

Artículo Original

EL MENDE MADRE Y SU EFICIENCIA EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE DE RESIDUOS PROVENIENTES DE ÁREAS VERDES DE LA CIUDAD DE TACNA, PERÚ

MENDE AND ITS EFFICIENCY IN THE COMPOSTING PROCESS OF WASTE FROM GREEN AREAS OF THE CITY OF TACNA, PERU

JHON WINSTON HUILAHUAÑA SANTOS¹

 <https://orcid.org/0000-0002-1463-4720>

MARCO URIEL CAMATICONA CHOQUEGONZA²

 <https://orcid.org/0000-0002-1781-0873>

EDER MARK FORA COARITA³

 <https://orcid.org/0000-0002-5917-3438>

LEO ULISES MICHAELL TIRADO REBAZA⁴

 <https://orcid.org/0000-0002-6599-8866>

Recibido: 09/11/2022

Aceptado: 07/12/2022

Publicado: 14/12/2022

^{1,2,3,4} Escuela de Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna, Perú

E-mail: ¹jhuilahuanas@unjbg.edu.pe, ²mcamaticonac@unjbg.edu.pe, ³eforac@unjbg.edu.pe, ⁴leotiradorebaza@gmail.com



Resumen

El compost es un abono natural que se obtiene a partir del aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos limitando la afectación ambiental que estos provocan. La presente investigación tuvo como finalidad determinar la influencia del Mende Madre y del agua en la estabilización del pH y la eficiencia del compost elaborado a base de residuos de áreas verdes del Distrito de Tacna. Se empleó un diseño factorial multinivel de 3x3. Se comprobó que una dosis de 1,5 L de Mende Madre y 33,5 L de agua alcanzan un pH de 7,95 y una eficiencia de obtención de compost de 38,80 %. El compost elaborado cumple los parámetros requeridos internacionalmente (temperatura, materia orgánica, relación C/N, humedad, nitrógeno total, fósforo y potasio) en la EPA 40CFR 503, México NTEA-006 – SMA-2006 y Chile Nch 2880 2004. Se concluye que es posible aprovechar los residuos de áreas verdes de la ciudad de Tacna para elaborar compost de calidad, pudiendo generar valor agregado luego de su comercialización en diferentes ámbitos.

Palabras clave: Compost; *Cynodon dactylon*; microorganismos eficientes.

Abstract

Compost is a natural fertilizer that is obtained from the use of solid organic waste, limiting the environmental impact that it causes. The purpose of this investigation was to determine the influence of Mende and water in the pH stabilization, and the efficiency of the compost made from waste from green areas of the District of Tacna. A 3x3 multilevel factorial design was used. It was verified that a dose of 1.5 L of Mende and 33.5 L of water achieve a pH of 7.95 and a compost obtaining efficiency of 38.80 %. After laboratory analysis, it was determined that this compost managed to meet the internationally required parameters (temperature, organic matter, C/N ratio, humidity, total nitrogen, phosphorus and potassium) in the EPA 40CFR 503, Mexico NTEA-006 – SMA-2006 and Chile Nch 2880 2004. It was concluded that it is possible to take advantage of the waste from green areas in the city of Tacna to make compost, being able to generate economic income after its commercialization at different areas.

Keywords: Compost; *Cynodon dactylon*; efficient microorganisms.

1. Introducción

A lo largo de la historia, la acción antropogénica ha originado una considerable cantidad de residuos sólidos, los cuales son materiales aparentemente caracterizados por no contar con un valor económico Varela y Basil (2011) que deberían ser tratados con suma precaución para evitar afectaciones a la salud de la comunidad y limitar la contaminación del planeta (López et al. 2004). En Sudamérica, la inadecuada gestión de desechos representa una problemática vigente que implica un perjuicio a nivel ambiental, económico y social (Fazenda et al., 2016) debido a que se han dejado de lado los conceptos de reaprovechamiento, reutilización, reducción, reciclaje, tratamiento y disposición final inocua de los residuos sólidos (Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental y, Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, 2005). Lamentablemente, la ciudad de Tacna no es la excepción, teniendo en cuenta que se vienen realizando malas prácticas de segregación de desechos sólidos desde casa y se evidencia una escasez de conocimiento relacionado con el potencial económico resultante de aprovechar residuos; asimismo, cada vez se reducen más los espacios de disposición final para los residuos sólidos en el botadero municipal (Tejada et al., 2019).

Si bien es cierto, existen diversos tipos de residuo y cada uno de ellos tiene ciertas implicancias (Mora et al., 2017), la investigación se ha enfocado en los residuos sólidos urbanos (RSU), uno de los causantes de la aparición de enfermedades parasitarias y bacteriológicas, que pueden ser transmitidas a través de la proliferación de vectores como moscas, cucarachas y roedores que se posicionan sobre estos desechos (Sáez et al., 2014; Escalona et al., 2019). Los RSU son producto de: las actividades domésticas, por ejemplo, los desechos de cocina como frutas y verduras (Farreras et al., 2016) y; del mantenimiento de áreas verdes, como los restos de la poda de pasto (*Cynodon dactylon*) y hojas secas, a los cuales no se les suele dar una adecuada disposición final (Olazabal, 2019) pese a ser residuos orgánicos con gran potencial de reaprovechamiento al materializar procesos biológicos que implican su degradación natural bajo ciertas condiciones como lo es el compostaje (Vargas et al., 2019). El resultado final del compostaje es el compost, un potente abono orgánico capaz de aportar una significativa cantidad de nutrientes al suelo y a las plantas (Alvariño, 2005). Varela y Basil (2011) manifiestan que durante este proceso, la materia orgánica representada por los residuos es descompuesta por acción de microorganismos como las bacterias, hongos, ácaros, entre otros.

El proceso de compostaje cuenta con cuatro principales etapas: La primera es mesófila, donde los residuos comienzan el proceso alcanzando temperaturas de 45 °C; la segunda es la termófila, donde los residuos pueden alcanzar los 60 °C por la acción de microorganismos termófilos; la tercera es la mesófila II, donde, la temperatura desciende a los 40 °C debido al agotamiento de fuentes de carbono y nitrógeno y, la última etapa es la de maduración, que por lo general dura meses y se da a temperatura ambiente (Román et al., 2013).

Por otro lado, la calidad del compost está condicionada a los materiales que se adicionen durante su proceso de elaboración (Richard, 2005). Los residuos provenientes de áreas verdes contienen significativas concentraciones de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) (Villalobos y Sánchez 2018), nutrientes que contribuyen al desarrollo y crecimiento de las plantas. Por otra parte, otro insumo muy empleado son los microorganismos eficientes (EM), que permiten maximizar los nutrientes, contribuyen con la degradación de la materia orgánica y aceleran el proceso de compostaje (Camacho et al., 2019). Esto es posible a partir del efecto sinérgico conseguido a partir de la coexistencia de bacterias

y hongos en este abono orgánico. Los efectos de los EM han sido positivos en diversos estudios, por lo que su aplicación es altamente recomendada (Nain et al., 2019). Para maximizar el efecto de los microorganismos eficientes, se suele realizar una mezcla con melaza y agua no clorada, a la cual se le denomina “Mende Madre”, misma que debe ser nuevamente diluida previo a su aplicación sobre el compost.

Por consiguiente, los objetivos del presente trabajo de investigación fueron: (1) determinar la influencia del Mende Madre y del agua en la estabilización del pH y la eficiencia del compost elaborado a base de residuos de áreas verdes del Distrito de Tacna, (2) optimizar el Mende Madre y el agua en el proceso de elaboración de compost elaborado a base de residuos de áreas verdes del Distrito de Tacna y (3) analizar y comparar los parámetros del compost destacado, elaborado a base de residuos de áreas verdes del Distrito de Tacna, con los estándares internacionales.

2. Métodos

2.1. Lugar de estudio

La investigación se realizó durante los meses de julio y agosto del año 2021 en los interiores de la planta de compostaje de la Municipalidad Provincial de Tacna, ubicada en una zona denominada Parque Perú con coordenadas 17°59'48" S y 70°12'55" O, en la región de Tacna, Perú. En la Tabla 1 se detallan las principales condiciones meteorológicas que se manifestaron durante esta época.

Tabla 1

Condiciones meteorológicas durante los meses de investigación

Temperatura	Julio	Agosto
Temperatura máxima (°C)	19	19,5
Temperatura mínima (°C)	9,1	9,4
Precipitación (mm/mes)	6,1	3,8

Nota. Obtenido de Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI, 2021).

2.2. Selección de residuos

Los residuos empleados se obtuvieron a partir de la poda de áreas verdes de las principales avenidas, parques y centros de atracción del Distrito de Tacna, la cual es realizada por la Unidad de Áreas Verdes de la Gerencia de Gestión Ambiental de la Municipalidad Provincial de Tacna. Los residuos orgánicos empleados en el proceso de compostaje fueron el *Cynodon dactylon* que constituye una importante fuente de nitrógeno (Stinner et al., 2008), aserrín y hojas secas que aportan una significativa cantidad de carbono (Wong et al., 2001; Huang et al., 2004). Siguiendo la metodología de Brito et al. (2016) y con la finalidad de mejorar el proceso de compostaje, las hojas secas fueron trituradas por una chipeadora.

Durante la investigación se aprovecharon 130,91 kg de pasto (*Cynodon dactylon*), 6,40 kg de aserrín y 20,80 kg de hojas secas, obteniendo un total de 158,11 kg de residuos sólidos para el armado de todas las pilas de compostaje empleadas para el experimento.

2.3. Formación de pilas de compostaje

Se formaron 9 pilas de compostaje con un volumen de 1,2 m³, donde se incrementó la temperatura, pese al clima frío (Penagos et al., 2011). Las dimensiones iniciales fueron: 1 m de ancho, 1 m de largo y 1,2 m de altura, que al pasar del tiempo, el tamaño se vio mermado.

El orden de los residuos sólidos incorporados en el compost estuvo compuesto por una primera capa de hojas secas, aserrín y *Cynodon dactylon* seco, seguidos de una capa de *Cynodon dactylon* fresco, repitiendo este procedimiento hasta formar un total de 8 capas. El proceso del compostaje hasta la obtención del producto final tuvo una duración de 60 días.

2.4. Activación de los EM y preparación de Mende Madre

Los EM se obtuvieron de proveedores locales con la denominación comercial de “EM Compost”. Según el Banco Interamericano de Desarrollo – Convenio Fondo Especial de Japón (2009) es recomendable activar a los microorganismos eficientes con 5 % de melaza, 90 % de agua y el 5 % restante de EM, a partir de lo cual se obtiene una mezcla denominada “Mende Madre” (Chaparro et al., 2020). Bajo este esquema, en un bidón de 20 L se agregó 1 L de melaza, 18 L de agua y 1 L de EM Compost.

La reproducción o inoculación de microorganismos eficientes se realiza bajo fermentación anaeróbica (Kranz y McLaughlin. 2020). Seguidamente, se homogeneizó y dejó reposar la mezcla a temperatura ambiental por una semana, previo a su uso para el riego de las pilas con la finalidad de proporcionar de EM que permitan favorecer el proceso de compostaje (Galecio et al., 2020). El Mende Madre se preparó en 4 repeticiones (1 vez cada semana).

2.5. Volteo, riego y rearmado de pilas de compostaje

El Mende Madre obtenido era diluido en agua a distintas concentraciones (Tabla 2) con la finalidad de optimizar el uso de microorganismos eficientes. Durante las primeras 4 semanas (tiempo que comprende la etapa mesófila y termófila) (Rojas, 2021) y con una periodicidad semanal, todas las pilas composteras eran volteadas, regadas con Mende Madre y nuevamente armadas con ayuda de palas, picos y rastrillos. Durante estas actividades, se dejaba expuesto al material orgánico por intervalos cortos de tiempo para evitar la manifestación de malos olores por procesos anaeróbicos (Ramírez et al., 2014) y favorecer la liberación de gases producto de la acción de los microorganismos (García et al., 2008).

Tabla 2
Contenido de la dilución de Mende Madre en agua para cada pila

Pila	Mende Madre (L)	Agua (L)
1	0,5	33,5
2	1,0	33,5
3	1,5	33,5
4	0,5	34,0
5	1,0	34,0
6	1,5	34,0
7	0,5	34,5
8	1,0	34,5
9	1,5	34,5

2.6. Evaluación de la temperatura, PH y eficiencia

La temperatura se evaluó mediante un termómetro digital todos los días durante las primeras 4 semanas. Mientras que para el cálculo del pH del producto, se evaluó en relación 2:1 de agua: compost, empleando un pH metro.

El material que componía cada uno de los 9 tratamientos se tamizó a través de una malla metálica de granulometría de 2 mm de diámetro.

El material Tamizado se depositó sobre un saco de polietileno y se pesó, posteriormente se determinó el peso final del material compostado, y con ello, la eficiencia del tratamiento a partir de la ecuación 1.

$$\text{Eficiencia (\%)} = \left(\frac{\text{Peso final (kg)}}{\text{Peso inicial (kg)}} \right) \times 100 \% \quad (1)$$

El producto final de uno de los nueve tratamientos mostró mayores estándares de calidad y fue analizado en el laboratorio Certificado ubicado la ciudad de Lima, a partir de 100 g de muestra, para luego contrastar los parámetros evaluados con otros parámetros internacionales.

2.7. Análisis estadístico

La evaluación estadística se realizó bajo un diseño factorial multinivel, teniendo como variables independientes al Mende Madre (L) y al agua (L), a partir de lo cual, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para las variables dependientes; eficiencia (%) y pH. A partir de este análisis se contrastó si los niveles de variables independientes tenían diferencias significativas respecto a las variables dependientes con un nivel de confianza del 95 %.

Seguidamente, se aplicó la metodología de superficie de respuesta para optimizar los insumos empleados para la elaboración de compost, a través de la prueba de máximo ascenso. Estas superficies permiten visualizar cómo van comportándose las variables de respuesta en función a las variables independientes.

3. Resultados

En la tabla 3 se presentan los valores de pH y eficiencia (%) para cada pila de compostaje.

Tabla 3
pH y eficiencia (%) por tratamiento

Pila	pH	Eficiencia (%)
1	6,15	25,39
2	7,31	36,87
3	7,95	38,80
4	6,26	24,48
5	7,25	35,77
6	7,79	38,54
7	6,09	23,34
8	7,41	37,25
9	7,88	38,38

3.1. Influencia del Mende Madre y del agua en la estabilización del pH y la eficiencia del compost

En la tabla 4 se evidencia el análisis de varianza para la variable eficiencia (%).

Tabla 4
Análisis de varianza para la variable eficiencia (%)

Factor de variabilidad (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grado de libertad (GL)	Cuadrado Medio	F Calculado	P- Valor
A: Mende Madre	301,183	1	301,183	545,68	0,0002
B: Agua	0,728017	1	0,728017	1,32	0,3340
AB	0,664225	1	0,664225	1,20	0,3528
Error total	1,65582	3	0,55194	-	-
Total	357,438	8	-	-	-

Nota. R² = 98,76 %. Coeficiente de variabilidad (CV) = 2,237 %.

Se puede observar que los diferentes niveles de la variable Mende Madre tuvieron diferencias significativas respecto a la eficiencia. Asimismo, tanto el agua como la interacción entre las dos variables independientes no mostraron diferencias significativas hacia la variable dependiente.

En la tabla 5 se evidencia el análisis de varianza para la variable pH.

Tabla 5
Análisis de varianza para la variable pH

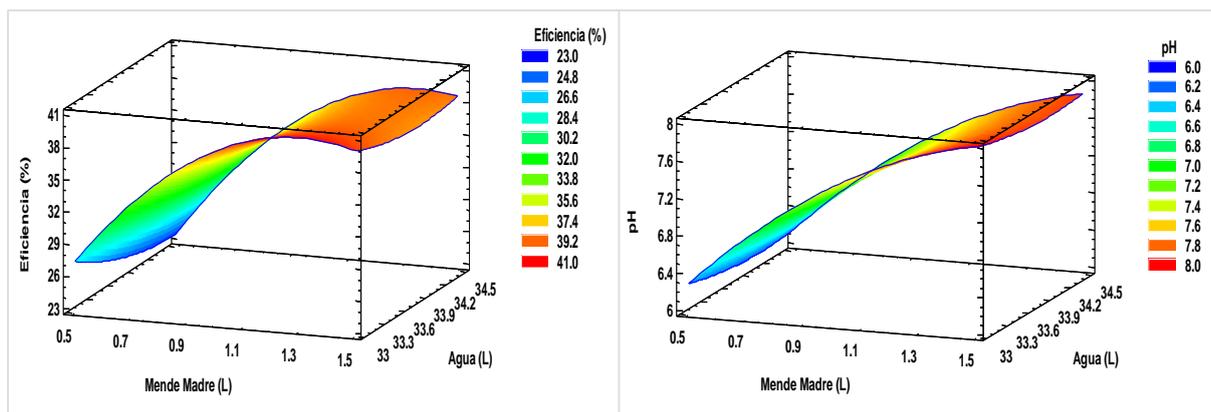
Factor de variabilidad (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grado de libertad (GL)	Cuadrado Medio	F Calculado	P- Valor
A: Mende Madre	4,36907	1	4,36907	339,39	0,0003
B: Agua	0,00015	1	0,00015	0,01	0,9209
AB	0,00003	1	0,00003	0,00	0,9676
Error total	0,03862	3	0,01287	-	-
Total	4,59389	8	-	-	-

Nota. R2 = 99,10 %. Coeficiente de variabilidad (CV) = 1,594 %.

3.2. Optimización del Mende Madre y del agua en el proceso de elaboración de compost

En la figura 1 se observa la superficie de respuesta correspondiente a la optimización de Mende Madre (L) y agua (L) respecto a la eficiencia (%) y pH en la obtención de compost.

Figura 1
Superficie de respuesta estimada para la eficiencia y pH



Asimismo, a partir de la prueba de máximo ascenso se obtuvo la eficiencia y pH óptimo, tal como se observa en la tabla 6.

Tabla 6
Valor óptimo para la eficiencia y pH a partir de los factores de estudio

Factor	Bajo	Alto	Eficiencia Óptima (39,282 %)	pH óptimo (7,89)
Mende Madre (L)	0,5	1,5	1,32	1,5
Agua	33,5	34,5	33,5	33,5

3.3. Comparación de los parámetros obtenidos con los estándares internacionales

Se determinó que el compost resultante de la aplicación del tratamiento 3 (a partir de 1,5 L de Mende Madre y 33,5 L de agua) origina una mayor estabilización del pH con una tendencia básica de 7,95 y una mayor eficiencia (38,80 %). Por tanto, se analizó los parámetros de calidad del producto resultante de esta pila, tales como; el pH, la materia orgánica, la relación de carbono-nitrógeno, el nitrógeno total, el fósforo y el potasio. En la tabla 7 se muestra la comparación de estos valores frente a las propiedades exigidas por países como los Estados Unidos, México y Chile.

Tabla 7

Parámetros del compost obtenido y los requerimientos en otros países

Parámetro	Resultados de Análisis	EPA 40CFR 503 (U.S.A.)	NTEA-006-SMA-2006 (México)	NCh 2880 (2004) (Chile)
pH	7,95	6 a 8	6,5 a 8	5 a 8,5
Materia Orgánica (%)	43,36	Mayor al 20	Mayor al 15	≥ a 20
Relación C/N	15,24	15 a 20 : 1	Menor a 12	25 a 30:1
Humedad (%)	32,90	-	30 a 40	30 a 45
Conductividad Eléctrica (dS/m)	11,18	-	-	3 a 8
Tamaño de partículas (mm)	-	Granulado	-	≤ a 16
Temperatura (°C)	28 a 74	32 a 60	45 a 70	-
Nitrógeno Total (%)	1,65	2,4 a 5	-	≥ a 0,5
Fósforo (ppm)	3900	-	> a 1000	-
Potasio(ppm)	15600	-	> a 2500	-

4. Discusión

Los residuos de las áreas verdes del distrito de Tacna fueron aprovechados para la elaboración de compost de calidad, que fue favorecido por el Mende Madre, que contenía una alta carga de microorganismos eficientes que comprenden una gran diversidad de bacterias ácido lácticas, levaduras, bacterias que realizan fotosíntesis, actinomicetos y hongos filamentosos con propiedades de fermentación (Tanya et al., 2019; Muñoz y Jimenez, 2020)

Es preciso descartar que existe una correlación directa del pH con la calidad y cantidad del compost. En general, se pueden compostar materiales dentro de un amplio rango de valores de pH (desde 3 hasta 11) sin embargo, los comprendidos entre 5 y 8 son los que se consideran óptimos (Vázquez, 2020), tales como los determinados en la presente investigación.

En el Perú, aún no existen normativas o exigencias respecto a los parámetros que determinen la calidad del compost para el uso agrícola u otras actividades, por tanto, se comparó los parámetros del mejor tratamiento con normativas de otros países como la norma EPA 40CFR 503 (EE. UU.), la norma NTEA-006-SNA-2006 (México), y la norma Nch2880-2004 (Chile). A partir de ello, se evidencia que los parámetros del tratamiento con los mejores resultados de compostaje cumplen con lo establecido por estas normativas.

La temperatura es un parámetro importante que se toman en cuenta en el compostaje, siendo recomendable que parte del proceso se desarrolle entre 40 a 60 °C para obtener un compost de calidad (Penagos et al., 2011). En la presente investigación, esta temperatura fue superada en todas las pilas durante los primeros 20 días de compostaje, que comprende una etapa mesófila muy escueta que duró menos de un día debido a la gran proliferación de microorganismos y a las condiciones de la composta (Escudero et al., 2012) y, una fase termófila prolongada. Pasado este periodo, la temperatura descendió considerablemente hasta su posterior estabilización, proceso característico de la etapa mesófila II, en la cual, la temperatura desciende debido al agotamiento de fuentes de carbono y nitrógeno (Román et al., 2013). Al final del proceso de compostaje, pasados 60 días desde el inicio (comienzo de la etapa de maduración), el calor que se generaba en las pilas era menor al que se perdía, debido a que se llegó a un proceso de hidrólisis y posterior síntesis de polímeros por los microorganismos, en el que se llega a estabilizar el compost a temperatura ambiente (Ramos, 2019). Lo evidenciado concuerda con lo que señalado por Abid et al. (2020), quienes afirman que las tres etapas de génesis del ciclo de compostaje tienen lugar en un tiempo relativamente corto (de días a semanas), empero, la etapa de madurez requerirá periodos mayores (meses).

La máxima temperatura de las pilas registrada durante el proceso fue 78 °C, este valor es un factor crucial porque permite la higienización de la biomasa obteniendo un compost libre de cualquier tipo de patógeno (De Corato, 2020).

Con la finalidad de reducir costos, se aplicó un modelo factorial multinivel de 3x3, en la que el nivel de agua de 33,5 L (el nivel más bajo) dio los mejores resultados respecto a pH y eficiencia (%), sin embargo, en futuras investigaciones se recomienda evaluar las variables dependientes en el compost con más bajos niveles de agua para determinar si es posible reducir el uso del recurso hídrico.

5. Conclusiones

Para lograr un proceso óptimo, se pueden usar 1,32 L de Mende Madre y 33,5 L de agua para obtener una eficiencia del 39,282 % de producción de compost; por otro lado, el pH óptimo de 7,89 resulta de emplear 1,5 L de Mende Madre y 33,5 L de agua.

Utilizando dosis de 1,5 L de Mende Madre y 33,5 L de agua se obtiene compost que cumple con la mayoría de parámetros estipulados en algunas normas internacionales, teniendo la certeza de su capacidad para mejorar la calidad de suelos e incrementar su nivel de resiliencia ante los daños producidos por actividades antropogénicas y naturales.

6. Referencias Bibliográficas

- Abid, M., y Fahad, S. (2020). Potential role of compost mixed biochar with rhizobacteria in mitigating lead toxicity in spinach. *Scientific Reports*, 10(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69183-9>
- Alvariño, C. (2005). Residuos orgánicos de origen urbano e industrial que se incorporan al suelo como alternativa económica en la agricultura. *Revista CENIC. Ciencias Químicas*, 36(1), 45–53.
- Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental y, Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (2005). *Directrices para la gestión integrada y sostenible de residuos sólidos urbanos en América Latina y El Caribe*. Sao Paulo: AIDIS-IDRC.
- Banco Interamericano de Desarrollo – Convenio Fondo Especial de Japón. (2009). *Manual Práctico de Uso de EM*. Montevideo: OISCA.
- Brito, H., Viteri, R., Guevara, L., Villacrés, M., Jara, J., Jiménez, S., Moya, P. y Parra, C. (2016). Obtención de compost a partir de residuos sólidos orgánicos generados en el Mercado Mayorista del Cantón Riobamba. *European Scientific Journal*, 12(29), 76-94. doi: <https://doi.org/10.19044/esj.2016.v12n29p76>
- Camacho, F., Uribe, L., Newcomer, Q., Masters, K., y Kinyua, M. (2019). Bio-optimización del compost con cultivos de microorganismos de montaña (MM) y lodos digeridos de biodigestor (LDBIO). *UNED Research Journal*, 10(2), 330–341. <https://doi.org/10.22458/urj.v11i2.2197>
- Chaparro, E., Herrera, F., Vera, M. y Barahona, J. (2020). Utilización de microorganismos eficientes para la elaboración de compost a partir de residuos orgánicos. *Sincretismo*, 1(1), 45-48.
- De Corato, U. (2020). Disease-suppressive compost enhances natural soil suppressiveness against soil-borne plant pathogens: A critical review. *Rhizosphere*, 100192. doi:10.1016/j.rhisph.2020.100192
- Escalona, E. Lorente, Y. y Yáñez, A. (2019). Relación del saneamiento básico ambiental y las enfermedades diarreicas agudas. Área de salud Yara, 2019. Redel. *Revista Granmense de Desarrollo Local*, 4, 333-345.
- Escudero, A. y Arias, C. (2012). Los microorganismos en los abonos orgánicos a partir de podas en la Universidad del Norte, Colombia. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 28(1) 67-75.
- Farreras, V., y Lauro, C. (2016). Valoración económica de los efectos de la contaminación por vertido de residuos sólidos urbanos. El caso del aglomerado urbano del Gran Mendoza, Argentina Economic valuation of the pollution effects of dumping municipal solid waste. The case of the urban. *Gestión y Ambiente*, 19(2), 211–227.
- Fazenda, A., y Tavares, M. (2016). Caracterización de residuos sólidos urbanos en Sumbe: herramienta para gestión de residuos. *Ciencias Holguín*, 22(4), 1–15.

- García, A. y Sánchez, A. (2008). Control de la emisión de gases y olores. En J. Moreno y R. Moral (Ed.), *Compostaje* (165-185). Ediciones Mundi - Prensa.
- Galecio, M., León, K. y Aguilar, R. (2020). Efecto de fuentes orgánicas y microorganismos eficientes en el rendimiento del cultivo de banano orgánico (*Musa spp. L.*). *Manglar*, 17(4), 301-106. <http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2020.045>
- Huang, G., Wong, J., Wu, Q., y Nagar, B. (2004). Effect of C/N on composting of pig manure with sawdust. *Waste Management*, 24(8), 805–813. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2004.03.011>
- Kranz, C. N., y McLaughlin, R. A. (2020). The effects of compost incorporation on soil physical properties in urban soils – A concise review. *Journal of Environmental Management*, 261, 110209. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110209>
- López, M., Espinosa, M., y Delgado, J. (2004). Desarrollo tecnológico en la gestión integral de los residuos urbanos en cuba. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 35(1), 59–61.
- Mora, A. y Molina, N. (2017). Diagnóstico del manejo de residuos sólidos en el Parque Histórico Guayaquil. *La Granja*, 26(2), 84-105. <https://doi.org/10.17163/lgr.n26.2017.08>
- Muñoz, O., y Jiménez, A. (2020). Elaboración de compostaje con los residuos orgánicos del comedor para el huerto escolar ecológico. *Revista de Educación, Innovación y Formación: REIF*, 136, 9–14. Retrieved from <https://digitum.um.es/digitum/handle/10201/91782>
- Nain, A., Bernardo, G., Watthier, M., y Silva, R. (2019). Compost, bokashi y microorganismos eficientes: sus beneficios en cultivos sucesivos de brócolis. *Idesia (Arica)*, 37(2), 59–66. <https://doi.org/10.4067/s0718-34292019000200059>
- Olazabal, M. (2019). Determinación del potencial de generación de compost a partir de residuos sólidos municipales en el distrito de Paucarpata. Tesis de Maestría. Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. Arequipa, Perú.
- Penagos, J., Adarraga, J., Aguas, D. y Molina, E. (2011). Reducción de los residuos orgánicos en Colombia por medio del compostaje líquido. *Ingeniare*, 6(11), 37-44.
- Ramírez, L., Oliver, M., Torres, J. y González, J. (2014). Diseño, construcción y prueba de un prototipo automático para compostaje. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 70, 185-196. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43030033017>
- Ramos, J. (2019). Producción de fosfo compost a partir de heces humanas y sólidos orgánicos del Mercado de Chanin Distrito y Provincia de Acomba - Huancavelica. Tesis de Pregrado. Universidad Nacional de Huancavelica. Huancavelica, Perú.
- Richard, T. (2005). Compost. *Encyclopedia of soils in the environment*, 294-301. <https://doi.org/10.1016/B0-12-348530-4/00142-9>
- Rojas, J. (2021). Influencia del tectosilicato - zeolita en la retención del nitrógeno durante la preparación de compost en Tingo María. Tesis de Pregrado. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú.
- Román, P., Martínez, M., y Pantoja, A. (2013). Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina. In Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

- Sáez, A. y Urdaneta, G. (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y El Caribe. *Omnia*, 20(3), 121-135.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2021). Promedio de temperatura normal para Tacna. Lima: SENAMHI.
- Stinner, W., Möller, K., y Leithold, G. (2008). Effects of biogas digestion of clover/grass-leys, cover crops and crop residues on nitrogen cycle and crop yield in organic stockless farming systems. *European Journal of Agronomy*, 29(2-3), 125–134. <https://doi:10.1016/j.eja.2008.04.006>
- Tanya, M. y Leiva, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, 46(2), 93-103. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852019000200093
- Tejada, G., y Matos, M. (2019). Manejo de residuos sólidos en la ciudad de Tacna. *Ciencia y Desarrollo*, (10), 11–14. <https://doi.org/10.33326/26176033.2006.10.189>
- Varela, S., y Basil, G. (2011). Uso de compost en la producción de plantines de especies forestales. *PATNOR* 810292, 28(1), 25–32. <https://doi.org/10.4067/s0717-92002007000100005>
- Vargas, O., Trujillo, J. y Torres, M. (2019). El compostaje, una alternativa para el aprovechamiento de los residuos orgánicos en las centrales de abastecimiento. *Orinoquia*, 23(2), 123-129. <https://doi.org/10.22579/20112629.575>
- Vázquez, J. (2020). The incorporation of organic amendments in the form of compost and vermicompost reduces the negative effects of monoculture in soils. *Scientia Agropecuaria*, 11(1), 105–112. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.01.12>
- Villalobos, L. y Sánchez, J. (2018). Contenido macro y micromineral del pasto ryegrass (*Lolium* spp.) en la zona alta de Cartago, Costa Rica. *Nutrición animal tropical*, 12(2), 1-19. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6600491>
- Wong, J., Mak, K., Chan, N., Lam, A., Fang, M., Zhou, L. y Liao, X. (2001). Co-composting of soybean residues and leaves in Hong Kong. *Bioresource Technology*, 76(2), 99–106. [https://doi:10.1016/s0960-8524\(00\)00103-6](https://doi:10.1016/s0960-8524(00)00103-6)