

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

**Efecto de la dosis de Microorganismos de Montaña en el proceso
de compostaje de residuos sólidos orgánicos**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Alexandra Edith Tuanama Robalino

Asesor:

Ing. Jessica Quipas Pezo

Tarapoto, octubre del 2021

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TESIS

Ing. Jessica Quipas Pezo, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **"EFECTO DE LA DOSIS DE MICROORGANISMOS DE MONTAÑA EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE DE RESIDUOS SÓLIDOS ORRGÁNICOS"** constituye la memoria que presenta la Bachiller Alexandra Edith Tuanama Robalino para obtener el título Profesional de Ingeniero Ambiental, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Morales, a los 14 días del mes de octubre del año 2021



Jessica Quipas Pezo

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En San Martín, Tarapoto, Morales, a 14 día(s) del mes de octubre del año 20 21, siendo las 10:30 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Tarapoto, bajo la dirección del (de la) presidente(a): Ing. Juana Eliazabeth Vásquez Vásquez, el (la) secretario(a): Mtra. Kätterin Jina Luz Pinedo Gómez y los demás miembros: Mg. Erick José Quispe Mamani

y el (la) asesor(a) Ing. Jessica Quipas Pezo con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado: Efecto de la dosis de Microorganismos de Montaña en el proceso de compostaje de residuos sólidos orgánicos.

del(los) bachiller(es): a) Alexandra Edith Tuanama Robalino
b)
c)

conducente a la obtención del título profesional de:
Ingeniero Ambiental
(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller-(a): ... Alexandra Edith Tuanama Robalino

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	17	B+	Muy bueno	Sobresaliente

Bachiller -(b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado				

Bachiller -(c):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente/a



Secretario/a

Asesor/a

Miembro

Miembro

Bachiller (a)

Bachiller (b)

Bachiller (c)

(*) **Tabla de Calificación**

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	20	A+	Con nominación de Excelente	Excelencia
	19	A		
	18	A-	Con nominación de Muy Bueno	Sobresaliente
	17	B+		
	16	B	Con nominación de Bueno	Muy Bueno
	15	B-		
14	C	Con nominación de Aceptable	Bueno	
DESAPROBADO	Menos de 14	D	Con nominación de Deficiente	Insuficiente

Efecto de la dosis de Microorganismos de Montaña en el proceso de compostaje de residuos sólidos orgánicos

Alexandra Edith Tuanama Robalino*¹; Jessica Quipas Pezo¹

¹Universidad Peruana Unión, Tarapoto, Facultad de Ingeniería Ambiental. Correos electrónicos: alexandratuanama@upeu.edu.pe (A.E. Tuanama *Autor de correspondencia), jessica.quipas@upeu.edu.pe

Resumen

El hecho de plantear soluciones para ayudar a la gestión integral de residuos sólidos orgánicos, ha llevado a proponer distintos métodos de tratamiento uno de ellos es el compostaje, el cual consiste en la transformación de residuos sólidos mediante procesos biológicos, todo esto bajo condiciones controladas. Teniendo de esta manera como objetivo determinar la dosis de microorganismos de montaña en el proceso de compostaje de residuos sólidos orgánicos. Por ello se seleccionó un diseño completamente aleatorio cuya variable dependiente fue la dosis de microorganismos de montaña (0, 250, 500, 1000 mL de MM; en 10 L de solución acuosa) y tres repeticiones. Así mismo se monitorearon parámetros de campo pH, T° y humedad por un periodo de 45 días. Obteniendo como resultado que la relación C/N, materia orgánica y cromo se encuentran dentro de los límites establecidos por la norma, sin embargo, el parámetro de fósforo y potasio exceden el rango establecido. Concluyendo de esta manera que los T2 y T3 fueron óptimos, pero el T2 (500 mL de MM activado por 10L de agua) es el que se debe utilizar como dosis óptima para la obtención del compost orgánico.

Palabras clave: Microorganismos de montaña, residuos sólidos, tecnologías renovables.

Abstract

The fact of proposing solutions to help the integral management of organic solid waste has led to the proposal of different treatment methods, one of them is composting, which consists of the transformation of solid waste through biological processes, all this under controlled conditions. Having in this way the objective of determining the dose of mountain microorganisms in the organic solid waste composting process. For this reason, a completely randomized design was selected whose dependent variable was the dose of mountain microorganisms (0, 250, 500, 1000 mL of MM; in 10 L of aqueous solution) and three repetitions. Likewise, field parameters pH, T° and humidity were monitored for a period of 45 days. Obtaining as a result that the C / N ratio, organic matter and chromium are within the limits established by the standard, however, the phosphorus and potassium parameters exceed the established range. Concluding in this way that the T2 and T3 were optimal, but the T2 (500 mL of activated MM per 10L of water) is the one that should be used as the optimal dose to obtain organic compost.

Keywords: Mountain microorganisms, solid waste, renewable technologies.

Introducción

Los residuos sólidos orgánicos son los materiales de desechos de carácter heterogéneo. Las cuales son generadas por actividades antrópicas es decir propias de la población, por ende estos residuos tienen que ser recolectados, tener un tratamiento o darle un valor agregado

(Ramos, Daza, Guillen, Amaro, y Santana, 2019). Por ello, la gestión de los residuos sólidos municipales tiene como finalidad el mejoramiento de la calidad de vida de la población así como del ambiente, esto llevándose a cabo en conjunto con distintas actividades cada una de ellas encaminadas a la reducción de residuos y aprovechamiento de la materia (Torres, Gonzáles, y Torres, 2017).

Tal que existen distintas alternativas para poder solucionar el problema de los residuos sólidos, por ello las municipalidades recurren a programas como el de "segregación en la fuente", esto para minimizar la creación de botaderos a cielo abierto; el cual viene afectando el medio ambiente y a la vez la salud pública. Así mismo hay diversos métodos de convertir dichos residuos orgánicos en materiales reutilizables entre estas formas se considera: la alimentación animal, lombricultura, biocombustible y compostaje (Moreto y Delgado, 2019). Del mismo modo las actividades para reaprovechar los residuos, tienen una finalidad de recuperar su valor, esto a través de la recuperación y el reciclado así como la reutilización de los materiales para ser usados en la producción de energía (Baldemar et al., 2017). Por otro lado, la tecnología de microorganismos de montaña se fue convirtiendo en una herramienta biotecnológica la cual es utilizada como catalizador para degradar los compuestos orgánicos, como los que contienen los residuos sólidos (Ocaña, Rebellon, y Lozada, 2017). Y es de esta manera que el compostaje se convierte en un método que permite la transformación de estos residuos, debido que permite el aprovechamiento del producto final. Por lo tanto, el proceso tiene una duración variable, estos dependen de la calidad de los residuos, el tamaño de partícula, disposición de la pila, aireación, humedad y población biológica activa (Céspedes, Lorio, Newcomer, Masters, y Kinyua, 2018).

Materiales y métodos

Métodos

La investigación se desarrolló en el jirón Almendra S/N, con coordenadas UTM 352859 E y 9282315 N; ubicada en el distrito La Banda de Shilcayo; quien forma parte de los catorce distritos de la Provincia de San Martín. El distrito de La Banda de Shilcayo se encuentra a 1 km de la capital de su provincia. Contando con una elevación de 350 metros sobre el nivel del mar (ver figura 1). Para el desarrollo de esta investigación se seleccionó un diseño completamente aleatorio (Sampieri, Fernández, y Baptista, 2014). Se muestran tres tratamientos y un control, con tres repeticiones (Ver figura 2) las características del área fueron de forma rectangular con las siguientes dimensiones: Altura de pila: 0.300m, ancho de pila: 0.825m, longitud de la pila: 1.245m, volumen de los residuos sólidos: 0.3081 m³; donde cada pila tuvo 154 kg el cual fue la cantidad de residuos sólidos orgánicos. Así mismo el estudio se llevó a cabo durante 45 días

Procedimiento de la Investigación

Para la activación de los Microorganismos de Montaña: En un balde de 20 litros, se procedió a mezclar 1kg. de melaza de caña de azúcar con 1 litro de microorganismos de montaña en 18 litros de agua si cloro, después se cubrió herméticamente para el proceso de fermentación por un periodo de 7 días, transcurrido este periodo se libera el gas que se formó, se observó que en la superficie del preparado se presentó una "nata" y un olor agrídulce siendo indicadores de que los Microorganismos de montaña están activados.

Así mismo se realizó la recolección de los residuos orgánicos, estos fueron provenientes del sector San Juan quienes participan del programa "Segregación en la Fuente" de la Municipalidad Distrital La Banda de Shilcayo, para ello se hizo entrega de un balde de 20 litros. Posteriormente a ello se pasó recoger los residuos de cada una de las viviendas durante dos días que fueron miércoles y sábado, la recolección se dio en conjunto con el apoyo del equipo técnico del Área de Segregación. Esto para el transporte de los residuos

sólidos orgánicos, hasta la Planta de Valorización de Residuos Sólidos orgánicos de la Municipalidad Distrital de la Banda de Shilcayo.

Para luego realizar la Trituración Manual del compostaje, en tal sentido se inició con el pesaje de la materia prima, para luego pasar a la etapa de trituración. El cual se realizó de manera manual, utilizando herramientas manuales como machetes y palanas. La etapa de trituración de residuos se llevó a cabo en el área destinada para los ensayos, para ello se procesó los residuos sólidos orgánicos, como restos de frutas y verduras, cáscaras de plátano, naranja, etc. La trituración se dio por tipo de residuo, después se realizó una mezcla homogénea para luego colocarlos en sus respectivos lugares, todo esto debidamente identificado con sus códigos.

Una vez hecho los procesos anteriores se procedió a la dosificación de los microorganismos de montaña que fueron de 250, 500 y 1000 ml. Lo siguiente fue la medición de los parámetros pH, temperatura y humedad el cual se realizó al inicio del ensayo y después cada tres días hasta completar la fecha estimada del tratamiento. Para medir el parámetro de humedad se empleó el método del puño, este consistió en tomar una muestra de compost en la mano y empuñarlo fuertemente, donde sí se observaba un hilo de agua, se consideró que estaba en un 40% de humedad, por otra parte si se veía que el hilo que se obtenía se presentaba de una forma intermitente, entonces la humedad estaba cerca al 30%, por lo tanto si no presentaba gotas al momento de abrir la mano y el material permanecía moldeado, su humedad se encontraba entre un 20% a 30%; finalmente si al abrir la mano el material se desintegraba la humedad era menor a un 20%. Así mismo para la toma de pH se procedió a tomar una muestra aleatoria, de 10 gramos de compost en 50 ml de agua destilada, luego se mezcló y agito por 10 minutos hasta integrar todo el material, para finalmente realizar la medición de los valores con el pH-metro. Debido a su relación directa con el proceso de fermentación, la medición de temperatura se registró a partir del tercer día de la instalación de las pilas de compostaje, empleándose un termómetro ambiental. La medición se realizó en dos puntos de la pila y se registró el promedio de ellas. La aireación de las pilas fueron cada 5 días, haciendo un total de 9 volteos. Asimismo, los riegos de las pilas fueron consideradas con la finalidad de obtener una adecuada humedad en cada pila, sin embargo, esto dependía de la materia orgánica para ello se consideró utilizar 10 litros de agua. Por último, los análisis de los parámetros Relación C/N, nitrógeno, materia orgánica, máxima retención de humedad, fosforo, potasio y cromo, fueron enviados al Laboratorio de la Universidad Nacional Agraria la Molina para su respectivo procesamiento.

Resultados

Parámetros de control del compostaje

La (tabla 1) muestra las variables temperatura, pH y humedad; las cuales se midieron para controlar el proceso de compostaje. Para todos los tratamientos, la temperatura varió entre 45.05°C y 57.60°C, el pH entre 6.40 y 7.27 y la humedad entre 41.14y 47.50. Estos valores garantizan que el proceso de compostaje se haya desarrollado adecuadamente.

Eficiencia de MM en la calidad del compost

La (tabla 2) muestra el análisis de varianza del contenido de fósforo del compost de residuos sólidos orgánicos, obtenido mediante la aplicación de tres dosis de MM. No se encontró diferencia significativa entre los tratamientos, ya que el p-valor fue 0.385. Aunque, al obtener la media del contenido de fósforo, se encontró un mayor valor con la dosis de 500 mL de MM (figura 3), siendo su porcentaje de 1.71%.

Asimismo, la (tabla 3) presenta el análisis de varianza de la cantidad de potasio que contiene el compost de residuos sólidos orgánicos, con tres dosis de MM. Se encontró un p-valor de 0.106, es decir no existe diferencia significativa entre los tratamientos. En el gráfico de

medias (figura 4), se observa un mayor contenido de potasio con la dosis de 1000 mL de MM, con un valor de 4.72%.

Por otro lado, la (tabla 4) muestra el análisis de varianza del contenido de materia orgánica del compost de residuos sólidos orgánicos. Se obtuvo un p-valor de 0.909, es decir no hay diferencia estadística entre los tratamientos. Del gráfico de medias (figura 5), se observa que el mayor contenido de materia orgánica del compost, se obtuvo con la dosis de 500 mL de MM, siendo este valor de 52.10%.

Asimismo, la (tabla 5) presenta un análisis de varianza de la relación C/N del compost. Donde se obtuvo un p-valor de 0.758, es decir no existe diferencia significativa entre los tratamientos. Al realizar el gráfico de medias (figura 6), se obtuvo un mayor contenido de C/N con la dosis de 250 mL de MM, siendo este un valor de 14.82%.

La (tabla 6) muestra el análisis de varianza del contenido de cromo del compost. Se obtuvo un p-valor de 0.325, es decir no existe diferencia significativa entre los tratamientos. Del gráfico de medias (figura 7) se encontró un menor contenido de cromo en el compost con la dosis de 500 mL MM, siendo este valor de 6.27 ppm.

Análisis de la calidad del compost

La (tabla 7) muestra la comparación de la composición química del compost con la normativa chilena Nch2880. Se observa que, con todas las dosis de MM, se obtuvo compost que cumplen los parámetros de materia orgánica, relación C/N y cromo. Con respecto al contenido de fósforo, este fue mayor que el padrón establecido en la norma, para todas las dosis de MM.

Discusión

El propósito del estudio fue evaluar el efecto de la dosis de microorganismos de montaña en el proceso del compostaje de residuos sólidos orgánicos. Para ello se realizaron diferentes tratamientos a si mismo se evaluaron parámetros de campo (pH, T°, humedad) y de laboratorio. Así como se menciona en la Tabla 1 donde se muestra a los parámetros de control, en la cual la temperatura tuvo una variación entre 45.05°C y 57.60°C, el pH entre 6.40 y 7.27 y la humedad entre 41.14 y 47.50. Estos valores garantizaron que el proceso de compostaje se haya desarrollado adecuadamente. Y para corroborar estos datos (Food and Agriculture Organization, 2013) menciona en su manual el rango óptimo para temperatura, el cual debe estar a 45°C- temperatura ambiente, lo mismo para el pH debe estar en un rango de 6,5 - 8,5; y la humedad entre el 30% - 40%.

Por otro lado, la Tabla 2 hace mención sobre la eficiencia del MM en el compost, en el contenido de fósforo obtenido mediante la aplicación de tres dosis de MM. Donde se encontró un mayor valor con la dosis de 500 mL de MM, siendo su porcentaje de 1.71%. De tal modo la Tabla 3 muestra el contenido de potasio encontrado en el compost, aplicando la dosis de MM, se observa que hay un mayor contenido de este en la dosis de 1000 mL de MM, con un valor de 4.72%. Sin embargo (Che Jusoh, Abd Manaf, y Abdul Latiff, 2013) menciona que el contenido de fósforo y potasio tienen una diferencia significativa aplicando dosis de EM en el proceso de compostaje.

Posteriormente la Tabla 4 muestra el análisis del contenido de materia orgánica, donde el mayor contenido de materia orgánica del compost, se obtuvo con la dosis de 500 mL de MM, siendo este valor de 52.10%. En tal sentido (Leow et al., 2018) hace mención que el tratamiento con bacterias para transformar residuos sólidos orgánicos tiene resultados muy considerables, así mismo se refiere a la materia orgánica como un parámetro para mejorar el tratamiento del residuo.

Asimismo, en la Tabla 5 se hace mención a la relación C/N del compost, donde la dosis de 250 mL de MM, presenta un valor de 14.82%. De tal modo (Fan et al., 2017) hace mención

que la relación C/N debe estar en un rango <14, corroborando de esta manera los valores obtenidos en la investigación, el cual se encuentra dentro del rango óptimo para el compost. La Tabla 6 hace referencia al contenido de cromo en el compost, el cual se encontró un bajo contenido en la dosis de 500 mL MM, siendo este valor de 6.27 ppm. Sin embargo (Morocho y Mora, 2019) hacen referencia al uso del EM como el tipo de microorganismos que disminuye este tipo de metal pesado, ya que desde el punto de vista fisiológico se ha determinado que los ME incrementan la capacidad fotosintética y la calidad del abono orgánico. Finalmente, la Tabla 7 muestra el análisis de la calidad del compost, en comparación con la normativa chilena, donde se observa que todas las dosis de MM, se obtuvo un compost el cual cumple con los parámetros de materia orgánica, relación C/N y cromo, sin embargo, el contenido de fósforo no cumple con lo establecido en la norma. No obstante, el comportamiento microbiano según (Rastogi, Nandal, y Khosla, 2020) resulta una tecnología vital por ello la importancia de mantener estos parámetros dentro de un rango óptimo, para tener un compost de calidad.

Conclusiones

- Se evaluó los parámetros de campo pH, temperatura y humedad en el proceso de compostaje de residuos sólidos orgánicos
- Se determinó la calidad de compost con respecto al nutriente de potasio 4.72%, fósforo 1.71%, cromo 6.27 ppm, materia orgánica 52.10 %, y relación C/N 14.82.
- Se comparó los resultados con la norma chilena de calidad de compost los parámetros materia orgánica, relación C/N y cromo cumplen con el padrón establecido en la norma, en cambio el parámetro de fósforo y potasio excede lo establecido por la normativa. Concluyéndose de esta manera que los tratamientos óptimos fueron el tratamiento 2 y tratamiento 3, sin embargo, el tratamiento 2, utilizó una concentración menor de MM (500 mL de MM activado por 10L de agua) que en el tratamiento 3. Por lo tanto, el tratamiento 2 es el que se debe utilizar como dosis óptima para la obtención del compost orgánico de clase A.

Referencias bibliográficas

Baldemar, O., Sánchez, R., Ordaz, V., López, U., Estrada, M., & Pérez, M. (2017). Uso de compostas para mejorar la fertilidad de un suelo Luvisol de ladera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(6), 1273. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i6.293>

Céspedes, F. C., Lorio, L. U., Newcomer, Q., Masters, K., & Kinyua, M. (2018). 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.v10i2.2163>

Che Jusoh, M. L., Abd Manaf, L., & Abdul Latiff, P. (2013). Composting of rice straw with effective microorganisms (EM) and its influence on compost quality. *Iranian Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 10(17), 1–9. <https://doi.org/10.1186/1735-2746-10-17>

Fan, Y. Van, Lee, C. T., Klemeš, J. J., Chua, L. S., Sarmidi, M. R., & Leow, C. W. (2017). Evaluation of Effective Microorganisms on Home Scale Organic Waste Composting. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479717303602>

Food and Agriculture Organization. (2013). Manual de compostaje del agricultor (P. Román & M. M. M. A. Pantoja, Eds.). Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>

Leow, C. W., Van Fan, Y., Chua, L. S., Muhamad, I. I., Klemes, J. J., & Lee, C. T. (2018). A review on application of microorganisms for organic waste management. *Chemical Engineering Transactions*, 63, 85–90. <https://doi.org/10.3303/CET1863015>

Moreto, N. A. M., & Delgado, J. S. (2019). Compostaje de residuos sólidos orgánicos utilizando microorganismos eficientes en el distrito de Cacatachi (Universidad Peruana Unión). Recuperado de https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/1777/Areli_Tesis_Licenciatura_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Morocho, M. T., & Mora, M. L. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, 46(2), 93–103. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v46n2/0253-5785-cag-46-02-93.pdf>

Ocaña, E. R. O., Rebellon, L. F. M., & Lozada, P. T. (2017). Avances en investigación sobre el compostaje de biorresiduos en municipios menores de países en desarrollo. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 18(1), 31–42. <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2017.18n1.003>

Ramos, C. G., Daza, N. A., Guillen, M. H., Amaro, J. P., & Santana, D. (2019). Obtención de compost mediante la biotransformación de residuos de mercados agropecuarios. *Cultivos Tropicales*, 40(2), 02. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v40n2/1819-4087-ctr-40-02-e02.pdf>

Rastogi, M., Nandal, M., & Khosla, B. (2020). Microbes as vital additives for solid waste composting. *Heliyon*, 6(2), e03343. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03343>

Sampieri, H., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metología de la investigación* (S. A. D. C. V. McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, Ed.). Recuperado de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

Torres, À. N., Gonzàles, J. T., & Torres, A. N. (2017). Gestión de residuos sólidos domiciliarios en la ciudad de Villavicencio. Una mirada desde los grupos de interés: Empresa, Estado y Comunidad. *Laguna Azul*, (44), 177–187. <https://doi.org/10.17151/luaz.2017.44.11>

Tabla 1. Variables de control del proceso de compostaje

Parámetro	Estadístico	Control			250 mL			500 mL			1000 mL		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Temperatura	Medias	45.05	45.85	50.74	48.56	53.04	52.21	57.60	53.17	51.50	54.27	53.84	54.23
		8.20	5.88	8.76	5.39	10.84	10.97	6.88	10.83	10.01	10.39	10.91	10.43
pH	Medias	7.27	6.80	6.79	7.21	7.08	6.40	7.14	6.40	6.84	6.95	6.52	6.67
		0.71	1.11	1.12	0.95	1.15	1.48	1.25	1.63	1.33	0.98	1.39	1.44
Humedad	Medias	45.45	45.45	47.50	45.00	45.91	44.55	46.82	47.05	44.73	46.82	44.09	41.14
		6.71	9.63	7.03	7.07	8.68	11.54	7.95	6.11	9.37	7.95	11.30	10.34

Tabla 2. Análisis de varianza del contenido de fósforo

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Entre tratamientos	0.213	3	0.071	1.156	0.385
Dentro de los tratamientos	0.492	8	0.062		
Total	0.705	11			

Tabla 3. Análisis de varianza del contenido de potasio

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Entre tratamientos	8.230	3	2.743	2.841	0.106
Dentro de los tratamientos	7.724	8	0.965		
Total	15.954	11			

Tabla 4. Análisis de varianza del contenido de materia orgánica

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Entre tratamientos	34.411	3	11.470	0.177	0.909
Dentro de los tratamientos	519.389	8	64.924		
Total	553.800	11			

Tabla 5. Análisis de varianza de la relación C/N

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Entre tratamientos	0.874	3	0.291	0.399	0.758
Dentro de los tratamientos	5.844	8	0.731		
Total	6.718	11			

Tabla 6. Análisis de varianza del contenido de cromo

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Entre tratamientos	55.985	3	18.662	1.350	0.325
Dentro de los tratamientos	110.589	8	13.824		
Total	166.574	11			

Tabla 7. Análisis de la calidad del compost

Parámetro	Tratamientos				Norma chilena
	0	250 mL	500 mL	1000 mL	
Materia orgánica	51.46	48.91	52.10	48.05	>25%
Fósforo	1.69	1.47	1.71	1.41	<0.1%
Potasio	2.80	2.85	4.13	4.72	-
C/N	14.40	14.82	14.73	14.14	10-25
Cromo	11.93	10.94	6.27	9.03	60 ppm

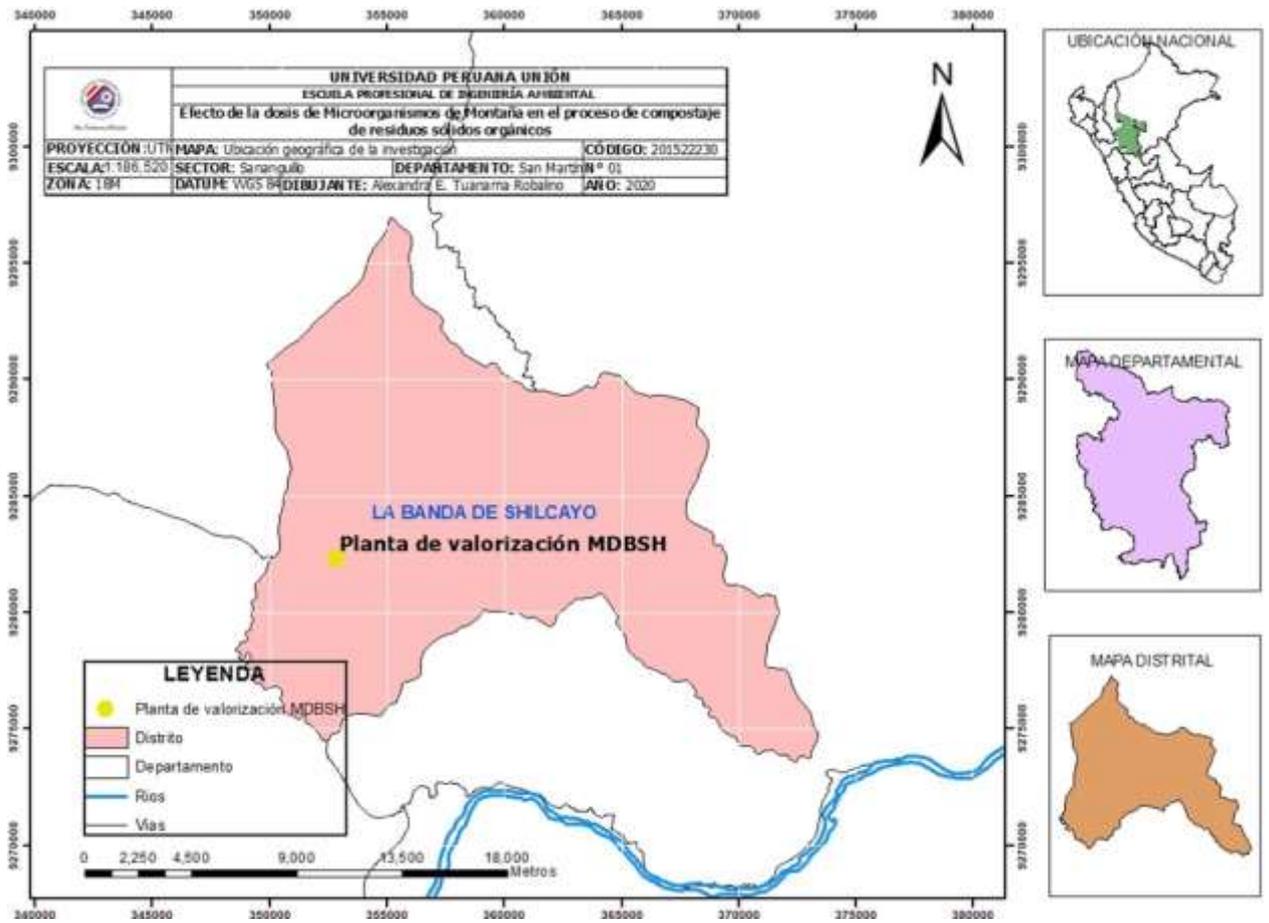


Figura 1. Mapa de Ubicación

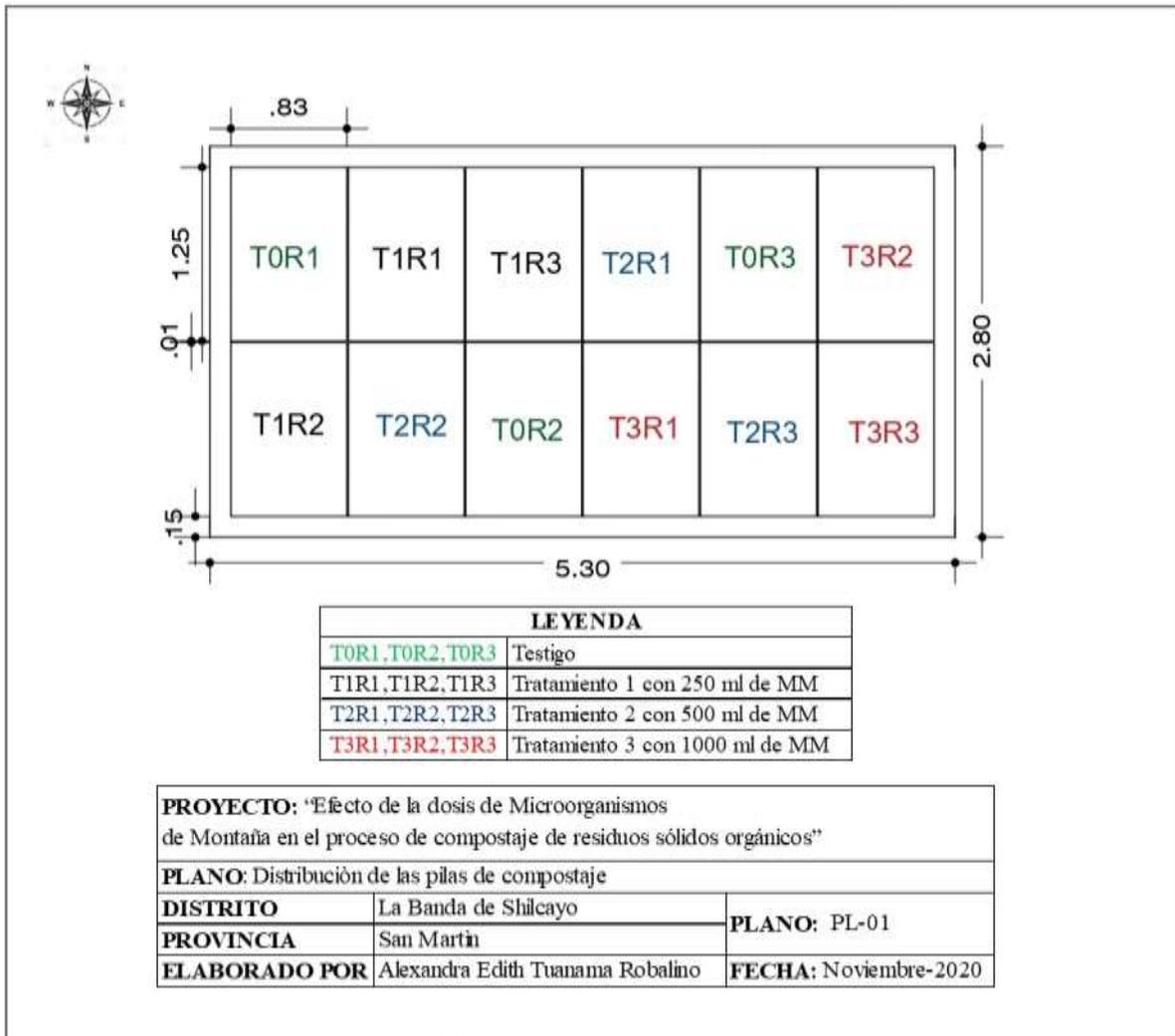


Figura 2: Distribución de las pilas de compostaje

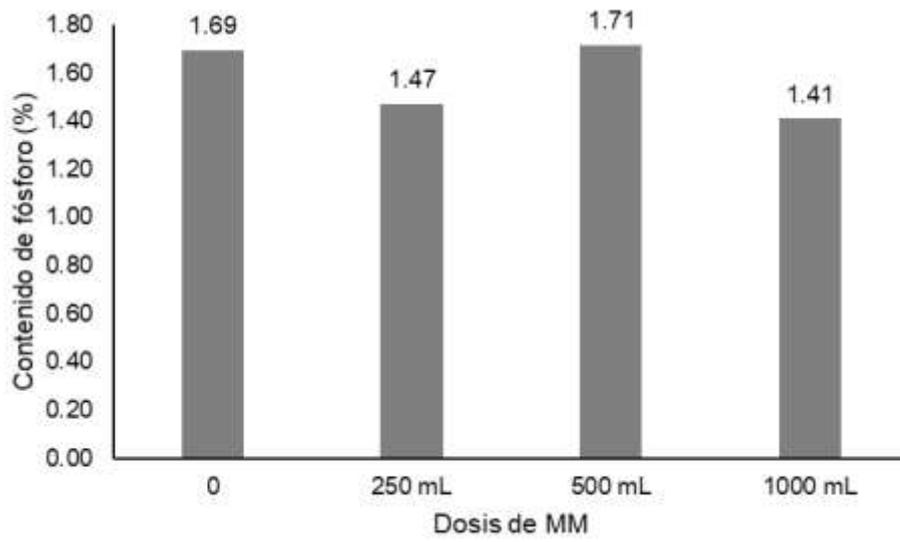


Figura 3. Gráfico de medias del contenido de fósforo

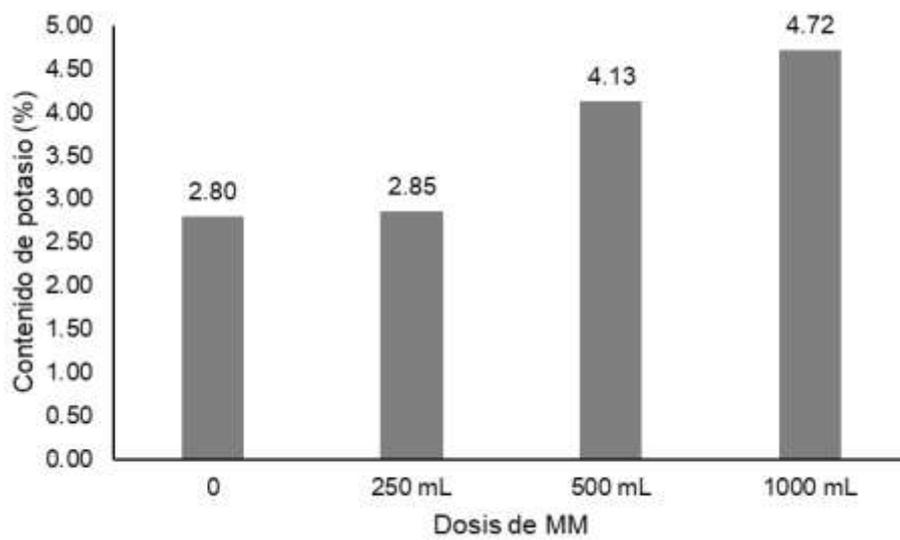


Figura 4. Gráfico de medias del contenido de potasio

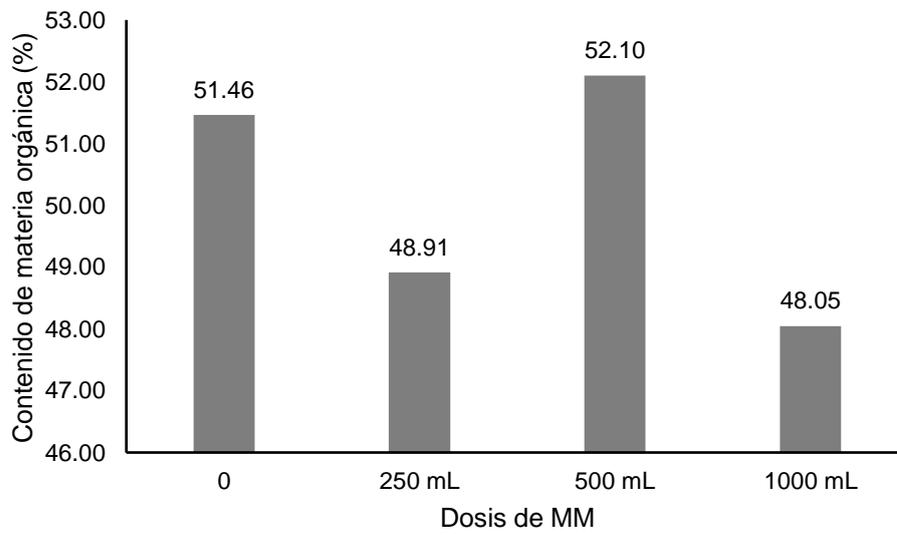


Figura 5. Gráfico de medias del contenido de materia orgánica

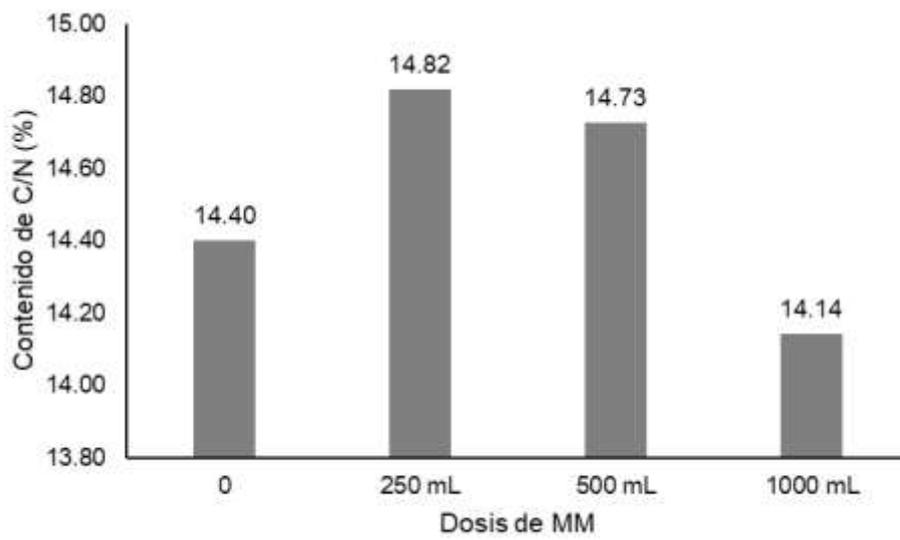


Figura 6. Gráfico de medias de la relación C/N

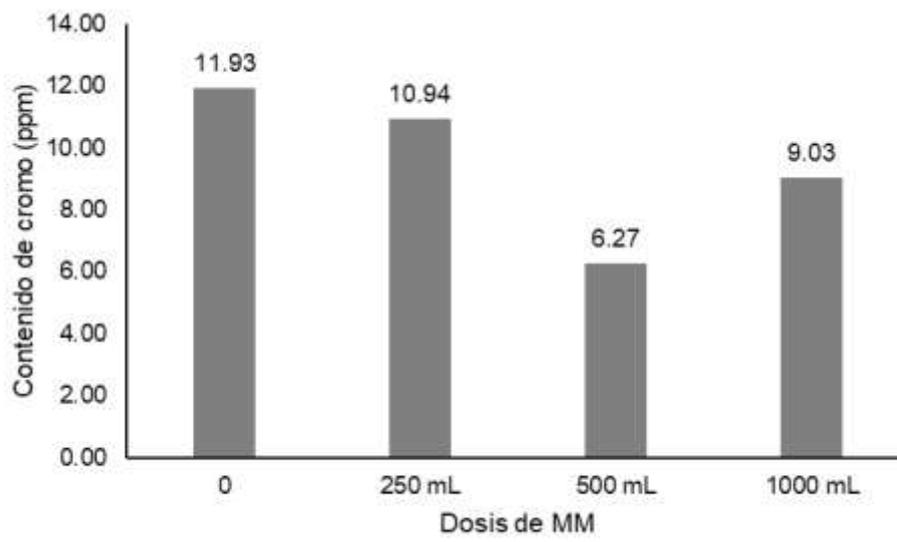


Figura 7. Gráfico de medias del contenido de cromo