

Residuos sólidos orgánicos: Alternativas para su descomposición en la planta de tratamiento de residuos sólidos del municipio de San Marcos

Organic solid waste: Alternatives for its decomposition in the solid waste treatment plant of the municipality of San Marcos

Ceidy Alejandra Cardona Gómez

Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible,
CUSAM-USAC
alejandracardonag@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-3833-313X>

RESUMEN

Objetivo: evaluar el efecto de la inoculación de microorganismos eficientes (EM) en el proceso de compostaje de residuos sólidos orgánicos que ingresan a la planta de tratamiento de residuos sólidos del municipio de San Marcos. Método: Para ello se utilizó el diseño experimental denominado bloques completos al azar. Resultado: El tratamiento Flor de Tierra: MM activados fue quien redujo el volumen de los residuos orgánicos en menor tiempo, alcanzando temperaturas adecuadas para la descomposición y la obtención en mayor cantidad en peso neto de abono obtenido, en términos generales produjo el compost de mejor calidad siendo económicamente viable por lo tanto este tratamiento se recomienda para su utilización. Seguidamente el tratamiento BIOTERRE que presento mayor peso de abono obtenido y mejor calidad de compost, colocándolo en segundo rango para ser recomendado, así también el tratamiento testigo presentó ser económicamente viable por debajo del tratamiento Flor de Tierra: MM activados.

Palabras clave: Microorganismos eficientes, residuos sólidos orgánicos, compostaje.

ABSTRACT

Objective: to evaluate the effect of the inoculation of efficient microorganisms (EM) in the composting process of solid waste that enters the solid waste treatment plant of the municipality of San Marcos. Method: For this, the experimental design called randomized complete blocks was obtained. The Flor de Tierra: activated MM treatment was the one that reduced the volume of organic waste in less time, reaching adequate temperatures for destruction and obtaining a greater quantity in net weight of fertilizer obtained, in general terms it produced the compost with the best quality result. Being economically viable, therefore, this treatment is recommended for its use. Next, the BIOTERRE treatment presented the highest weight of fertilizer obtained and the best quality of compost, placing it in the second rank to be improved, as well as the control treatment presented to be economically viable below the Flor de Tierra treatment: activated MM.

Keywords: Efficient microorganisms, organic solid waste, composting.

El autor declara que no tiene ningún conflicto de interés. El estudio fue financiado con recursos del autor.
Recibido: febrero 20 de 2022 | Aceptado: julio 20 de 2022 | Publicado: octubre 30 de 2022

INTRODUCCIÓN

El proceso de compostaje de los residuos orgánicos es una técnica capaz de transformar en un producto con valor agrícola, ya que al ser aplicado al suelo hace posible que retornen al ambiente como abono (Escobar, 2012). Los residuos sólidos orgánicos al acumularse dentro de la planta de tratamiento han generado altos volúmenes provocando una serie de problemas ambientales por la lenta descomposición, por lo que se inocularon microorganismos benéficos al material orgánico para acelerar su proceso.

Esta investigación se llevó a cabo en la cabecera municipal de San Marcos, dentro de la planta de tratamiento de residuos sólidos, utilizando el diseño de bloques completos al azar, previamente se realizó una caracterización de residuos orgánicos entrantes a la planta de tratamiento, seguidamente se evaluaron cuatro productos comerciales para la descomposición siendo estos: Microorganismos Eficientes (EM), dos productos comerciales denominados MEJORACompost y BIOTERRE, también la aplicación de Microorganismos de Montaña (MM) el producto comercial Flor de Tierra: MM sólidos y Flor de tierra: MM activados, comparándolos con un testigo, con estos métodos se determinó: la rapidez en la descomposición de los residuos sólidos orgánicos, las características químicas adecuadas de interés agrícola y por último se generó un análisis de rentabilidad.

Este trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar alternativas para la descomposición de residuos orgánicos urbanos y su transformación en compost dentro de la planta de tratamiento de residuos sólidos de municipio de San Marcos, departamento de San Marcos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en la planta de tratamiento de residuos sólidos del municipio de San Marcos, departamento de San Marcos. La época en la que se realizó el trabajo de campo fue de febrero a agosto del 2020. Se evaluaron cinco métodos para la descomposición de residuos sólidos orgánicos a base de Microorganismos de montaña sólidos: flor de tierra: MM sólidos, microorganismos de montaña líquido, flor de tierra: MM activados, BIOTERRE, MEJORACompost y Testigo, utilizando el diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, con un total de 20 unidades. El área experimental fue de 56.00 m² dentro de la planta de

tratamiento de residuos sólidos, la unidad experimental se constituyó por pilas de compostaje con un volumen de 1.00 metro cúbico.

Las variables de respuestas independientes consistieron en la caracterización de residuos orgánicos y tratamientos evaluados, y para las variables dependientes se determinó la rapidez de descomposición de la materia orgánica, condiciones químicas del compost producido y rentabilidad de los métodos evaluados. Inicialmente se realizó una caracterización para determinar el porcentaje de volumen y de peso de los residuos orgánicos entrantes, así también conocer los tipos de residuos existentes. Para el manejo de la investigación se obtuvieron los residuos sólidos orgánicos que ingresa a la planta de tratamiento de residuos sólidos del municipio de San Marcos, realizando pilas de compost de 1 m³, se aplicó riego asperjando los activadores biológicos en tres capas en partes iguales, para ello se utilizó una bomba irrigadora tipo mochila.

Teniendo diferentes dosificaciones de acuerdo a las especificaciones de cada producto comercial: para el inoculador Flor de tierra: MM sólido (casa comercial FLOR DE TIERRA) sugiere la aplicación de 2 kilos por metro cubico en cada pila, el inoculador Flor de tierra: MM activados (casa comercial FLOR DE TIERRA) la dosis sugerida es de 1 litro por metro cubico, para el inoculador BIOTERRER (casa comercial PROFERT) la dosis sugerida es de 1 litro por tonelada métrica (22 quintales) por lo que se aplicó 250 ml por metro cubico, el inoculador MEJORAcompost (casa comercial EMAGRO) su dosis sugerida es de 1 galón por tonelada métrica (22 quintales) por lo que se aplicó 500 ml por metro cubico y para el tratamiento Testigo no existió ninguna aplicación de inoculador.

Los volteos se realizaron con frecuencia de una vez por semana, al realizar esta actividad se presentaba aumento de temperatura debido a la descomposición. Los volteos tuvieron la finalidad de ventilar y oxigenar el proceso evitando los malos olores del proceso anaeróbico del compostaje, en cada compostera se regó para mantener la humedad necesaria, realizándolo dos veces por semana dependiendo la necesidad de la humedad requerida, por medio del método del puñado⁵. Una vez comprobado que el compost está maduro, se realizó el tamizado del abono orgánico con el fin de eliminar los elementos gruesos y otros

⁵ Consiste en introducir la mano en la pila, sacar un puñado de material y abrir la mano. El material debe quedar apelmazado pero sin escurrir agua. Si corre agua, se debe voltear y/o añadir material secante. Si el material queda suelto en la mano, entonces se debe añadir agua y/o añadir material fresco.

contaminantes (metales, vidrios, cerámicas, piedras). Se guardado en costales almacenándolo en un lugar fresco.

Se realizó la caracterización de residuos orgánicos entrantes a la planta de tratamiento, utilizando el método del cuarteo encontrado en la guía para elaborar estudios de caracterización de residuos sólidos comunes del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales –MARN-, la metodología se realizó de manera diaria, se llevó a cabo análisis químico del abono neto obtenido en cada uno de los tratamientos en el laboratorio SUPLA, del departamento de San Marcos para la determinación de las condiciones químicas y se utilizó la formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. (CIMMYT, 1988), para la determinación de costos variables por medio de registros económicos para cada tratamiento evaluado variando de acuerdo con el activador biológico utilizando.

DISCUSIÓN

Por medio del método del cuarteo se determinó que los residuos orgánicos que entran en mayor proporción en peso son los residuos vegetales alcanzando un 36.4%, estos residuos alcanzaron volúmenes de 19.19%, las hojas de maxan (*Calathea crotalifera*) el peso es menor a comparación de los residuos de vegetales ya que alcanzaron un peso de 14.4% con un volumen de 41.18% siendo este residuo que entra en mayor proporción en volumen. Durante la caracterización no se observaron cambio, tomando en cuenta que estos residuos son completamente compostables y pueden ser aprovechados teniendo como resultado abono orgánico.

Se midió el tiempo transcurrido desde el inicio del proceso hasta que se obtuvo un producto inodoro y con un aspecto parecido a tierra. Dándole un tiempo de ochenta días a los tratamientos para su descomposición, los que incluyeron la aplicación de activadores biológicos desde inicio del proceso, por lo que se infiere que los microorganismos presentes en los productos aplicados, aceleraron el proceso de descomposición de los restos orgánicos, en cuanto al testigo contenía trozos de materia orgánica enteros pero las temperaturas habían llegado a temperatura ambiente indicando el enfriamiento del compost, por lo tanto al testigo puede llegar a más días hasta lograr su descomposición.

Al inicio del proceso de la descomposición todos los tratamientos evaluados tuvieron una altura de un metro total, con el paso de los días fue notorio

observar el descenso de las alturas, esto debido a las diferentes fases por la cual pasa el proceso del compostaje. El tratamiento testigo obtuvo una altura final de 22 cm siendo el tratamiento que alcanzo menor descenso en comparación del tratamiento Flor de tierra: MM activados que alcanzó el mayor descenso con una altura de 15 cm, tenido una diferencia de 7 cm de altura.

El activador flor de tierra: MM activados tuvo una descomposición en 80 días, con un total de peso final obtenido de 192 kg (48 kg por mt³) de abono neto que pudieron atravesar un tamiz de 0.6mm, ubicando este valor en el primer rango por lo que el activador logró obtener 4.22 quintales de abono neto obtenido por sus cuatro repeticiones, mientras que el tratamiento testigo fue posicionado en ultimo rango logrando reducir las partículas sólidas pero en su fase de maduración aún se tenían restos orgánicos enteros, obtuvo abono neto obtenido de 2.92 quintales y para el parámetro de altura logro alcanzar 22 cm siendo este quien presento más altura en su descomposición.

En esta evaluación el color de los diferentes tratamientos fue similar para cada uno, esta característica es determinada por alto contenido de material orgánico.

Para la determinación del olor dentro del compostaje se realizó por medio de percepción por lo que al inicio presentaban un olor fuerte a la fermentación por las altas temperaturas y al final del proceso todos los tratamientos presentaron un olor agradable a tierra. Respecto a la temperatura en el proceso de compostaje, se registraron datos iniciales entre los 30 °C y 35 °C y las temperaturas más altas que se obtuvieron hasta 65°C. En la evolución de temperatura, existieron diferencias en cada tratamiento.

Se determinó que los cinco tratamientos evaluados, todos pasaron por diferentes temperaturas en todas las fases de la descomposición para un compostaje adecuado. Para el tratamiento de flor de tierra: MM activados se observó que logro mantenerse durante cuatro semanas en la fase termófila indicando que a esta temperatura se higieniza el medio, eliminando larvas, patógenos y esterilizando las semillas de malezas. Hasta alcanzar su fase de maduración en donde los materiales pierden su aspecto original con una apariencia a tierra y se observa una disminución del volumen. Como segundo el tratamiento BIOTERRE que logró mantenerse durante tres semanas en su temperatura máxima 59°C.

El análisis químico se realizó al final del ensayo, cuando las composteras presentaron una temperatura similar a la temperatura ambiente, se tomó una muestra de cada tratamiento, la misma que se envió a laboratorio, para su posterior análisis.

El compostaje con inoculación de flor de tierra: MM sólido tuvo un pH altamente alcalino pudiendo ser utilizado para enmiendas de suelo, para el parámetro de conductividad eléctrica tuvo rango alto, esto significa que una mayor conductividad eléctrica puede provocar toxicidad a la planta, para el elemento nitrógeno se mantuvo en un rango óptimo, mientras que el elemento fósforo se posiciono por debajo de producto aplicado MEJORAc compost. En cuanto a potasio tuvo un rango más alto de lo ideal, siendo estos los macronutrientes esenciales que aporta un buen abono orgánico. En cuanto a la capacidad de intercambio catiónico presento tener un rango alto, teniendo la capacidad de retener y asimilar los nutrientes, teniendo diferencias a comparación de los tratamientos, así también obteniendo porcentajes altos de materia orgánica.

El tratamiento que fue inoculado con flor de tierra: MM activados presento un pH altamente alcalino con una conductividad eléctrica de rango alto, lo que significa que hay mayores sales presentes, así también con el elemento nitrógeno presento un rango adecuado, el elemento fósforo presento un rango óptimo para fertilización, en cuanto al potasio tuvo un rango más alto de lo ideal para abono orgánicos, no se tuvieron diferencias significativas en cuanto a los micronutrientes que aporta el abono orgánico. Para la capacidad de intercambio catiónico presento tener un rango alto, teniendo diferencias a comparación de los tratamientos evaluados, reportando altos porcentajes de materia orgánica.

Para el tratamiento inoculado con BIOTERRE se determinó que tuvo un pH altamente alcalino, con una conductividad eléctrica en rango alto, teniendo un rango ideal para nitrógeno y fósforo, en cuanto al potasio tuvo un rango más alto de lo ideal. El parámetro de capacidad de intercambio catiónico presentó un rango normal para la asimilación de nutrientes teniendo algunos elementos que no pueden ser aprovechados por las plantas, este tratamiento teniendo un alto porcentaje de materia orgánica.

La inoculación con MEJORAc compost presento un alto contenido de materia orgánica con un pH altamente alcalino, su Conductividad Eléctrica se mantuvo en rango alto, presento un rango de nitrógeno ideal mientras que para fósforo tuvo mejor contenido en comparación de la flor de tierra: MM sólido,

en cuanto al potasio tuvo un rango más alto de lo ideal y para su capacidad de intercambio catiónico presentó un rango normal para la asimilación de los nutrientes.

Para el tratamiento testigo que no tuvo inoculación su pH lo presento altamente alcalino, su conductividad eléctrica un rango alto, lo que significa que a mayor conductividad eléctrica mayores sales lo que puede provocar intoxicación a la planta, en cuanto a los elementos nitrógeno y fósforo presento un rango ideal, en cuanto al potasio tuvo un rango más alto de lo ideal, para la capacidad de intercambio catiónico se mantuvo en un rango bajo, por lo que la asimilación de nutrientes del abono orgánico a la planta es baja, presento alto contenido de materia orgánica.

El análisis económico se dividió en: Presupuesto parcial, análisis marginal y tasa de retorno marginal (TRM) utilizando la formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. (CIMMYT, 1988). A fin de recomendar una alternativa para la descomposición y elaboración de abono tipo compost conforme a los objetivos y perspectivas de los productores.

Para la determinación del beneficio neto se restó beneficio bruto de campo de los costos que varían. Teniendo como resultado que el tratamiento que obtuvo mayor beneficio neto se generó utilizando la inoculante flor de tierra: MM activados con un rendimiento de 192 kg con un beneficio bruto de campo de Q209.10 y costos variables de Q 172.00 siendo entonces su beneficio neto de Q37.10.

La curva de beneficios netos aclara que la pendiente más elevada se encuentra entre el tratamiento testigo y el tratamiento flor de tierra: MM activados. Sin embargo, para revelar exactamente como los beneficios netos de una inversión aumentan al incrementar la cantidad invertida es necesario calcular la tasa de retorno marginal

Teniendo como resultado una tasa de retorno marginal expresando el porcentaje de ganancia de un tratamiento a otro, siendo este del tratamiento flor de tierra: MM activados y tratamiento testigo con un porcentaje de 16%. Teniendo en cuenta que por un Q 1.00 de inversión se tendría una ganancia de Q.0.16, determinado que ambas alternativas son económicamente viables para la producción de abono tipo compost.

CONCLUSIONES

Se determinó el porcentaje de residuos sólidos orgánicos que entran a la planta de tratamiento del municipio de San Marcos, utilizando el método del cuarteo planteado por Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, teniendo como resultado que los residuos orgánicos que entran en mayor proporción en peso son los residuos vegetales alcanzando un 36.4 % y las hojas de maxan (*Calathea crotalifera*) en un 41.18% en mayor proporción en volumen.

El tratamiento inoculado con flor de tierra: MM activados tuvo mayor eficiencia presentando una mayor rapidez para su descomposición, de una altura inicial de un metro cubico, para todos los tratamientos se obtuvo una altura final de 15 cm³ en comparación del testigo que obtuvo 22 cm³, por lo que se acepta la hipótesis planteada en cuanto a la altura de las composteras.

En la obtención de abono orgánico, de un peso inicial 500 kg por mt³, el tratamiento flor de tierra: MM activados obtuvo un peso neto final de 48 kg por mt³ en comparación del tratamiento testigo, que no se aplicó ningún inoculador a base de microorganismos benéficos, obtuvo un peso final de 33kg por mt³, determinándose que este tratamiento llego a fase de enfriamiento y maduración presentando restos orgánicos enteros, tomando en cuenta que la inoculación favorece para la mayor obtención abono orgánico y aceleración en la descomposición de materia orgánica.

Las características químicas referente al pH se obtuvieron valores muy alcalinos que puede enmendar suelos ácidos, para el parámetro de capacidad de intercambio catiónico CIC los tratamientos inoculados con flor de tierra: MM activados y flor de tierra: MM sólido presentaron un rango alto que determinará una mayor asimilación de los nutrientes. En cuanto al porcentaje materia orgánica presentaron valores dentro del rango óptimo para todos los tratamientos, existió una variabilidad de valores en los parámetros de macro y micronutrientes para todos los tratamientos. El tratamiento flor de tierra: MM activados resalto más, obteniendo rangos aceptables en cuanto a sus condiciones químicas en comparación al testigo, por lo que se acepta la hipótesis planteada en cuanto a las condiciones químicas del abono obtenido.

Para el análisis económico se determinó que la incorporación de activadores biológicos disminuye los costos para su producción (Q/Kg), el tratamiento flor de tierra: MM activados que obtuvo en menor tiempo mayor contenido de

abono neto final y el tratamiento testigo presentaron ser viable económicamente, de estos dos tratamientos se obtuvo una tasa marginal de retorno del 16% determinado que por un Q1.00 invertido genera Q0.16 de ganancia. De los tratamientos evaluados el que presentó mejores resultados fue el tratamiento inoculado con flor de tierra: MM activados, seguidamente el tratamiento BIOTERRER se presentó por debajo con resultados de las variables del tiempo de descomposición y condiciones químicas y por último el tratamiento testigo quedó en segundo rango siendo económicamente viable.

REFERENCIAS

- Acurio, G. (2002.). Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe. En B. I. Desarrollo. Washington, D.C: EEUU.
- Barbaro, L. A. (2018). Importancia del pH y la conductividad eléctrica en los sustratos para plantas. Argentina.
- Burés, S. (2002). Sustratos: propiedades físicas, químicas y biológicas. Informe sobre la industria Hortícola.
- Capistrán, F., Aranda, E., & Romeo, J. C. (2004). Manual de reciclaje, compostaje y lombricompostaje. México, México: Instituto de Ecología.
- Chobanoglous, G. (1993). Gestión Integral de los residuos Sólidos. Madrid: España.
- CIMMYT, C. I. (1988). La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. (E. c. revisada, Ed.) México, DF: CIMMYT.
- Elena R., D. Z. (2008). Efecto de la humedad, temperatura y pH del suelo en la Actividad microbiana a nivel de laboratorio. Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v7n1-2/a15v7n1-2.pdf>
- Escobar, F. (2012). Evaluación del proceso de compostaje con diferentes tipos de mezclas basadas en la relación C/N y la adición de preparados biodinámicos en la Granja Modelo Pairumani.

- FlordeTierra. (2019). Porducto comercial Flor de tierra (Sólidos y activados). Guatemala.
- Flores, D. (2001). Guía Práctica No. 2. Para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos. Quito, Ecuador.
- FUNDASES. (2009). Microorganismos Eficientes EM. Recuperado el 15 de Abril de 2019, de Fundación de Asesorías EMRO, Japón.: <https://www.emrojapan.com/>
- Intagri. (2020). El cobre en la nutrición vegetal. México
- Laich, F. (2011). El papel de los microorganismos en el proceso de compostaje. Jornada Técnica: Fertilidad y Calidad del Suelo. España.
- Martin, A. (1980). Introducción a la microbiología del suelo. Mexico: AGT.
- Mejía, A. (2017). Plan de manejo integral de los residuos sólidos orgánicos en el mercado La Parroquia, Ciudad de Guatemala. Tesis de grado. Licenciatura en Ciencias Ambientales con énfasis en Gestión Ambiental. Guatemala.
- Mejía, R. N. (2018). Sistematización del Manejo Integrado de Residuos Sólidos del municipio de San Marcos –CONVENIO MANCUERNA- Municipalidad de San Marcos. Quetzaltenango, Guatemala.
- MIRS-MANCUERNA. (17 de Junio de 2014). Boletín Manejo Integrado de Residuos Sólidos MIRS- MANCUERNA. La Contaminación Ambiental, un problema que debemos enfrentar. San Marcos, Guatemala.
- Montenegro, R. (2004). Impacto Ambiental y remediación de vertederos de basura. Ecología política de la basura, 221. Argentina.
- Moreno, C. &. (2007). Compostaje. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Pascual-S, R., & Yuste, S. V. (2007). La materia orgánica del suelo. Papel de los microorganismos. Madrid, España.
- Plaster, E. J. (1999). La ciencia del suelo y su manejo. España: Paraninfo.

Profert. (2019). Producto comercial BIOTERRER. Guatemala.

Ramírez, J. G. (2012). Innovaciones agroecológicas para una producción agropecuaria sostenible. San José, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

Rivera, N. L. (2009). Propuesta de un programa para el manejo de los residuos sólidos en la plaza de Mercado de Cerete – Córdoba. Tesis Maestría. Maestría en Gestión Ambiental. Pontificia Universidad Javeriana., 119 p. Colombia, Colombia.

Román, P., Martínez, M. M., & Pantoja, A. (2013). MANUAL DEL COMPOSTAJE DEL AGRICULTOR, Experiencias en América Latina. Santiago de Chile, Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO

Cómo citar este artículo:

Cardona Gómez, C. A. (2022). Residuos sólidos orgánicos: Alternativas para su descomposición en la planta de tratamiento de residuos sólidos del municipio de San Marcos. *Revista de Investigación Proyección Científica*, 4(1), 29-39. <https://doi.org/10.56785/ripic.v4i1.20>



Copyright © 2022 Ceidy Alejandra Cardona Gómez. Este texto está protegido por una licencia Creative Commons 4.0. Usted es libre para compartir y adaptar el documento para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios.

Resumen de licencia - Texto completo de la licencia