta tecnología económica y ambientalmente compatible.

Está comprobado que el proceso de fermentación por microorganismos se beneficia con la adición de sustancias azucaradas de fácil acceso como el azúcar, la melaza y jugo de caña (Caro-Vélez y León-Peláez, 2015; Zhang y Sun, 2018). Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue determinar el efecto de sustancias azucaradas en la descomposición de sustratos orgánicos para la elaboración de compost, para disminuir los tiempos de compostaje y mejorar la calidad y rápido aprovechamiento de este tipo de abono orgánico por los beneficios que ofrece como fuente de nutrimentos y mejoras en la estructura del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se realizó en la Finca Experimental “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador (1° 02' 46" S, 79° 38' 01" O, a 120 m de altitud).

Diseño Experimental

El diseño experimental fue un completamente al azar, con tres tratamientos con repeticiones por cuadruplicado y un testigo absoluto (16 unidades experimentales) (Cuadro 1). Cada tratamiento estaba constituido por una pila de compost de 45.43 kg de sustrato.

Preparación del Compost

Por tratamiento se prepararon 45.43 kg de sustrato pesados con una báscula de plataforma (Camry, TCS 300 ZE21), constituido con 30% de estiércol de vaca fresco (13.63 kg), 50% de residuos de maíz (22.72 kg), 10% de restos de leguminosa (4.54 kg), 9% de tierra (4.09 kg) y 1% de ceniza (0.45 kg). Al tratamiento T1 se les agregó azúcar, a T2 melaza y T3 jugo caña de azúcar (Cuadro 1), mientras que, al testigo (T4) no se le agregó sustancias azucaradas. Las pilas de compost fueron irrigadas semanalmente con el 60% de agua en peso de material base (27 L) (Román, Martínez y Pantoja, 2013), utilizando una regadera de mano. La mezcla se volteó cada semana, con una pala para homogenizar, oxigenar, reducir la temperatura y mantener el porcentaje de humedad idóneo, de tal forma que el compost fuera uniforme. Una vez humedecida y homogenizada cada pila de compost, se cubrió nuevamente con plástico negro.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos.
Table 1. Description of the treatments.

Tratamiento	Descripción
T1	Azúcar (500 g L ⁻¹ de agua)
T2	Melaza (500 cm ³ L ⁻¹ de agua)
T3	Jugo de caña de azúcar (500 cm ³ L ⁻¹ de agua)
T4	Testigo (ninguna sustancia)

Toma de Muestras

De cada pila de compost se tomó de manera aleatoria, una muestra de 500 g de material a una profundidad de 15 cm de la superficie; las muestras se homogenizaron por tratamiento y fueron almacenadas en bolsas plásticas negras a 4 °C hasta su posterior uso.

Variables Analizadas

Las variables evaluadas en la descomposición de sustratos orgánicos para la elaboración de compost fueron: tiempo descomposición (d), temperatura, humedad, pH, peso del sustrato y contenido de nutrientes. Donde el tiempo de descomposición de los cuatro sustratos orgánicos, se cuantificó contando los días desde la preparación del compost hasta el momento de la descomposición de los sustratos. Para determinar el estado de madurez del compost se evaluaron los parámetros de olor, prueba de mano, color y textura de acuerdo a Palmero (2010).

Otra variable evaluada fue la temperatura, la cual se midió al inicio y final del experimento con un termómetro digital EBRO, TFX 410. El peso de cada pila se registró al inicio y al final del estudio con una báscula de plataforma (Camry, TCS 300 ZE21). La humedad en las pilas de compost se evaluó con la prueba de la estufa (Cariello, Castañeda, Riobo y González, 2007), para ello, se tomó una muestra de cada tratamiento en la parte central de la pila, y se secó en una estufa a 105 °C por 24 h registrando el peso inicial de cada una de las muestras. El cálculo de la humedad se realizó mediante la siguiente Ecuación 1:

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{\text{Phm} - \text{Psm}}{\text{Psm}} \times 100 \quad (1)$$

donde: Phm es peso húmedo de la muestra (g); Psm es peso seco de la muestra (g).

Para realizar la medición del pH se utilizó un potenciómetro de mesa HI 111, HANNA para hacer la medición se tomaron 5g de muestra y colocó en un vaso de precipitación de 100 mL, se añadió 60 mL de agua destilada y se agitó por 10 min posteriormente, se dejó reposar por 10 min hasta su total homogenización.

Una vez que el compost alcanzó su estado de madurez se tomaron muestras y se enviaron al Departamento de Suelo y Aguas de la Estación

Experimental Tropical Pichilingue (EETP) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) del Ecuador, en Quevedo. Para su análisis nutricional (B, Ca, Cu, K, Mg, N, P, S y Zn) por el método de la mezcla tri-ácida y espectrofotometría de absorción atómica (Márquez-Quiroz *et al.*, 2014) y determinación del porcentaje de materia orgánica (M.O.) por medio de calcinación en mufla (Aguilar, 2019¹).

Análisis Estadísticos

Se determinó por medio de análisis de varianza la diferencia entre las medias por tratamiento mediante la prueba de Tukey. Para la distribución normal de los resultados se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov (Massey, 1951). Se obtuvo el coeficiente de variación expresado en porcentaje (C.V) en cada una de las variables analizadas; estos análisis se realizaron con una confianza del 95% (0.05). El software estadístico utilizado fue el Minitab 17 (Minitab, 2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El efecto de sustancias azucaradas en la degradación de sustratos orgánicos para la obtención de compost, se analizó con variables como los días requeridos para la descomposición de las pilas de compost, cuyos valores promedios se presentan en el Cuadro 2.

El tratamiento con melaza fue el único tratamiento que mostró diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) con respecto al testigo (control), logrando una maduración del compost en un tiempo menor de 56 días. Nuestros resultados, son menores a los reportados por Zhu (2000) donde reporta un tiempo de maduración del compost de 170 días; Barleló-Quintal *et al.* (2019) utilizando residuos de Lirio acuático y excretas de borrego para preparar compost, los autores obtuvieron una maduración superior a los 120 días en sus tratamientos. No obstante, nuestros resultados son mayores a los reportados por Pedraza y Hernández (2019) donde aprovechando los residuos orgánicos obtenidos por tres mezclas a base de café, fruta, verduras crudas y aserrín obtiene un total de 32 días de maduración de su compost; y a los de Medina *et al.* (2018) quien obtuvo una biotransformación del compost de estiércol de ovino con paja de avena en 38 días. La variación de los días de maduración se debe posiblemente al tipo y calidad de sustrato presente en el compost, además de los elementos físicos, químicos y biológicos (Sánchez, Crespo, Hernández y García, 2008; Medina *et al.*, 2018). Los nutrientes o energía disponible para los microorganismos descomponedores encontrada en compuesto altamente energético como la melaza, también tienen un papel importante en la maduración del compost (Sanclemente-Reyes, García y Valencia, 2011). Un acelerador en la descomposición de residuos

Cuadro 2. Parámetros obtenidos en las pilas de compost con la aplicación de sustancias azucaradas (azúcar, melaza y jugo de caña) para su aceleración y maduración.

Table 2. Parameters obtained in the compost piles with the application of sugary substances (sugar, molasses and cane juice) for its acceleration and maturation.

Tratamientos	Días para la descomposición	Temperatura			Humedad	Peso		
		Inicial	Final	Descenso		Inicial	Final	Perdido
		----- °C -----			%	----- kg -----		
T1: Azúcar	58 ± 2.61b [†]	40.6 a	34.1 a	6.5 ± 1.22 a	59.0 ± 1.66 a	50	40.2 ± 2.23c	9.8 a
T2: Melaza	56 ± 2.21c	42.3 a	33.7 a	8.7 ± 1.06a	57.3 ± 1.45a	50	39.3 ± 1.90c	10.8 a
T3: Jugo de caña de azúcar	60 ± 2.56ab	41.8 a	33.9 a	7.9 ± 1.73a	56.5 ± 1.13a	50	43.0 ± 2.37b	7.0 b
T4: Testigo	62 ± 2.93a	41.3 a	34.9 a	6.5 ± 1.38a	58.0 ± 1.28a	50	47.0 ± 2.44a	3.0 c
C.V. (%)	3.3	4.6 a	3.4	2.7	3.5		2.9	16.1

[†] Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Valor promedio (\pm DE; n = 4).

[†] Different letters in the same column indicate significant differences, according to Tukey's test ($P \leq 0.05$). Average value (\pm DE; n = 4).

¹ Aguilar Silva, S. Y. 2019. *Validación del método de calcinación en la determinación del contenido de la materia orgánica del suelo*. Tesis para el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú. 89p. Accedido el 05 de marzo, 2021, desde <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/4154/aguilar-silva-sumiry-yuleysi.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

vegetales es la melaza la cual, muestra una marcada tasa de descomposición en dichos residuos (Álvarez-Vera *et al.*, 2019).

Temperatura

En todos los tratamientos hubo un descenso general de la temperatura al final del experimento de aproximadamente el 17.83% (Cuadro 2). La pila de compost con melaza añadida obtuvo al final del experimento el mayor descenso de temperatura (8.7 °C), sin embargo, este descenso de temperatura no fue una diferencia estadística significativa ($P > 0.05$) con el resto de los tratamientos.

De acuerdo con Larreategui y Banchón (2014) las temperaturas óptimas del compost son 35 y 55 °C esto con la finalidad de eliminar patógenos, parásitos y semillas de malas hierbas; rango de temperatura obtenido en nuestro ensayo en todos los tratamientos analizados (Cuadro 2). Las temperaturas altas > 55 °C pueden afectar la presencia y supervivencia de microorganismos importantes para el proceso en la elaboración de compost. Por lo tanto, cabe indicar que la temperatura depende principalmente de los volteos que se dan a los sustratos durante su elaboración (Chantal *et al.*, 2013; Jusoh, Manaf y Latiff, 2013).

Humedad (%)

El porcentaje de humedad en el compost no tuvo diferencias significativas ($P \geq 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 2). La humedad, se conservó durante todo el experimento dentro del rango óptimo que favorecen el crecimiento de microorganismos (56.5 y 59.0%) (Camacho *et al.*, 2018; Millán *et al.*, 2018). Lo anterior, se puede atribuir a que las sustancias adicionadas no tienen una influencia directa en el contenido de humedad del compost. Lo cual, concuerda con Sánchez *et al.* (2017), quienes indican que dependiendo del contenido de las pilas de compost es el porcentaje de humedad. En este trabajo, el contenido de humedad del compost está influenciado no solo por el material empleado que es el mismo para todos los tratamientos, sino por la adición de los 27 L de agua del riego semanal. Razón por la cual, posiblemente no se observen diferencias

estadísticas significativas en el porcentaje de humedad entre tratamientos. Para materiales fibrosos o residuos forestales gruesos la humedad máxima permisible es 75-85% (Varela y Basil, 2011), no obstante, para el material vegetal fresco el contenido de humedad oscila entre 50 a 60% (Ortiz, 2015²). Soriano (2016³) y García-Céspedes, Lima, Ruíz y Calderón (2014) sostienen que la humedad adecuada para el desarrollo de microorganismos está entre 50-70%; y que la actividad biológica disminuye cuando el contenido de humedad es menor a un 30%. Por su parte, una humedad mayor al 70% produce que el H₂O reduzca los espacios libres entre las partículas al desplazar el aire, ocasionando una anaerobiosis, debido a que se reduce la transferencia de oxígeno en el compost (Castro-García, Daza y Marmolejo, 2016).

Peso (kg)

Los valores de peso perdido de los tratamientos mostraron diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) en comparación con el testigo (T4). Las pilas de compost con melaza y azúcar obtuvieron los valores mayores de peso perdido (10.8 y 9.8 kg, respectivamente); observando una mayor biotransformación de la materia orgánica en los tratamientos (T1, T2 y T3) en comparación con los valores observados en el testigo (T4). Esto posiblemente se deba a la presencia de microorganismos atraídos por las sustancias azucaradas (azúcar, melaza y jugo de caña) agregadas al compost (Cariello *et al.*, 2007). Se ha documentado que la comunidad microbiana presente en las pilas de compost se vuelven metabólicamente activos cuando tienen disponibles sustratos para su desarrollo (Camacho *et al.*, 2014); degradando una gran variedad de materia orgánica procedentes de los tejidos animales y vegetales como: agar, almidón, celulosa, pectina, proteínas, entre otros (Azurduy, Azero, Ortuño, 2016). En este sentido Al-Bataina, Young y Ranieri (2016) mencionan que otro de los factores que depende la maduración y biotransformación del compost es el tamaño de las partículas iniciales a compostar porque “cuanto mayor sea la superficie expuesta al ataque microbiano por unidad de masa, más rápida y completa será la reacción” Sin embargo, esta variable no aplica

² Ortiz Freire, M. R. (2015). *Elaboración de vermi compost con residuo de cosecha y producción de rábano (Raphanus sativus L.)*. Bachelor's thesis, 65p. Quedo: UTEQ. Accedido el 10 de enero, 2021, desde <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/2380>

³ Soriano-Vilcahuaman, J. A. (2016). *Tiempo y calidad del compost con aplicación de tres dosis de "Microorganismos eficaces"* -Concepción. Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente. Tesis. Universidad Nacional del Centro del Perú. Accedido el 20 de mayo, 2020, desde <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3487/SorianoVilcahuman.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

en los cambios observados, ya que, el tamaño de partícula del compost era homogénea para todos los tratamientos.

Los nutrimentos como K, Ca, S, B, Zn y Mn a pesar de sus diferencias numéricas no presentaron diferencias estadísticas ($P \geq 0.05$) con respecto al tratamiento control (T4). El tratamiento con melaza presentó mayor concentración de nitrógeno (1.8%), fósforo (0.48%) potasio (1.2%) y magnesio (0.48%); además, en este sustrato, hubo mayor contenido de boro (36 mg L^{-1}), cobre (42 mg L^{-1}), hierro (603 mg L^{-1}) y manganeso (338 mg L^{-1}) esto se debe posiblemente a una mejor transformación de los componentes del compost en este tratamiento. Nuestros valores están dentro del rango sugerido por la norma técnica colombiana (NTC) 5167, la cual sugiere que los valores de NPK deben ser superiores a 1% (Bohórquez, Puentes, Menjívar, 2014). Nuestros resultados concuerdan con los obtenidos por Melgarejo, Ballesteros y Bendeck (1997) adonde el contenido de nutrimentos (P, K, Ca, Mg y S) totales y disponibles eran mayor en el compost con Melaza, urea y CaCO_3 . Hernández *et al.* (2010) utilizó compost elaborado con estiércol seco de ganado vacuno, gallinaza, levadura y melaza y reportó valores inferiores de N (0.12 %) en 30 días de maduración además de valores superiores de los nutrimentos (P, Ca, Mg) y valores inferiores de (K y Fe) a los 60 días de maduración. Saldaña-Bardales (2018⁴) determinó una alternativa de sustitución de fertilizantes sintéticos por medio de mezclas de residuos sólidos orgánicos y aserrín con bacteria eficientes obtenidos en campo encontrando valores menores de P (1.08%), K (0.85%), Ca (2.90%) mientras que, en Mg (0.49%) los valores son similares a los reportados en este trabajo.

Materia Orgánica

Referente a la materia orgánica (M.O.) se observó valores menores en los tratamientos con adicción de sustancias azucaradas observando que el tratamiento T2 con melaza presentó los menores valores (11.3%) en comparación con el testigo (15.7%) encontrando diferencias significativas entre ambos tratamientos ($P \leq 0.05$) (Cuadro 3) estos resultados posiblemente se deben a que a través del tiempo, la materia orgánica (MO) se ve disminuida gracias a la presencia de

microorganismos que requieren de M.O. para su metabolismo (Villacís-Aldaz *et al.*, 2016) además que, algunos elementos presentes en el compost son más favorables para condiciones determinadas de aireación, humedad y pH mejorando de esta manera el proceso de maduración (Melgarejo *et al.*, 1997). Nuestros resultados son similares a Flores *et al.* (2020) donde reporta valores de 15.52% de materia orgánica en compost de biorresiduos sólidos urbanos a cielo descubierto. Sin embargo, son menores a los reportados por Medina *et al.* (2018) donde observó valores de M.O. arriba del 34% en compost elaborado con paja y estiércol de ovino a los 30 días de muestreo. Castillo, Quarín e Iglesias (2000), reporta valores superiores a 23.03 % de M.O. observados en un compost de estiércol vacuno y lombriz *Eisenia foetida* en una maduración de 90 días. Cariello *et al.* (2007) observó al inicio del experimento un valor de 80.6 % de M.O. y a los tres meses, se obtuvo un valor de 51.7%.

pH

Los niveles de pH de las pilas de compost con sustancias azucaradas, no tuvo cambios significativos ($P \leq 0.05$) con respecto al testigo (T4). Se observó tendencia a la alcalinización con valores de pH entre 8.0 y 8.4 (Cuadro 3). Los valores de pH logrados en este estudio fueron similares a los obtenidos por López-Bravo *et al.* (2017) donde reportó valores de pH 8.0 en un compost realizado con azúcar de caña. Campos-Rodríguez, Brenes y Jiménez (2016) utilizando dos tipos de compost inoculados con microorganismos de montaña y con sustrato tipo Takakura reportan valores por encima de 7.5. Cabe mencionar que, el pH tiene una influencia directa en la elaboración de compost esto se debe a la acción metabólica de los microorganismos durante su maduración. La aireación correcta genera compost con un pH óptimo (7 a 8); un pH por debajo de estos valores, indicaría un fenómeno anaeróbico además de indicarnos que el material aún no está maduro (Silvetti *et al.*, 2017); Garau *et al.* (2017) y Diquattro *et al.* (2018) concluyeron que, con valores bajos de pH, la degradación orgánica se inhibe, por lo tanto, un síntoma de una buena descomposición radica en que el pH se conserve arriba de 7.5 durante el proceso.

⁴ Saldaña-Bardales, A. E. (2018). *Evaluación del contenido nutricional de abono orgánico a partir de mezclas de residuos sólidos orgánicos y aserrín con microorganismo eficiente como alternativa de sustitución de fertilizantes sintéticos*. Repositorio Institucional UNU. Tesis Pregrado. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad Nacional de Ucayali, Perú. Consultado el 10 de enero de 2021 desde <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/3566>.

Cuadro 3. Contenido nutricional de las pilas de compost con la aplicación de sustancias azucaradas (azúcar, melaza y jugo de caña de azúcar) para su aceleración y maduración.**Table 3. Nutritional content of compost piles with the application of sugary substances (sugar, molasses and sugarcane juice) for its acceleration and maturation.**

Tratamiento	pH	M.O.	Concentración							Contenido			
			N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Cu	Fe	Mn
			%-							mg L ⁻¹			
T1: Azúcar	8.2ab [†]	13.4ab	1.6ab	0.46ab	1.1a	3.89a	0.47a	0.25a	35a	96a	38a	586ab	337a
T2: Melaza	8.4a	11.3b	1.8a	0.48a	1.2a	3.93a	0.48a	0.25a	36a	96a	42a	603a	338a
T3: Jugo de caña de azúcar	8.1b	14.2a	1.3b	0.43b	1.1a	4.18a	0.46a	0.25a	35a	96a	34b	594a	336a
T4: Testigo	8.0b	15.7a	1.1b	0.30b	1.0a	4.35a	0.42b	0.25a	34a	95a	14c	573ab	334a

M.O. = materia orgánica. [†] Promedios con letras diferentes indican diferencias estadísticas (Tukey, $P \leq 0.05$).M.O. = organic matter. [†] Means with different letters indicate statistical differences (Tukey, $P \leq 0.05$).

CONCLUSIONES

La adición de sustancias azucaradas disminuye los días de maduración del compost, esto se asegura al mantener un buen pH, humedad y aireación.

La disponibilidad de nutrientes en los abonos orgánicos no depende de su contenido, sino de los procesos físicos, químicos y microbianos; Además, algunos componentes pueden llegar a estar más biodisponibles gracias a las condiciones óptimas de aireación, pH y humedad.

De las sustancias azucaradas evaluadas en este estudio, la adición de melaza se propone para acelerar el proceso de maduración y degradación en los sistemas de compost.

DECLARACIÓN DE ÉTICA

No aplicable.

CONSENTIMIENTO PARA PUBLICACIÓN

No aplicable.

DISPONIBILIDAD DE DATOS

No aplicable.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización, análisis formal, validación, administración del proyecto, adquisición de fondo: L.T.L.R. Escritura, revisión, edición y preparación del borrador original, seguimiento para publicar: A.R.A.S. Investigación y metodología: J.J.R.P. Trabajo de campo: RKMP.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), por el financiamiento aportado mediante el Fondo Competitivo de Investigación Científica y Tecnológica (FOCICYT) en el Proyecto Emblemático PEMBL006-2018. Se agradece a la Ing. Esther Mariela Mayorga Ruíz por su apoyo técnico en el trabajo de campo.

LITERATURA CITADA

- Al-Bataina, B. B., Young, T. M., & Ranieri, E. (2016). Effects of compost age on the release of nutrients. *International Soil and Water Conservation Research*, 4(3), 230-236. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2016.07.003>
- Álvarez-Palomino, L., Vargas-Bayona, J. E., & García-Díaz, L. K. (2018). Abono orgánico. Aprovechamiento de los residuos orgánicos agroindustriales. *Spei Domus*, 14(28-29), 1-10. Recuperado a partir de <https://revistas.ucc.edu.co/index.php/sp/article/view/3556>
- Álvarez-Vera, M., Largo, A., Iglesias-Abad, S., & Castillo J. (2019). Calidad de compost obtenido a partir de estiércol de gallina, con aplicación de microorganismos benéficos. *Scientia Agropecuaria*, 10(3), 353-361. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.03.05>

- Ameen, A., Jalil, A., & Shahid, R. (2016). Effect of pH and moisture content on composting of Municipal solid waste. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 6(5), 25-37. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183402019>
- Arroyo, M., López, K., González, M., Lluch, J., & Sánchez, J. (2019). Evaluación del proceso de compostaje de residuos avícolas empleando diferentes mezclas de sustratos. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35(4), 965-977. <http://dx.doi.org/10.20937/RICA.2019.35.04.15>
- Azurduy, S., Azero, M., & Ortuño, N. (2016). Evaluación de activadores naturales para acelerar el proceso de compostaje de residuos orgánicos en el municipio de Quillacollo. *Acta Nova*, 7(4), 369-388.
- Bohórquez, A., Puentes, J., & Menjivar-Flores, J. C. (2014). Evaluación de la calidad del compost producido a partir de subproductos agroindustriales de caña de azúcar. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 15(1), 73-81.
- Camacho, A. D., Martínez, L., Ramírez, H., Valenzuela, R., & Valdés, M. (2014). Potencial de algunos microorganismos en el compostaje de residuos sólidos. *Terra Latinoamericana*, 32(4), 291-300.
- Camacho C., F., Uribe, L., Newcomer, Q., Masters, K., & Kinyua, M. (2018). Bio-optimization of compost with cultures of mountain microorganisms (MM) and digested sludge from bio-digester (LDBIO). *UNED Research Journal*, 10(2), 330-341. <http://dx.doi.org/10.22458/urj.v10i2.2163>
- Campos-Rodríguez, R., Brenes-Peralta, L., & Jiménez-Morales, M. F. (2016). Evaluación técnica de dos métodos de compostaje para el tratamiento de residuos sólidos biodegradables domiciliarios y su uso en huertas caseras. *Revista Tecnología en Marcha*, 29(8), 25-32. <https://doi.org/10.18845/tm.v29i8.2982>
- Cariello, M. E., Castañeda, L., Riobo, I., & González, J. (2007). Endogenous microorganisms inoculant to speed up the composting process of urban swage sludge. *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal*, 7(3), 26-35. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-27912007000300003>
- Caro-Vélez, C. A., & León-Peláez, A. (2015). Capacidad antifúngica de sobrenadantes libres de células obtenidos de la fermentación de un sustrato de "panela" con gránulos de kéfir de agua. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 17(2), 22-32.
- Castillo, A. E., Quarín, S. H., & Iglesias, M. C. (2000). Caracterización química y física de compost de lombrices elaborados a partir de residuos orgánicos puros y combinados. *Agricultura Técnica*, 60(1), 74-79. <http://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072000000100008>
- García-Céspedes, D. I., Lima-Cazorla, L. A., Ruiz-Gutiérrez, L., & Calderón-Peñalver, P. A. (2014). Métodos y parámetros para determinar la madurez en el compost a nivel de fincas. *Medio Ambiente y Desarrollo; Revista Electrónica de la Agencia de Medio Ambiente (Cuba)*, 26, 1-11.
- Chantal, K., Shao, X. H., Jing, B., Yuan, Y., Hou, M., & Liao, L. (2013). Effects of effective microorganisms (EM) and bio-organic fertilizers on growth parameters and yield quality of flue-cured tobacco (*Nicotiana tabacum*). *Journal of Food Agriculture and Environment*, 11(2), 1212-1215. <https://doi.org/10.1234/4.2013.4533>
- Delgado-Arroyo, M., Mendoza-López, K. L., González, M. I., Tadeo-Lluch, J. L., & Martín-Sánchez, J. V. (2019). Evaluación del Proceso de Compostaje de Residuos Avícolas Empleando Diferentes Mezclas de Sustratos. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35(4), 134-139. <http://dx.doi.org/10.20937/RICA.2019.35.04.15>
- Diquattro, S., Garau, G., Lauro, G. P., Silvetti, M., Deiana, S., & Castaldi, P. (2018). Municipal solid waste compost as a novel sorbent for antimony(V): adsorption and release trials at acidic pH. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 5603-5615. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0933-y>
- Donn, S., Wheatley, R. E., Mckenzie, B. M., Loades, K. W., & Hallett, P. D. (2014). Improved soil fertility from compost amendment increases root growth and reinforcement of surface soil on slopes. *Ecological Engineering*, 71, 458-465. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.07.066>
- D' Haene, K., Salomez, J., De Neve, S., De Waele, J., & Hofman, G. (2014). Environmental performance of nitrogen fertilizer limits imposed by the EU Nitrates Directive. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 192, 67-79. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.03.049>
- Erickson, M. C., Smith, C., Jiang, X., Flitcroft, I. D., & Doyle, M. P. (2015). Manure source and age affect survival of zoonotic pathogens during aerobic composting at sublethal temperatures. *Journal of Food Protection*, 78(2), 302-310. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-14-288>
- Flores-Aguilar, J. J., Vázquez-Rosales, R., Solano-Vergara, J. J., Aguirre-Flores, V., Flores-Pérez, F. I., Bahena-Galindo, M. E.,... Orihuela-Trujillo, A. (2012). Efecto de fertilizante orgánico, inorgánico y su combinación en la producción de alfalfa y propiedades químicas del suelo. *Terra Latinoamericana*, 30, 213-220.
- Garau, G., Silvetti, M., Vasileiadis, S., Donner, E., Diquattro, S., Deiana, S.,... Castaldi, P. (2017). Use of municipal solid wastes for chemical and microbiological recovery of soils contaminated with metal(loid)s. *Soil Biology and Biochemistry*, 111, 25-35. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.03.014>
- Castro García, G., Daza Torres, M. C., & Marmolejo Rebellon, L. F. (2016). Evaluación de la adecuación de humedad en el compostaje de biorresiduos de origen municipal en la Planta de Manejo de Residuos Sólidos (PMRS) del Municipio de Versalles, Valle del Cauca. *Gestión y Ambiente*, 19(1), 179-191.
- Guo, R., Li, G., Jiang, T., Schuchardt, F., Chen, T., Zhao, Y., & Shen, Y. (2012). Effect of aeration rate, C/N ratio and moisture content on the stability and maturity of compost. *Bioresource Technology*, 112, 171-178. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.02.099>
- Hernández, A., Castillo, H., Ojeda, D., Arras, A., López, J., & Sánchez, E. (2010). Effect of vermicompost and compost on lettuce production. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 70(4), 583-589. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392010000400008>
- Jusoh, M. L. C., Manaf, L. A., & Latiff, P. A. (2013). Composting of rice straw with effective microorganisms (EM) and its influence on compost quality. *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering*, 10, 17. <https://doi.org/10.1186/1735-2746-10-17>

- Koyama, M., Nagao, N., Syukri, F., Rahim, A. A., Kamarudin, M. S., K., Toda, T.,...Nakasaki, K. (2018). Effect of temperature on thermophilic composting of aquaculture sludge: NH₃ recovery, nitrogen mass balance, and microbial community dynamics. *Bioresource Technology*, 265, 207-213. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.05.109>
- Larreategui, E., & Banchón, C. (2014). Un modelo matemático para la reducción del tiempo de compostaje. *Enfoque UTE*, 5(2), 29-37. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v5n2.38>
- López-Bravo, E., Andrade, A. J., Herrera, M., González, O., & García, A. (2017). Propiedades de un compost obtenido a partir de residuos de la producción de azúcar de caña. *Centro Agrícola*, 44(3), 49-55.
- Torres-Lozada, P., Marmolejo-Rebellón, L. F., Arias-Giraldo, C., Foronda-Zapata, K., & Soto-Paz, J. (2020). Efecto de la incorporación de pasto estrella sobre el mejoramiento del proceso y la calidad del producto del compostaje de biorresiduos. *Revista EIA*, 17(33), 33011, 1-11. <https://dx.doi.org/10.24050/reia.v17i33.1352>
- Márquez-Quiroz, C., Cano-Ríos, P., Moreno-Reséndez, A., Figueroa-Viramontes, U., Sánchez-Chávez, E., De la Cruz-Lázaro, E., & Robledo-Torres, V. (2014). Efecto de la fertilización orgánica sobre el rendimiento y contenido nutricional de tomate saladette en invernadero manejo, mantenimiento y control de la salinidad del suelo. *ITEA*, 110(1), 3-17. <https://doi.org/10.12706/itea.2014.001>
- Martínez-Véliz, E. J., Rodríguez-Reyes, J. C., Marín-Real, Y. C., & López, P. (2019). Efecto de la temperatura y el pH sobre bacterias indicadoras de contaminación fecal y actinomicetes durante el compostaje de arribazones de macroalgas marinas. *Revista de la Facultad de Agronomía de La Universidad del Zulia*, 36(3), 188-208.
- Massey, F. J. (1951). The Kolmogorov-Smirnov test for goodness of fit. *Journal of the American Statistical Association*, 4(253), 68-78. <https://doi.org/10.2307/2280095>
- Medina-Lara, M. S. M., Quintero-Lizaola, R., Espinosa-Victoria, D., Alarcón, A., Etchevers-Barra, J. D., Trinidad-Santos, A., & Conde-Martínez, F. V. (2018). Generación de un inoculante acelerador del compostaje. *Revista Argentina de Microbiología*, 50(2), 206-210. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2017.03.010>
- Melgarejo, M. R., Ballesteros, M. I., & Bendeck, M. (1997). Evaluación de algunos parámetros fisicoquímicos y nutricionales en humus de lombriz y composts derivados de diferentes sustratos. *Revista Colombiana de Química*, 26(2), 11-19.
- Millán-Marrero, F., Prato, J. G., La Cruz, Y., & Sánchez, A. (2018). Estudio metodológico sobre la medición de pH y conductividad eléctrica en muestras de compost. *Revista Colombiana de Química*, 47(2), 21-27. <https://dx.doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v47n2.67338>
- Minitab 17 Statistical Software. (2010). [Computer software]. State College, PA: Minitab, Inc. Consultado el 10 de enero de 2021 desde www.minitab.com
- Muktamar, Z., Justisia, B., & Setyowati, N. (2016). Quality enhancement of humid tropical soils after application of water hyacinth (*Eichornia crassipes*) compost. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 12, 1211-1227. DOI: 10.31227/osf.io/zc7u8
- Oviedo-Ocana, E. R., Marmolejo-Rebellón, L. F., & Torres-Lozada, P. (2014). Influencia de la frecuencia de volteo para el control de la humedad de los sustratos en el compostaje de biorresiduos de origen municipal. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 30(1), 91-100.
- Palmero, R. (2010). *Elaboración de compost con restos vegetales por el sistema tradicional en pilas o montones*. Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural del Cabildo Insular de Tenerife. Cabildo de Tenerife-España. 20 p. Recuperado el 01 de enero de 2021 <https://es.slideshare.net/GerTor/elaboracin-de-compost-con-restos-vegetales-por-el-sistema-tradicional-en-pilas-o-montones-por-rafael-palmero-palmero>
- Pedraza-Pachón, S. A., & Hernández-Sanabria, L. A. (2019). Disminución del tiempo de obtención de abono orgánico mediante vermicompostaje como método de estabilización de un residuo en proceso de compostaje. *Avances: Investigación en Ingeniería*, 16(2), 52-63. <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.5439>
- Pérez-Méndez, M. A., Sánchez-Hernández, R., Palma-López, D. J., & Salgado-García, S. (2011). Caracterización química del compostaje de residuos de caña de azúcar en el sureste de México. *Interiencia*, 36, 45-52.
- Zhang, Q., Liu, J., Guo, H., Li, E., & Yan, Y. (2019). Characteristics and optimization of dairy manure composting for reuse as a dairy mattress in areas with large temperature differences. *Journal of Cleaner Production*, 232, 1053-1061. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.397>
- Barleló-Quintal, I. D., Cetina-Alcalá, V. M., Noyola-Martínez, L., García-Albortante, J., Tello-Espinoza, P., & Salazar-Peláez, M. L. (2019). Aprovechamiento de residuos de lirio acuático y excretas de borrego para preparar compost. *Aidinet*, 1, 1-8.
- Richmond, F. (2010). Evaluación de distintas materias primas para la producción de almácigo de tomate. *Agronomía Costarricense*, 34(1), 85-91.
- Román, P., Martínez, M. P., & Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina*. Santiago de Chile: FAO, Oficina Regional para América Latina y el Caribe. E-ISBN 978-92-5-307845-5.
- Sánchez, S., Crespo, G., Hernández, M., & García, Y. (2008). Factores bióticos y abióticos que influyen en la descomposición de la hojarasca en pastizales. *Pastos y Forrajes*, 31(2), 99-108.
- 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>
- Sancllemente Reyes, Ó. E., García Arboleda, M., & Valencia Trujillo, F. L. (2011). Efecto del uso de melaza y microorganismos eficientes sobre la tasa de descomposición de la hoja de caña (*Saccharum officinarum*). *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 2(2), 13-19. <https://doi.org/10.22490/21456453.920>
- Sarmiento-Sarmiento, G., Pino-Cabana, D., Mena-Chacón, L., Medina-Dávila, H., & Lipa-Mamani, L. (2019). Aplicación de humus de lombriz y algas marinas en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus Thunb.*) var. Santa Amelia. *Scientia Agropecuaria*, 10, 363-368. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.03.06>

- Silveti, M., Garau, G., Demurtas, D., Marceddu, S., Deiana, S., & Castaldi, P. (2017). Influence of lead in the sorption of arsenate by municipal solid waste composts: metal(loid) retention, desorption and phytotoxicity. *Bioresource Technology*, 225, 90-98. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.11.057>
- Storey, S., Chualain, D. N., Doyle, O., Clipson, N., & Doyle, E. (2015). Comparison of bacterial succession in green waste composts amended with inorganic fertilizer and wastewater treatment plant sludge. *Bioresource Technology*, 179, 71-77. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.11.107>
- Sun, Q., Di, W., Zhang, Z., Zhao, Y., Xie, X., Wu, J.,... Wei, Z. (2017). Effect of cold-adapted microbial agent inoculation on enzyme activities during composting start-up at low temperature. *Bioresource Technology*, 244, 635-640. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.08.010>
- Tapia-Gómez A., Laines-Canepa, J., & Sosa-Olivier, J. (2016). Digestión anaerobia de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos generados en las cafeterías de la DACBiol. *Kuxulkab'*, 22(42), 5-12.
- Tukey, J. W. (1949). Comparing individual means in the analysis of variance. *Biometrics*, 5, 99-114. <https://doi.org/10.2307/3001913>
- UNESCO & FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura-Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2019). *Educación en Alimentación y Nutrición en Cinco Países de América Latina y el Caribe. Una Mirada a los Contenidos Curriculares*. Santiago de Chile: UNESCO, FAO. 256 p. Recuperado http://www.unesco.org/new/es/mediaservices/singleview/news/fao_y_unesco_sin_educacion_alimentaria_sera_imposiblert/
- Vargas Corredor, Y. A., & Pérez-Pérez, L. I. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 14(1), 95-72. <https://doi.org/10.18359/rfcb.3108>
- Vargas-Pineda, O. I., Trujillo-González, J. M., & Torres-Mora, M. A. (2019). El compostaje, una alternativa para el aprovechamiento de residuos orgánicos en las centrales de abastecimiento. *Orinoquia*, 23(2), 123-129. <http://dx.doi.org/10.22579/20112629.575>
- Varela, S., & Basil, G. (2011). *Uso de compost en la producción de plantines de especies forestales*. Silvicultura en vivero. Cuadernillo no. 4. Río Negro, Argentina: INTA.
- Villacís-Aldaz, L. A., Zapata-Vela, J. J., León-Gordón, O. A., Vásquez-Freitez, C. L., Mullo-Sarzosa, J. G., Zapata-Vela, A. C., & Gutiérrez-Alban, A. C. (2016). Compatibilidad y sobrevivencia de microorganismos benéficos de uso agrícola (*Beauveria bassiana*, *Bacillus thuringiensis* y *Paecilomyces lilacinus*) en compost. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 4(2), 93-99.
- Zahra El Ouaquodi, F., El Fels, L., Lemée, L., Amblès, A., & Hafidi, M. (2015). Evaluation of lignocelulose compost stability and maturity using spectroscopic (FTIR) and thermal (TGA/TDA) analysis. *Ecological Engineering*, 75, 217-222. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.12.004>
- Zavala-Reyna, A., Bautista-Olivas, A. L., Alvarado-Ibarra, J., Velázquez-Contreras, L. E., & Peña-León, D. (2017). Cuantificación energética ambiental en la producción de Lombricompost. *Agrociencia*, 51(5), 543-553.
- Zhang, L., & Sun, X. (2018). Influence of sugar beet pulp and paper waste as bulking agents on physical, chemical, and microbial properties during green waste composting. *Bioresource Technology*, 267, 182-191. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.07.040>
- Han, Z., Sun, D., Wang H., Li, R., Bao, Z., & Qi, F. (2018). Effects of ambient temperature and aeration frequency on emissions of ammonia and greenhouse gases from a sewage sludge aerobic composting plant. *Bioresource Technology*, 270, 457-466. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.09.048>
- Zhu, J. (2000). A review of microbiology in swine manure odor control. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 78(2), 93-106. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00116-4](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00116-4)