



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Microorganismos eficientes como biodegradadores de residuos
sólidos orgánicos domiciliarios y del estiércol de cerdo para la
producción de abono en Carabaylo, 2019

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR:

Br. Meza Huaqui, Diego Slyt (ORCID: 0000-0002-7226-6858)

ASESOR:

Dr. Cabrera Carranza, Carlos Francisco (ORCID: 0000-0002-3404-412X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

TRATAMIENTO Y GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

LIMA - PERÚ

2019

DEDICATORIA

Dedicado a mi familia, profesores y amigos que me apoyaron y motivaron en la realización del presente proyecto.

AGRADECIMIENTO

Al docente asesor Dr. Carlos Cabrera por su tiempo y seguimiento en el desarrollo de este producto académico.

A mis familiares por su constante colaboración y a mi amigo el Ing. Alex Maque por su apoyo.

A la comunidad C.P. Osoynik que nos brindó su apoyo para la ejecución del proyecto.

PÁGINA DEL JURADO

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE TESIS	Código : F07-PP-PR-02.02
		Versión : 10
		Fecha : 10-06-2019
		Página : 1 de 1

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don(a)

MEZA HUAQUI DIEGO SLYT.

(Apellidos, Nombres)

Cuyo título es:

"Microorganismos eficientes como biodegradadores de residuos sólidos orgánicos domiciliarios y del estiércol de cerdo para la producción de abono en Carabayllo, 2019."

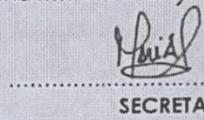
Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de:

16 (número) Dieciseis (letras).

Lugar y fecha 8/7/19

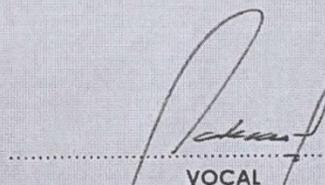

.....
PRESIDENTE

D.R. JAVIER NAICAYO JORGE LEONARDO
(Grado Apellidos, Nombre)


.....
SECRETARIO

M.C. Alicia Martínez Marín
(Grado Apellidos, Nombre)




.....
VOCAL
D. CAROLINA COBARRERA
(Grado Apellidos, Nombre)

NOTA: En el caso de que haya nuevas observaciones en el informe, el estudiante debe levantar las observaciones para dar el pase a Resolución.

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

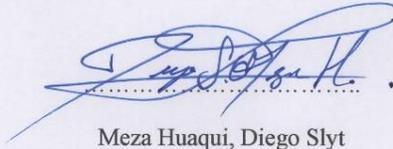
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Diego Slyt Meza Huaqui, con DNI N° 72632451, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela académica profesional de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda documentación es auténtica y veraz.

Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento y omisión de los documentos como de información aportada por la cual me someto a lo dispuesto en la norma académica de la Universidad César Vallejo.

Lima, 08 de julio del 2019



Meza Huaqui, Diego Slyt

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
PÁGINA DEL JURADO	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	v
ÍNDICE.....	vi
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
I. INTRODUCCIÓN	3
1.1. Realidad Problemática	3
1.2. Trabajos previos.....	5
1.3. Teorías relacionadas al tema	10
1.4. Formulación del problema	28
1.5. Justificación del estudio	28
1.6. Hipótesis.....	29
1.7. Objetivos	30
II. MÉTODO.....	31
2.1. Diseño de investigación	31
2.2. Variables, Operacionalización	32
2.3. Población y muestra	36
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	39
2.5. Métodos de análisis de datos.....	52
2.6. Aspectos éticos.....	52
III. RESULTADOS.....	54
IV. DISCUSIÓN	83

V. CONCLUSIONES	86
VI. RECOMENDACIONES.....	87
VII. REFERENCIAS.....	88
VIII. ANEXOS.....	92
Anexo 1: Ficha de monitoreo del proceso de compostaje.....	92
Anexo 2: Ficha de monitoreo del proceso de compostaje.....	93
Anexo 3: Validación por criterio de expertos	94
Anexo 4: Validación por criterio de expertos	95
Anexo 5: Validación por criterio de expertos	96
Anexo 6: Resultados de los tratamientos en la fase termófila final	97
Anexo 7: Resultados de los tratamientos en la fase enfriamiento	98
Anexo 8: Resultados de los tratamientos en la fase de maduración	99
Anexo 9: Fichas de campo completadas (P-1).....	100
Anexo 10: Fichas de campo completadas (P-2).....	100
Anexo 11: Fichas de campo completadas (P-3).....	101
Anexo 12: Fichas de campo completadas (P-4).....	101
Anexo 13: Fichas de campo completadas (P-1).....	102
Anexo 14: Fichas de campo completadas (P-2).....	102
Anexo 15: Fichas de campo completadas (P-3).....	103
Anexo 16: Fichas de campo completadas (P-4).....	103

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue determinar si los microorganismos eficientes mejoran la aceleración de la biodegradación de residuos sólidos orgánicos domiciliarios y del estiércol de cerdo para la producción de abono en Carabayllo. Esta investigación fue de tipo aplicada, enfoque cuantitativo, el alcance explicativo y el diseño fue de tipo experimental y subtipo cuasiexperimental. Siendo la población todos los residuos sólidos orgánicos (domiciliarios, estiércol de cerdo y maleza) del Centro Poblado Osoynik en el distrito de Carabayllo y la muestra conformada por 88 Kg de los residuos sólidos orgánicos mencionados. Se obtuvo como resultado que la aplicación de microorganismos eficientes logra mejorar el proceso de biodegradación de los residuos sólidos orgánicos con las características de la tercera pila (P-3), el cual estuvo conformada por 12.3 Kg de residuos sólido orgánico, 4 litros de EM y 9.7 Kg de estiércol de cerdo; se logró la aceleración de este proceso a 30 días y también en la calidad del mismo.

Palabras claves: Microorganismos eficientes, biodegradación, estiércol de cerdo.

ABSTRACT

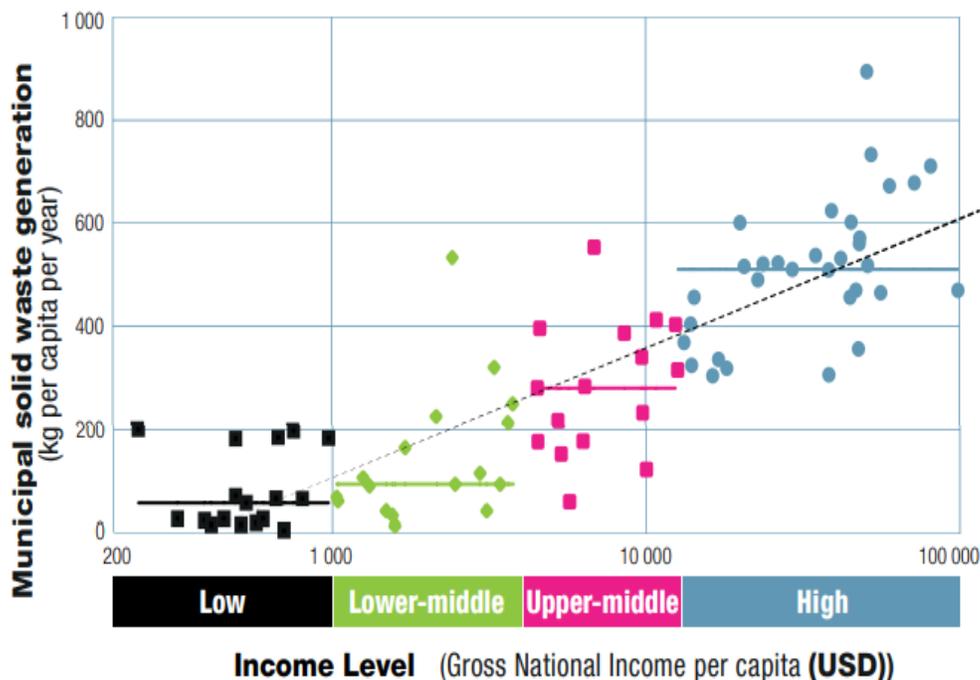
The objective of the present investigation was to determine if the efficient microorganisms improve the acceleration of the biodegradation of organic solid residues at home and of the pig manure for the production of fertilizer in Carabayllo. This investigation was of applied type, quantitative approach, the explanatory scope and the design was experimental type and quasi-experimental subtype. The population being all the organic solid residues (domiciliary, pig manure and weeds) of the Osoynik Village Center in the district of Carabayllo and the sample consisting of 88 Kg of the aforementioned organic solid waste. It was obtained as a result that the application of efficient microorganisms manages to improve the biodegradation process of organic solid waste with the characteristics of the third pile (P-3), which consisted of 12.3 kg of solid organic waste, 4 liters of EM and 9.7 Kg of pig manure; acceleration of this process was achieved at 30 days and also in the quality of it.

Keywords: Efficient micro-organisms, biodegradation, pig manure.

I. INTRODUCCIÓN

En la realidad problemática se presenta el incremento de la demografía poblacional mundial hace que se generen con mayor frecuencia residuos sólidos sin ningún tipo de tratamiento. En la actualidad, si continúa este crecimiento exponencial y por consiguiente las actividades antrópicas, se seguirán originando grandes volúmenes de residuos sólidos urbanos los cuales necesitan ser tratados para reducir la contaminación (Pisco, 2014).

Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA (2015) en su Informe Global Waste Management Outlook menciona que la inadecuada gestión de los residuos sólidos se ha identificado en un problema severo, debido a que esto puede afectar la salud, el ambiente y la economía.



Recuperado de: https://www.iswa.org/fileadmin/galleries/Publications/ISWA_Reports/GWMO_summary_web.pdf

Figura 1. Aumento de la generación de residuos sólidos per cápita con el nivel de ingresos (2015)

El cuadro muestra cómo se va incrementando la generación de residuos sólidos a medida que también se incrementan los ingresos de cada individuo, como se observa, un ingreso bajo genera entre 0 y 200 kg per cápita de residuos sólidos y por el contrario un ingreso alto genera entre 200 y 1000 kg per cápita de residuos sólidos.

En el Perú, en el departamento de Lima, la Municipalidad Metropolitana de Lima (MML) anunció que la generación de residuos sólidos domiciliarios en la provincia de Lima Metropolitana en el año 2016 registró un total de 3 millones 165 mil toneladas con un incremento del 8,2% respecto al 2015; también que, la generación per cápita es de 1,1 kg por habitante por día (INEI, 2017). Otro escenario es en el departamento de Arequipa, provincia de Arequipa y distrito de Arequipa, donde la generación de residuos sólidos per cápita domiciliario fue de 0.56 kg./hab./día. (SIGERSOL, 2015). Así, cabe indicar que la mayor cantidad de residuos sólidos que se generan provienen de la capital del Perú.

En el distrito de Carabayllo, departamento de Lima, se encuentra que la población tiene un valor de 26,10 kg/día de generación residuos domiciliarios. Dentro de la provincia de Lima este valor se encuentra dentro de los más altos en relación a la generación de residuos sólidos, superado por distritos como San Isidro el cual tiene el valor más alto de generación de residuos sólidos con 825,8 kg/día. (INEI, 2017). También, se tiene que la generación per cápita de residuos sólidos en el distrito de Carabayllo es de 0,9 kg/hab./día. Además, cabe señalar que el procedimiento posterior que se realiza a los residuos sólidos en cada distrito es diferente, pues en el distrito de Carabayllo no se le da un adecuado tratamiento ni disposición final, depositando la mayor parte a botaderos, por el contrario, sucede con el distrito de San Isidro que generó la mayor cantidad de residuos sólidos. Si no se realiza un pertinente manejo a estos residuos, generan la proliferación de enfermedades y sustancias contaminantes al ambiente.

Además, es necesario recalcar que en el distrito de Carabayllo existen numerosos criaderos de cerdos, por ende la generación del estiércol de este animal en dichos criaderos es de cantidades exorbitantes, aun cuando la población que se dedica mayormente a la labor de agricultura, estos logran utilizar este estiércol pero no se abastece a todos los terrenos de cultivo, por diversos factores, tales como la desconfianza en propiedades y nutrientes sobre el mismo y la poca demanda de este en los terrenos de cultivo. Al acumularse sin ningún tipo de tratamiento o una correcta disposición final puede incluso llegar a ser un problema para la sociedad y al ecosistema que lo rodea.

En los trabajos previos internaciones se mencionan a:

Jiang, et al. (2015), en su artículo “Inoculation with nitrogen turnover bacterial agent appropriately increasing nitrogen and promoting maturity in pig manure composting”, de la Universidad Northwest AEF, China. Cuyos objetivos fueron: Evaluar los efectos de agentes bacterianos relacionados con la captación de nitrógeno (NTB) en la madurez del compost, y explorar la dosis y tiempo de inoculación óptimo en el compost de estiércol de cerdo. Concluye que agregando 1% de agente bacteriano en el inicio del compostaje de estiércol de cerdo y paja de trigo (tratamiento 2) facilitó la degradación de carbono orgánico, redujo las emisiones de nitrógeno amoniacal ($\text{NH}_3\text{-N}$) y la pérdida de nitrógeno, esto fue efectivo para estimular la maduración del compost. Siendo una investigación de tipo aplicada, enfoque cuantitativo, el alcance explicativo y el diseño fue de tipo experimental y subtipo cuasiexperimental.

Bravo (2017) para obtener el título de Ingeniero Químico en la Universidad Central del Ecuador cuya investigación fue “Aprovechamiento de los residuos orgánicos domiciliarios para la obtención de compost utilizando microorganismos eficientes”, cuyo objetivo de investigación fue determinar el uso eficiente de los residuos orgánicos domiciliarios mediante la aplicación de microorganismos eficientes para la producción de compost de calidad. La metodología fue la siguiente, se conformó cuatro composteras en donde se añadió el 90% de los bioresiduos domiciliarios picados y con su respectivo peso, 5% de aserrín y 5% de soluciones de poblaciones de microorganismos eficientes, en las tres composteras se añadió microorganismos eficaces activados, y también microorganismos eficientes diluidos en forma de 1:10 y 1:25 respectivamente, por otro lado, para el blanco o testigo se utilizó solo 5% de agua. Finalmente, se utilizó el producto en una mezcla con tierra para el crecimiento de *Raphanus sativus*. Se concluyó que se obtuvo un rendimiento óptimo de 80,16% del segundo tratamiento (segunda compostera) debido a que la característica respecto a nutrición del compost y probado como sustrato se reconoce en los criterios del TULSMA. Siendo una investigación de tipo aplicada, enfoque cuantitativo, el alcance explicativo y el diseño fue de tipo experimental y subtipo cuasiexperimental.

Camacho (2014), en su artículo “Potencial de algunos microorganismos en el compostaje de residuos sólidos”, del Instituto Nacional Politécnico de México. Cuyo objetivo

de la investigación fue analizar los organismos microbianos que cuenten con potencial para que en el tratamiento de compostaje puedan ser usados. De 5 compostas se extrajeron 17 aislados; a través de morfología microscópica y colonial se identificaron a los hongos y por amplificación a las actinobacterias. A estos, variando las condiciones de pH y temperatura se les hizo pruebas de crecimiento, además de comparación de hidrólisis de celulosa y pectina a través de pruebas cuantitativas y cualitativas. Presentó las siguientes principales conclusiones:

- La comunidad bacteriana utilizada tuvo una temperatura máxima de crecimiento de 55°C.
- En relación al pH de crecimiento tuvo un rango de 7 a 8.5 para el caso de las bacterias y en los hongos con un rango de 5.5 a 8.5.
- Con respecto a la relación C/N en el caso de sustrato estéril y no estéril se obtuvo 7.99 y 6.44 respectivamente.
- La eficiencia de compostaje del grupo de los organismos microbianos aislados y analizados fue de carácter positivo, lo que recomienda que estos pueden ser usados en la transformación de compostaje para su aceleración.

Siendo una investigación de tipo aplicada, enfoque cuantitativo, el alcance explicativo y el diseño fue de tipo experimental y subtipo cuasiexperimental.

Medina, et al. (2017), en su artículo “Generación de un inoculante acelerador del compostaje”, de la Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México. Concluye que la formación de CO₂ en los casos T2 (paja de trigo + estiércol de ovino + inóculo de 23 días) y T5 (paja de trigo + estiércol de ovino + inóculo de 38 días) mostraron diferencias significativas respecto de los demás tratamientos:

Parámetros del segundo tratamiento:

- Porcentaje de materia orgánica (% MO): 34,09
- Porcentaje de nitrógeno total (% N total): 3,21
- Porcentaje de carbono orgánico total (% C orgánico total): 18,94

- Relación carbono-nitrógeno (C:N): 5,93
- Conductividad eléctrica (CE): 8,44 dS/m
- potencial de hidrógeno (pH): 9,42
- Producción de CO₂: 26,03 mg

Lo que evidencia que los microorganismos de estos tratamientos aceleraron la dinámica del proceso de compostaje. Siendo una investigación de tipo aplicada, enfoque cuantitativo, el alcance explicativo y el diseño fue de tipo experimental y subtipo cuasiexperimental.

Arrigoni, et al. (2018), en su artículo “Inside the small-scale composting of kitchen and garden wastes: Thermal performance and stratification effect in vertical compost bins”, de la Universidad Nacional de Río Negro, Argentina. Concluye que los resultados indican que el compostaje a pequeña escala (tasa de generación promedio de 7 kg/día) es viable bajo condiciones climáticas frías, ya que las temperaturas de higienización termófilas (> 55 °C) se mantuvieron durante 3 días consecutivos en la mayoría de la masa de compostaje, además de que la transformación diferencial de materia orgánica parece no estar necesariamente asociado al orden de incorporación de los lotes de desechos en una línea de tiempo, sugiere la necesidad de discutir nuevas formas de estudiar el proceso de compostaje en contenedores de compost a pequeña escala. Siendo una investigación de tipo aplicada, enfoque cuantitativo, el alcance explicativo y el diseño fue de tipo experimental y subtipo cuasiexperimental.

Como trabajos previos nacionales se mencionan a:

Lescano (2015) para obtener el título de Ingeniero Agrónomo en la Universidad Nacional de Trujillo cuya investigación fue “Efecto de tres aceleradores de degradación en el tiempo de compostaje utilizando residuos sólidos orgánicos urbanos en Huanchaco, Trujillo”, cuyo objetivo fue estimular la transformación de los residuos sólidos urbanos orgánicos por el compostaje, por ello se inocularon tres estimuladores de degradación, aplicando en las mezclas de material conformado por residuos vegetales, residuos sólidos orgánicos urbanos y estiércol de ganado vacuno cada uno de los tratamientos. Concluye que

los microorganismos estimuladores rindieron efectivamente para acelerar el proceso de compostaje, al reducir los periodos de tiempo de compostaje entre 16 a 22 % del tiempo total. Siendo una investigación de tipo aplicada, enfoque cuantitativo, el alcance explicativo y el diseño fue de tipo experimental y subtipo cuasiexperimental.

Damián (2018) para obtener el título de Ingeniero Ambiental en la Universidad César Vallejo cuya investigación fue “Aplicación de tres tratamientos aceleradores para la elaboración de compost de residuos del Mercado Los Cedros, Distrito de Chorrillos”, cuyo objetivo fue analizar la calidad que se obtuvo en la producción de compost de residuos sólidos orgánicos del mercado mencionado por la utilización de los tres tratamientos que los aceleraron. Primero, para obtener la muestra se identificó los puestos del mercado los cedros, luego se procedió con la caracterización de los residuos después de las actividades del mercado. Después, se formaron tres procedimientos y un testigo, en este no se usó fuentes aceleradoras. Para el primer procedimiento se usó levadura; para el segundo, bacterias de lactobacillus; y en el tercer, estiércol de cuy. (Tratamiento (T) 1: residuo orgánico (RO), aserrín (A) y levaduras, T2: RO, A y lactobacillus, T3: RO, A, estiércol de cuy). Luego del proceso, se halló los parámetros físico-químicos, tales como conductividad, materia orgánica, humedad, pH y de nutrientes como fosforo, potasio, nitrógeno, y también otros nutrientes menores. Se concluyó que el tratamiento más relevante para la producción de compost de calidad es el tercer tratamiento. Siendo una investigación de tipo aplicada, enfoque cuantitativo, el alcance explicativo y el diseño fue de tipo experimental y subtipo cuasiexperimental.

Cieza (2017) para obtener el título de Ingeniero Ambiental en la Universidad César Vallejo cuya investigación fue “Aplicación de bacterias ácido lácticas para acelerar la descomposición de residuos sólidos orgánicos domiciliarios en el centro de compostaje Yencala Boggiano – Lambayeque”, cuyo objetivo fue reducir el periodo de degradación de los bioresiduos sólidos domiciliarios debido al tratamiento con bacterias ácido lácticas. Primero, se realizó la formación de dos camas composteras, una es con el tratamiento de las bacterias y la otra con el método tradicional, compuesto cada una por 1000 kg de residuos sólidos orgánicos domiciliarios, gallinaza, paja, tierra, estiércol vacuno y de cuy. A la pila con tratamiento se le añadió bacterias ácido lácticas de 2L/20L de agua. Se concluye que se logró la disminución del porcentaje en peso de las camas con tratamiento y tradicional, los

cuales se redujeron en el primero en un 63.35% y en el segundo en un 61.52%. Además, se disminuyó el tiempo en un 26.6% obteniendo producto en 80 días, por el contrario, sucedió en el testigo con 109 días. También, se estudió el producto obtenido hallando los siguientes valores para la cama más óptima con tratamiento: pH de 6.1, relación C/N (17.56%), la conductividad eléctrica (15.7 mS/cm), materia orgánica (45.85%), fósforo (1.62%), nitrógeno (1.66%), potasio (1.15%), magnesio (0.51%), calcio (2.25%), y humedad (36%). Los valores para la cama tradicional fueron de: pH de 6.4, relación C/N (17.15%), la conductividad eléctrica (14.9 mhos/cm), materia orgánica (44.95%), fósforo (1.60%), nitrógeno (1.63%), potasio (1.11%), magnesio (0.45%), calcio (1.98%) y humedad (38%). Siendo una investigación de tipo aplicada, enfoque cuantitativo, el alcance explicativo y el diseño fue de tipo experimental y subtipo experimental puro.

Cajahuanca (2016) para obtener el título de Ingeniero Ambiental en la Universidad de Huánuco cuya investigación fue “Optimización del manejo de residuos orgánicos por medio de la utilización de microorganismos eficientes (*Saccharomyces cerevisiae*, *Aspergillus sp.*, *Lactobacillus sp.*) en el proceso de compostaje en la central hidroeléctrica Chaglla”, cuyo objetivo de la investigación fue mejorar el tratamiento de residuos orgánicos a través del uso de población microbiana en la elaboración de compostaje. Para empezar con el proceso, primero se calculó que cantidad de residuos orgánicos se ha generado y posteriormente se hizo la caracterización de los mismos. Luego se conformó cuatro tratamientos para la elaboración de compost, donde se introdujeron cantidades similares de residuos orgánicos pero la aplicación de poblaciones microbianas en volumen cambió. Se realizó un primer tratamiento el cual es el testigo, para el segundo se usaron 5 litros de los mismos; tercer, 10 litros; el cuarto, 20 litros. Se concluyó que el mejor tratamiento para la elaboración de un producto compostado fue la del cuarto tratamiento con la aplicación de los microorganismos de 20 litros. La producción de compostaje se dio por terminado luego de 32 días. Siendo una investigación de tipo aplicada, enfoque cuantitativo, el alcance explicativo y el diseño fue de tipo experimental y subtipo cuasiexperimental.

Pisco (2014) en su artículo “Tratamiento de residuos orgánicos domiciliarios mediante compostaje en la planta piloto de transformación de residuos sólidos orgánicos de la municipalidad provincial de Leoncio Prado” de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Cuyo objetivo de la investigación fue tratar los residuos sólidos orgánicos domiciliarios

a través del uso de microorganismos eficientes para la elaboración de compost. En la metodología seguida, primero los residuos colectados se colocaron sobre un plástico extendido, seguidamente, se elaboraron montículos de 10 kg para tres tratamientos, T1 (sin picar) el cual es el testigo, T2 (picado con microorganismos eficaces), T3 (picado sin microorganismos eficaces), con dos repeticiones respectivamente, después, se separaron en residuos frutales, residuos de verduras, residuos de comidas, cáscara de plátano y cítricos los cuales se separaron y se pesó cada bolsa. Al comienzo del proceso y al instante en que se hacía los volteos respectivos se realizó el tratamiento con los microorganismos eficaces, con una dosis de 100 ml en el tratamiento que corresponde. Se concluyó que la elaboración del compost finalizado y de composición madura aproximado fue de 0.62 kg, con 0.73 kg promedio de sustancia de descarte. Siendo una investigación de tipo aplicada, enfoque cuantitativo, el alcance explicativo y el diseño fue de tipo experimental y subtipo cuasiexperimental.

En las teorías relacionadas a la variable dependiente biodegradación de residuos sólidos orgánicos domiciliarios y estiércol de cerdo para la producción de abono, se dice que:

Residuos sólidos.

Según la Ley N° 1278 – Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (2016) “residuo sólido es cualquier objeto [...] o elemento resultante del consumo o uso de un bien o servicio, del cual su poseedor se desprenda [...], para ser manejados priorizando la valorización de los residuos y [...], su disposición final" (p. 16).

Clasificación de residuos sólidos.

Se encuentran dos maneras de agrupar a los residuos sólidos, en concordancia a la autoridad pública competente en el manejo de los mismos, cabe decir que estos se dividen en residuos sólidos municipales y también en no municipales. (Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, 2016, p.7), y a la vez, estos se subdividen en:

Residuos municipales.

Los residuos municipales o residuos relativos del manejo municipal, se encuentran integrados por los residuos de los domicilios y los del barrido y limpieza de espacios de carácter públicos, añadiendo actividades de comercio, las playas y otras actividades urbanas no necesariamente domiciliarias donde los residuos pueden tener una similitud a los servicios de limpieza pública, en todo el campo de su jurisdicción.

Residuos domiciliarios; son aquellos residuos que se generan en las actividades domiciliarias y que están conformados por sobras de alimentos, revistas, periódicos, botellas, embalajes en general, cartones, latas, pañales descartables, productos de aseo personal y otros parecidos.

Residuos del barrido y limpieza de espacios públicos; se refiere a los residuos que se tienen por los servicios de barrido y limpieza de plazas, veredas, parques, pistas y otras áreas públicas.

Residuos comerciales; se refiere a los residuos que se generan en los establecimientos de comercio de bienes y servicios, estos pueden ser tales como: tiendas, bares, bancos, supermercados, restaurantes, centros de abastos de alimentos, espectáculos o centros de convenciones y oficinas de trabajo en general. Los residuos se constituyen en su mayoría por embalajes diversos, papel, plásticos, latas, entre otros similares.

Residuos no municipales.

Residuos peligrosos; este tipo de residuo está compuesto por aquéllos que, por sus propiedades o el trato al que son o irán a ser manejados, son característicos de un riesgo significativo tanto a nivel de salud y el ambiente, estos son los residuos de servicios médicos de apoyo y establecimientos de salud.

Residuos de establecimientos de salud y servicios médicos de apoyo; se refiere a aquellos residuos que se generan en los tratamientos y en las actividades para la atención e investigación médica en servicios médicos de apoyo y establecimientos de salud.

Residuos no peligrosos; Este tipo de residuos, son residuos estables, que no poseen la característica de peligrosidad y que no presentan ningún daño por no tener las propiedades mencionadas anteriormente, un tipo de estos son los residuos de actividades de construcción.

El reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos añade en el anexo I dos tipos de residuos, los cuales para efecto de la presente investigación son necesarios mencionar, estos son los residuos orgánicos e inorgánicos (D.S. N° 014-2017-MINAM, 2017, P.25).

Orgánicos o biodegradables.

Este tipo de residuos se refiere a los que surgen de los restos de seres vivos como animales o plantas; aquellos residuos alcanzan la descomposición por la acción natural de organismos

vivos como bacterias, hongos y lombrices principalmente. El inconveniente con estos residuos suele darse debido a que su volumen sobrepasa la capacidad de descomposición natural en un lugar determinado, como ocurre en los botaderos no controlados. Esto refiriéndose a los residuos biodegradables o sujetos a descomposición. Se pueden generar a nivel de gestión no municipal, como en el ámbito de gestión municipal.

Inorgánicos.

Son los residuos que se obtienen de minerales y objetos o productos sintéticos como vidrios, metales, plásticos, etc. que son característicos porque su degradación no puede ser de forma natural.

Efectos del manejo inadecuado de los residuos sólidos.

Según el Banco Interamericano de Desarrollo (2009) la gestión inapropiada de los residuos sólidos genera la proliferación de enfermedades y contaminación del ambiente.

Proliferación de enfermedades.

El almacenamiento no adecuado de residuos sólidos lleva a la generación de presencia de vectores como moscas, cucarachas y ratas que conllevan a la proliferación de enfermedades como el cólera, diarrea, intoxicación alimentaria y otras que son transmitidas por estos vectores.

Contaminación del ambiente.

El manejo inadecuado de los residuos sólidos afecta indiscriminadamente la calidad de los suelos, cuerpos de agua y del aire. Los suelos y cuerpos de agua son contaminados por los residuos sólidos en los procesos de degradación por la generación de lixiviados que filtran el suelo; facilitando la acumulación de metales pesados e incluso llegan a las aguas subterráneas. Por otro lado, la quema de los residuos sólidos y descomposición de los mismos originan gases dañinos afectando la salud de la población y del ambiente como compuestos orgánicos volátiles, dióxido de carbono y metano.

Compostaje.

El mejoramiento técnico de este proceso se origina en la India por el inglés Albert Howard (1905-1947), conocido como el padre de la agricultura ecológica moderna al combinar los conocimientos científicos adquiridos y los tradicionales de los agricultores de la India; fue llamado Método Indore.

El Método Indore consiste en descomponer una mezcla de desechos vegetales, excrementos de animales y humedecer periódicamente (Howard, 1931).

Según el informe de Infoagro, lo define como un “proceso biológico aeróbico, mediante el cual los microorganismos actúan sobre la materia rápidamente biodegradable (restos de cosecha, excrementos de animales y residuos urbanos), permitiendo obtener compost, abono excelente para la agricultura”.

Además, la misma institución dice que “el compost o mantillo se puede definir como el resultado de un proceso de humificación de la materia orgánica, bajo condiciones controladas y en ausencia de suelo. El compost es un nutriente para el suelo que mejora la estructura y ayuda a reducir la erosión y ayuda a la absorción de agua y nutrientes por parte de las plantas”.

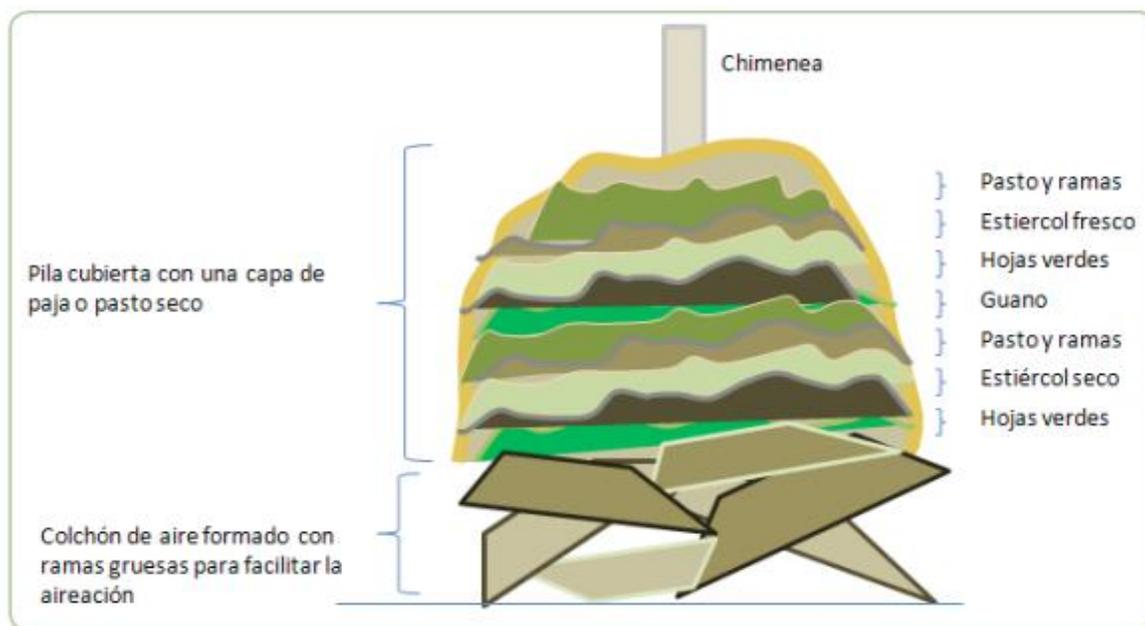
Tipos de compostaje.

Volteo de cama.

Según Bueno y Díaz (2008), para una adecuada evolución del proceso de biodegradación, es importante tener permanencia de la acción del oxígeno, debido a que la población microbiana que actúa es aerobia. A través de todo el desarrollo de la biodegradación se hace 5 volteos de la pila formada ya que no solo esto nos permitiría contener en equilibrio los indicadores de pH, humedad y temperatura, a la vez también garantizarían romper con la heterogeneidad y formar la homogeneidad de biodegradación en la pila formada en general.

Pila sin volteo.

La formación de la pila estará promediada a una distancia considerable para que pueda ser manejado por una persona, 2 metros aproximadamente, con el paso de las semanas, la cama formada irá minimizando su volumen hacia un tamaño aproximado a la mitad respecto al inicial. La acción para terminar la formación de la cama, es la de retiro de la chimenea y añadidura de una voluminosa capa de pasto seco o paja que, dando pase a el movimiento gaseoso de la formación de la cama con el ambiente, a la vez la pila estará protegida del sol, del viento y de los cambios de la temperatura del ambiente. Cada semana, se ejecuta la medición de indicadores y se hace el riego según la disposición. Luego de cuatro a seis (4-6) meses la estructura de las camas habrán minimizado su volumen a la mitad aproximadamente y el producto se encontrará apto para ser tamizado y aplicarlo mediante abono natural.



Fuente: P. Roman, FAO

Figura N°02. Camas con volteo del proceso de biodegradación

Fases del compostaje.

Inicia desde la creación de la pila hasta la verificación de incremento de temperatura esta fase es evidente cuando se ingresa fresco el material, si el producto lleva tiempo recogido puede pasar inadvertido. La permanencia de esta fase es cambiante y esto depende de sus indicadores.

El balance de C/N, el pH y la concentración parcial de oxígeno, por tanto, la temperatura ambiente esencialmente la capacidad de masa de población microbiana que interviene el material son los parámetros, que determinan la prolongación de esta fase (Sztern, 1999).

El Programa de Apoyo a la Formación Profesional para la Inserción Laboral en el Perú Capacítate Perú (APROLAB) elaboró el Manual para la Producción de Compost con microorganismos eficaces, definiendo las fases:

Mesófila.

La materia vegetal se encuentra a temperatura ambiente y la población microbiana mesófila se multiplica rápidamente. Por efectos de la característica o actividad metabólica la temperatura empieza a incrementarse y se generan ácidos orgánicos que reducen el pH del proceso.

Termófila.

Luego de llegar a una temperatura de 40°C, la población microbiana termófila hace efectos en la masa del proceso, convirtiendo a amoníaco el nitrógeno, y el pH del medio es básico. A los 60 °C estos microorganismos (hongos termófilos) disminuyen en el sustrato y se generan otro tipo de microorganismos como los actinomicetos y las bacterias esporígenas. Este tipo de microorganismos tienen la responsabilidad de desintegrar las hemicelulosas, proteínas y ceras.

De enfriamiento.

A medida que el nivel de la temperatura disminuya en valores inferiores a 60 °C, vuelven a surgir los hongos termófilos que se expanden por toda la masa del proceso y desintegran la celulosa. Al disminuir de 40 °C la población microbiana mesófila, de la misma manera vuelve a iniciar su actividad y disminuye sutilmente el pH del proceso.

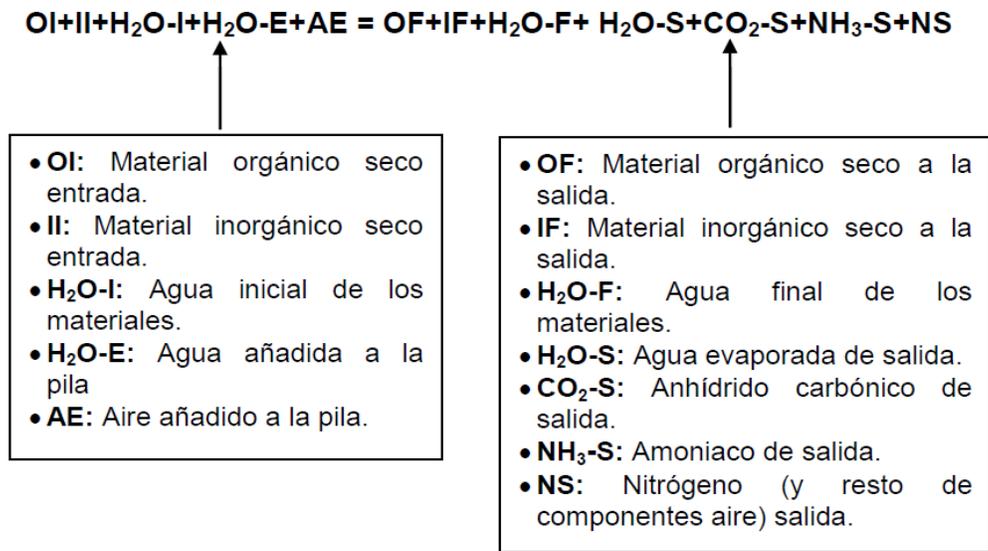
De maduración.

Es un lapso el cual requiere permanecer a temperatura exterior muchos meses, debido a que se generan efectos complementarios de polimerización y condensación de la generación de humus.



Figura N° 03. Etapas del proceso de biodegradación (evolución de la temperatura)

Fuente: Pisco (2014)



- **H₂O-S:**(Agua evaporada de la pila)
- **CO₂-S:**(Dióxido de carbono de salida de la pila)
- **NH₃-S:**(Amoniac de salida de la pila)
- **NS:** Nitrógeno (y resto de componentes del aire) de salida del proceso.

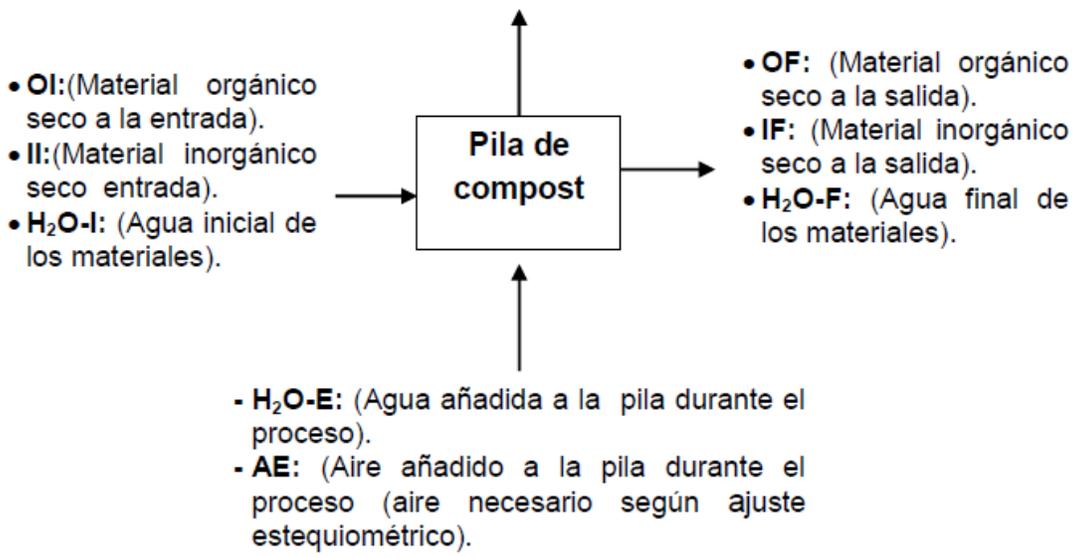
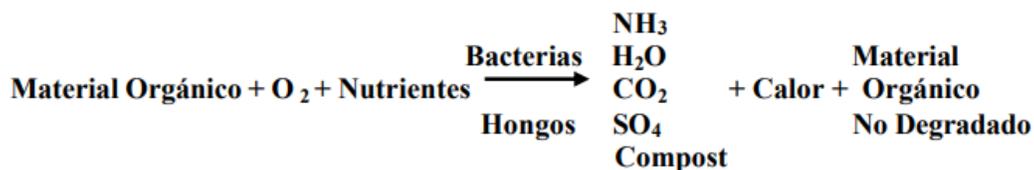


Figura N° 04. Entradas y salidas del proceso de compostaje

Fuente: Pisco (2014)

Mediante la siguiente ecuación, se puede describir el proceso de biodegradación aeróbica:



Fuente: Silva, López y Valencia

Parámetros de control.

Es cualquier valor característico para la verificación de las propiedades de cierta sustancia, cuerpo o muestra.

Parámetros físicos.

Aquellas características físicas que se pueden observar directamente sin necesidad de realizar un tipo exhaustivo de análisis:

Temperatura; el cambio de la temperatura en el desarrollo de compost refleja la actividad metabólica de los microorganismos. Es un indicador del final de la fase biooxidativa ya que el compost alcanzó la madurez en la cual la curva de temperatura se estabiliza (Iglesias, 2004). Este parámetro se mide mediante un termómetro electrónico dos veces a la semana, siendo la unidad de medida los grados Celsius (°C).

Tabla 1. Rangos adecuados de temperatura

Fases de compostaje	Rangos de temperatura (°C)
F. Mesófila	T. ambiente - 45°C
F. Termófila	45°C - 70°C
F. Enfriamiento	70°C - 40°C
F. Maduración	40°C - T. ambiente

Fuente: FAO (2013)

Porcentaje de humedad (% Humedad); es la cantidad de agua que se encuentra en una muestra determinada de suelo, en este caso de compost, generalmente el resultado se realiza en porcentaje y el método de medición es por una diferencia de pesos entre la muestra inicial y la muestra secada a 105 °C.

Tabla 2. Rangos adecuados de porcentajes de humedad

Fases de compostaje	Porcentaje de humedad (%H)
F. Mesófila	50% - 60%
F. Termófila	45% - 55%
F. Enfriamiento	30% - 40%
F. Maduración	30% - 40%

Fuente: FAO (2013)

Parámetros Químicos.

Son aquellos parámetros que miden las características internas de una determinada muestra de suelo, agua o de la calidad del aire, que no es apreciable directamente.

Porcentaje de materia orgánica (% M.O.); indica la cantidad de compuesto orgánico presente en una muestra de suelo, en este caso de compost, el cual puede alterar otras propiedades fisicoquímicas o incluso biológicas, normalmente el resultado se da en porcentaje. La medición se realiza mediante la técnica de combustión en seco a 550 °C (Laos et al. 2002 citado por Arrigoni, 2018).

Relación Carbono – Nitrógeno (C/N); la proporción de C/N es considerada como una referencia de la evaluación para la estabilidad del compostaje y puede ser relevante para entender los cambios en el proceso de compostaje (Arrigoni, 2018). Esta proporción de elementos químicos implica la adición de residuo orgánico que otorga cantidad de carbono y, por otro lado, la adición de estiércol que otorga la adición de nitrógeno. La medición se realiza mediante la división entre los parámetros de carbono orgánico total y el nitrógeno total (Arrigoni, 2018).

A continuación, en la siguiente tabla 3 se presenta los valores de la relación Carbono-Nitrógeno de varios materiales usados como materia prima para diferentes procesos, tales como caña de azúcar, paja, estiércoles de diferentes tipos de animales o ganado, harinas y follajes de flora.

Tabla 3. Relación C/N de algunos materiales

Material Relación	C / N
Caña de maíz	150/1
Paja	60-100/1
Cascarilla de arroz	95/1
Viruta, aserrín	150-400/1
Rastrojos	80/1
Hojas frescas	40-80/1
Residuos de frutas	50/1
Residuos de champiñones	30-40/1
Algas	18/(1)
Follaje abundante de gramíneas	18/(1)
Follaje en floración	20/(1)
Follaje maduro	50/1
Abonos verdes, prados	10/(1)
Rastrojo de leguminosas	10/(1)
Cáscara de café	08/(1)
Alfalfa	10/(1)
Estiércol bovino	15/(1)
Estiércol equino	25-30/1
Estiércol ovino	20/(1)
Estiércol vacuno	18-40/1
Estiércol de cerdo	16/(1)
Estiércol de humano	05/(1)
Estiércol de ave	10/(1)
Gallinaza	10-15/1
Harina de pescado	15/(1)
Harina de sangre	2/(1)
Restos de comida	15-20/1
Cáscaras de papa	25/(1)
Lodos residuales	11/(1)
Papel	350/1
Orina	1/1 o inferior de 1/1

Fuente: Ortiz (2010), Maldonado (2003) y Sztern y Pravia (1999) citados por Prado (2017)

Potencial de hidrógeno (pH); “el rango de pH tolerado por las bacterias en general es relativamente amplio, existen grupos fisiológicos adaptados a valores externos. No obstante pH cercano al neutro (pH 6.5 – 7.5) ligeramente ácido o ligeramente alcalino nos asegura el desarrollo favorable de la gran mayoría de los grupos fisiológicos. Valores de pH inferiores a 5.5 (ácidos) inhiben el crecimiento de la gran mayoría de los grupos fisiológicos. Valores

superiores a 8 (alcalinos) también son agentes inhibidores del crecimiento haciendo precipitar nutrientes esenciales del medio de forma que no son asequibles para los microorganismos. Durante el proceso de compostaje se produce una sucesión natural del pH que es necesaria para el proceso y que es acompañada por una sucesión de grupos fisiológicos” (OPS, 1999).

Según Álvarez (2010), el pH en la fase “acidogénica, se da una gran producción de CO₂ y liberación de ácidos orgánicos. El descenso de pH favorece el crecimiento de hongos (cuyo crecimiento se da en el intervalo de 5.5 - 8) y el ataque a lignina y celulosa. Durante la fase termófila se pasa a una liberación de amoníaco como consecuencia de la degradación de aminas procedentes de proteínas y bases nitrogenadas y una liberación de bases incluidas en la materia orgánica, resultado de estos procesos se da una subida en el pH y retoman su actividad las bacterias a pH 6 – 7.5 (fase de alcalinización). Tras este incremento del pH se da una liberación de nitrógeno por el mecanismo anteriormente citado y que es aprovechado por los microorganismos para su crecimiento, dando paso a la siguiente fase de maduración. Finalmente se da una fase estacionaria de pH próximo a la neutralidad en la que se estabiliza la materia orgánica y se dan reacciones lentas de policondensación”.

En la siguiente tabla 4, se presentan los valores de pH que recomienda la FAO en el proceso de compostaje, a la vez de cumplimiento necesario en todo el proceso, como lo es en cada fase o etapa del tratamiento.

Tabla 4. Rangos adecuados de pH

Fases de compostaje	Valores de pH
F. Mesófila	4.5 - 7.0
F. Termófila	4.5 - 8.5
F. Enfriamiento	8.5 - 6.5
F. Maduración	6.5 - 8.5

Fuente: FAO (2013)

Tabla 5. Valores adecuados para parámetros físicos y químicos del compost, según las normas de calidad en USA, México y Chile.

PARÁMETRO	(U.S.A.) EPA 40 CFR 503- 1994	(México) NTEA-006- SMA-2006	(Chile) NCh 2880-2004
pH	6,0 a 8,0	6,5 a 8,0	5,0 a 8,5
% Materia Orgánica	Mayor al 20 %	Mayor al 15 %	≥ a 20 %
Relación C/N	15 a 20 : 1	Menor a 12	25 a 30 : 1
Humedad	--	30 a 40 %	30 a 45 %
Conductividad Eléctrica (C.E.)	--	--	3 a 8 dS/m
Temperatura	32 °C a 60 °C	45 °C a 70 °C	--
Nitrógeno Total*	2,4 a 5,0 %	--	≥ a 0,5 %
Fósforo	--	> a 1000 ppm	--
Potasio	--	> a 2500 ppm	--

* Expresado en base a materia seca.

Fuente: Según Córdova (como se citó en Prado, 2017)

Estiércol de cerdo.

La porquinaza o cerdaza está compuesta por la mezcla de orina y heces fecales provenientes del cerdo o porcino, el cual es un animal de estómago simple o digestión básica (Castrillón, Jiménez y Bedoya, 2004, p.73).

Composición.

Las heces representan aproximadamente el 55% del estiércol de cerdo, y la orina el 45%. La cantidad de porcentaje de humedad del estiércol de cerdo se encuentra aproximado al 88%, y la cantidad de material seco es del 12% (Castrillón, Jiménez y Bedoya, 2004, p.73).

El pH se encuentra entre 6.0 y 8.0. Si el estiércol de cerdo es más fresco, el valor de su pH será más neutro (Castrillón, Jiménez y Bedoya, 2004, p.73).

La temperatura del estiércol de cerdo fresco al momento de la eyección es igual que la del cuerpo del cerdo. Luego de eso, el estiércol de cerdo se iguala a la temperatura del suelo (Castrillón, Jiménez y Bedoya, 2004, p.73).

Tabla 6. Contenido y parámetros fisicoquímicos del estiércol de cerdo

	ORINA	HECES	pH	TEMPERATURA	C/N
Estiércol de cerdo (porquinaza)	45%	55%	6 a 8	Inicio: Temperatura del cuerpo del cerdo Final: Temperatura del suelo	16/(1)

Fuente: Propia

Como se puede observar en la tabla N° 05 el estiércol de cerdo tiene un valor de relación C/N de 16/1, el cual nos indica que la proporción es muy baja comparada con el estiércol equino, el cual tiene un valor de 25-30/1 puesto en la tabla N° 03.

Algunos factores afectan primordialmente a la conformación nutricional de la porquinaza, como: el ambiente y el manejo de los cerdos, la etapa productiva, el método de procesamiento y manejo de la porquinaza variaciones en la formulación de las dietas utilizadas (Castrillón, Jiménez y Bedoya, 2004, p.73).

Tabla 7. Composición de excretas porcinas respecto según la etapa productiva

ETAPA PRODUCTIVA	Humedad (%)	Fósforo (%)
Inicio	80,51	0,19
Desarrollo	78,67	0,21
Engorde	78,55	0,22
Gestante	80,73	0,29
Lactante	72,52	0,27

Fuente: Castrillón, Jiménez y Bedoya (2004)

Se halla una gran diferencia en cuanto a proteína se refiere del estiércol de cerdo sólido, la principal razón es cuando una vez empieza el tratamiento donde se seca el material se obtiene altos niveles de eliminación del nitrógeno en forma de amoníaco (Salazar et al citado por Castrillón, Jiménez y Bedoya, 2004, p.74).

La alimentación del cerdo puede ser a través de fuentes fibrosas con un costo bajo y necesita niveles mínimos de adiciones con proteínas (Castrillón, Jiménez y Bedoya, 2004, p.75).

El nitrógeno ingerido en su mayoría es a manera de proteínas, a la vez se desintegran en péptidos y aminoácidos para luego ser absorbidos por el sistema digestivo. En la parte ingerida, las porciones de los aminoácidos complacen las necesidades del metabolismo del animal y lo demás es descartado a través de la orina a nivel de urea. La parte nitrogenada no

absorbida en el intestino es descartada por medio de las heces, como nitrógeno orgánico (Castrillón, Jiménez y Bedoya, 2004, p.75).

El contenido de fósforo al 70%, de los alimentos ingeridos, es eliminado en las heces (Figuroa citado por Castrillón, Jiménez y Bedoya, 2004, p.75).

La forma tóxica del estiércol de este animal (cerdo) es menor en tres veces, comparado con el estiércol de plumíferos (aves). Los siguientes microorganismos como las bacterias son de importancia vital en forma de riesgo bacterial en la porquinaza: Salmonella, Mycobacterium, Brucella, Escherichia coli, Leptospira, Yersinia y Campilobacter (Grupta y Nelly citado por Castrillón, Jiménez y Bedoya, 2004, p.75).

El estiércol de cerdo por ser de un animal monogástrico, posee materia orgánica semidescompuesta lo que retarda la absorción de los nutrientes por parte de los microorganismos (Buendía, 2012, p.129).

En las teorías relacionadas a la variable independiente microorganismos eficientes se menciona primero el desarrollo de los microorganismos eficientes.

La formación de los microorganismos eficientes se desarrolló por el Profesor Teruo Higa de la Facultad de Agricultura de la Universidad de Ryukyus- Okinawa - Japón, quien es el padre de la tecnología de Microorganismos Eficaces, de ahora en adelante EM. El Profesor Higa comenzó a estudiar los microorganismos debido a una intoxicación que tuvo con sustancias químicas agrícolas en la etapa inicial de su carrera científica, ya que él era un seguidor de la agricultura moderna de ese entonces, en la cual se usaban y manipulaban grandes cantidades de sustancias químicas y productos fertilizantes. Por ello, mientras laboraba como instructor de granjas sufrió de enfermedades como urticaria y alergias por las sustancias tóxicas que eran usadas en su trabajo. De esta experiencia observó lo dañino que pueden ser el uso y manipulación de productos químicos y empezó a investigar alternativas de solución, llegando así al estudio de los microorganismos, para que así, estos productos no tuvieran efectos dañinos con la vida y el medio ambiente (Ramírez, 2006, p.14).

A comienzos de los años 1960, el profesor Teruo Higa empezó la búsqueda de una alternativa que suplantaría los fertilizantes y pesticidas sintéticos usados en aquella época, ya que estos

fueron popularizados después de la segunda guerra mundial para la producción de alimentos alrededor del mundo (APROLAB, 2007, p.6).

El Doctor Teruo Higa recogió más de 2000 especies de microorganismos. Por lo cual, su trabajo le demandó enormes cantidades de tiempo, excluyendo mezclas de microorganismos dañinos u olorosos, luego de investigar arduamente, logró encontrar alrededor de 80 microorganismos eficaces beneficiosos a los seres humanos. En el transcurso de su investigación, el profesor dispuso de un cultivo de microorganismos cerca de algunos arbustos. Luego de un tiempo determinado, encontró en ese lugar un crecimiento vegetal frondoso. Inspirado por el acontecimiento, el doctor Teruo Higa empezó a investigar las combinaciones óptimas, hasta que en 1982 hizo la presentación formal del EM, como acondicionador del suelo (Ramirez, 2006, p.14).

Hoy en día el EM es usado no solo para producir alimentos de calidad óptima y libres de agroquímicos, sino también como una solución al manejo de residuos sólidos y líquidos (APROLAB, 2007, p.6).

La investigación de los microorganismos requiere de mucha dedicación y paciencia, ya que encontrar las propiedades y tratar de aislar y mezclar muchos de ellos es vital para el éxito de las investigaciones.

Microorganismos eficientes.

La tecnología EM consiste en un cultivo microbiano mixto, es decir una mezcla de especies seleccionadas de microorganismos naturales buenos, que coexisten en un medio (Ramirez, 2006, p.16). Además, contiene unas 80 variedades de microorganismos que incluye tanto especies aeróbicas que requieren oxígeno, así como también, especies anaeróbicas como las fotosintéticas y cuyo objetivo es que coexistan y se complementen en un medio dado (Ramírez, 2006, p.11). Estos microorganismos son benéficos ya que pueden convivir en armonía unos tras otros, generando un producto final.

De la misma manera, APROLAB menciona que los EM son una combinación de varios microorganismos benéficos (2007, p.5). Además, reafirma diciendo que es un cóctel líquido que contiene más de 80 microorganismos benéficos de origen natural (2007, p.8). Como se menciona, este conjunto de microorganismos no rivaliza ni son perjudiciales al ambiente, por el contrario, son amigables con este y consiguen convivir en él exitosamente.

También Bravo (2017) dice que es un producto que favorece especialmente el tratamiento de desechos, eliminación de malos olores y presencia de vectores como moscas debido a la acumulación de materia orgánica. Es una mezcla de microorganismos benéficos, que no están modificados genéticamente, estos desplazan a los microorganismos patógenos optimizando la calidad del medio donde son aplicados (p.26). El EM también puede ser aplicado para tratar los residuos sólidos orgánicos que se generan, reduciendo así la cantidad de residuos que son desechados directamente.

Además, Higa (1997), citado por Pisco (2014) dice que el EM es un inóculo conformado por la mezcla de diversos microorganismos benéficos (levaduras, actinomicetos, bacterias ácido lácticas y fotosintéticas) que son mutuamente compatibles entre sí y coexisten en un medio (p.34). Se mencionan los grupos importantes conformados en el cultivo de los microorganismos benéficos, siendo todas especies necesarias en el medio.

Del mismo modo, Bravo (2017) indica que es un inoculante natural de microorganismos que contiene actinomicetos, bacterias ácido lácticas, bacterias fototróficas y levaduras (p.26). Coincidiendo en los grupos de las especies de los microorganismos presentes en la formación del cultivo microbiano.

Microorganismos eficientes importantes.

Los grupos básicos e importantes que integran estos microorganismos son de tres géneros primordialmente: Bacterias ácido lácticas, levaduras y bacterias fototróficas (Ramirez, 2006, p.16).



Figura N° 5: Grupos de microorganismos eficientes

Fuente: Bioem

A continuación, se describen a los grupos microbianos importantes en el desarrollo de los microorganismos eficientes, los cuales son:

Bacterias fotosintéticas o fototróficas (Rhodopseudomonas spp).

Son un grupo de microorganismos independientes y autosuficientes. Estas bacterias sintetizan sustancias necesarias e importantes a partir de las secreciones de las raíces, materia orgánica y gases como sulfuro de hidrógeno (H₂S), usando la luz del sol y el calor del suelo como fuentes de energía (APROLAB, 2007, p.8). Las sustancias que se sintetizan comprenden aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, que incentivan el desarrollo y crecimiento de la flora. También, inactivan los malos olores que producen el Hidrógeno, Sulfatos y Amoniacos (Higa, 2009, pág. 4) citado por Bravo (2017, p.27).

Especies: Rhodopseudomonas plastrus, Rhodobacter spaeroides.

Bacterias ácido lácticas (Lactobacillus spp).

Este tipo de bacterias ácido lácticas producen ácidos a partir de azúcares y otros carbohidratos procedentes de las bacterias fotosintéticas y las levaduras. El ácido láctico es un potente esterilizador, contraataca los microorganismos perjudiciales y acelera la descomposición de la materia orgánica (Ramírez, 2006, p.17). Las bacterias ácido lácticas aumentan la fragmentación de los componentes de la materia orgánica, es decir, la celulosa y la lignina, transformando estos materiales sin ocasionar influencias negativas en el proceso (Higa, 2009, pág. 4) citado por Bravo (2017, p.27). El uso de bacterias ácido lácticas minimiza las poblaciones de nemátodos y controla la propagación y diseminación de Fusarium, estas últimas debilitan las plantas cultivadas, exponiéndolas a enfermedades (APROLAB, 2007, p.8).

Especies: Lactobacillus plantarum, lactobacillus casei, Streptococcus lactics.

Levaduras (Saccharomyces spp).

Las levaduras utilizan la energía de la fermentación y como materia prima las sustancias segregadas por las raíces de las plantas, los aminoácidos y los azúcares producidos por las bacterias fototróficas y la materia orgánica existente en el suelo. Sintetizan las sustancias necesarias para las plantas, en especial las bioactivas (vitaminas, hormonas y enzimas) (Bravo, 2017, p.28). También, Bravo citando a Suquilanda (2017, pág. 237) dice que las

levaduras producen sustancias importantes para la reproducción de otros microorganismos eficaces como las bacterias lácticas y actinomicetos.

Especies: *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida utilis*

También, se mencionan otros tipos de microorganismos importantes en el EM:

Actinomicetos (Streptomyces sp).

Funcionan como barreras de muchas bacterias y hongos patógenos de las plantas. También, benefician el crecimiento y actividad de las micorrizas. Además, que este tipo de microorganismos constituyen un gran grupo de bacterias Gram-positivas (Ramírez, 2006, p.17).

Especies: *Streptomyces albus*, *Streptomyces griseus*

Hongos de Fermentación o filamentosos (Aspergillus y Penicillium sp).

Los hongos de fermentación como el *Aspergillus* y la Penicilina actúan descomponiendo velozmente la materia orgánica para producir alcohol, ésteres y sustancias antimicrobianas. Esto es lo que ocasiona la desodorización y previene la aparición de insectos perjudiciales y gusanos en los materiales que se tratarán (Lescano, 2015, p.18).

Especies: *Aspergillus oryzae*, *Mucor hiemalis*

Ventajas de la aplicación de los EM.

Según APROLAB (2007) los beneficios son:

Mejora las propiedades físicas del suelo: La materia orgánica favorece la estabilidad de la estructura del suelo, mejora la densidad aparente, beneficia el aumento de la porosidad y permeabilidad, y mejora la capacidad de retención de agua en el suelo.

Mejora las propiedades químicas: Aumenta el contenido en macronutrientes como nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), y micronutrientes, y también la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.).

Mejora la actividad biológica del suelo: Actúa como soporte o base y alimento de los microorganismos que se desarrollan en el medio (p.5).

También, restablece el equilibrio microbiológico del suelo, mejorando sus condiciones fisicoquímicas, así mismo, mejora la producción de los cultivos y la protección de los mismos (p.6).

El cultivo de microorganismos eficientes se convierte en un producto orgánico de calidad alta que se usa para mejorar o recuperar en los suelos agrícolas la fertilidad de los mismos, minimizar la contaminación y los costos por fertilizantes sintéticos, y evita que a través del mismo tratamiento de los residuos sucedan problemas en el ambiente, así como la proliferación de moscas y malos olores (p.2).

Además, Ramírez dice que la tecnología EM llama mucho la atención como solución a los efectos del ambiente de los residuos sólidos al permitir reusar la parte orgánica de ellos y transformarla en una fuente de recursos (2006, p.11).

En la formulación del problema, se presenta primero el problema general de investigación:

¿De qué manera los microorganismos eficientes aceleran la biodegradación de residuos sólidos orgánicos domiciliarios y del estiércol de cerdo para la producción de abono en Carabayllo, 2019?

Luego los problemas específicos de investigación:

¿De qué manera el tiempo de biodegradación con la aplicación de los microorganismos favorece los resultados de los parámetros físico-químicos de los residuos sólidos orgánicos domiciliarios y del estiércol de cerdo para la producción de abono en Carabayllo, 2019?

¿De qué manera la eficiencia en peso de biodegradación con la aplicación de los microorganismos modifica los parámetros físico-químicos de los residuos sólidos orgánicos domiciliarios y del estiércol de cerdo para la producción de abono en Carabayllo, 2019?

Seguidamente la justificación del estudio:

Teórica

Los microorganismos eficientes que se aplican en esta investigación son de vital importancia por las propiedades que poseen de degradar con mayor eficiencia la materia orgánica. Muchos investigadores se centran en los efectos de microorganismos exógenos

simples, por el contrario, existe poca información de los impactos de comunidades microbianas complejas en el proceso de compostaje, así lo dice Jiang, et al. (2015).

Práctica

La implementación de este proyecto evitará que el contenido de materia orgánica presente en los residuos sólidos sea desechado en su conjunto, provocando la contaminación del suelo y proliferación de focos infecciosos. Llevando así estos residuos orgánicos a un producto final que es el compost, para la utilización del mismo en áreas verdes del distrito de Carabayllo, así como sostiene Arrigoni, et al. (2018).

Metodológica

Al realizarse este proyecto de investigación en el distrito de Carabayllo los beneficios serán muchos, aprovecharán sus residuos orgánicos para el tratamiento de compostaje, y aprovecharán el compost como abono orgánico en los campos de agricultura, al igual que los desperdicios orgánicos de tales campos serán utilizados para el proceso de compost formando así un ciclo, como menciona Medina, et al. (2017).

Económica

El ahorro económico que supondría la aplicación de esta propuesta para los agricultores en Carabayllo estaría en no necesitar la compra de productos que fertilizan el suelo de las áreas verdes de las parcelas agrícolas ya que la producción propia de compost a un corto tiempo la reemplazaría utilizándolo como abono orgánico, así como lo dice Medina, et al. (2017).

Se presentan las hipótesis, primero se menciona la hipótesis general de investigación:

Los microorganismos eficientes aceleran la biodegradación de residuos sólidos orgánicos domiciliarios y del estiércol de cerdo para la producción de abono en Carabayllo entre 16 a 22% de su tiempo total.

Luego, las hipótesis específicas de investigación:

El tiempo de biodegradación con la aplicación de los microorganismos favorece los resultados de los parámetros físico-químicos de los residuos sólidos orgánicos domiciliarios y del estiércol de cerdo para la producción de abono en Carabayllo, 2019.

La eficiencia en peso de biodegradación con la aplicación de los microorganismos modifica los parámetros físico-químicos de los de residuos sólidos orgánicos domiciliarios y del estiércol de cerdo para la producción de abono en Carabayllo, 2019.

Finalmente se presentan los objetivos, empezando con el objetivo general de investigación:

Determinar si los microorganismos eficientes aceleran de la biodegradación de residuos sólidos orgánicos domiciliarios y del estiércol de cerdo para la producción de abono en Carabayllo, 2019.

Luego, los objetivos específicos de investigación:

Analizar si el tiempo de biodegradación con la aplicación de los microorganismos favorece los resultados de los parámetros físico-químicos de los residuos sólidos orgánicos domiciliarios y del estiércol de cerdo para la producción de abono en Carabayllo, 2019.

Estimar si la eficiencia en peso de biodegradación con la aplicación de los microorganismos modifica los parámetros físico-químicos de los residuos sólidos orgánicos domiciliarios y del estiércol de cerdo para la producción de abono en Carabayllo, 2019.

II. MÉTODO

2.1. Diseño de investigación

El diseño de esta investigación es experimental, de tipo cuasi experimental, según Segura (2003) los diseños cuasiexperimentales son un desenlace de los estudios experimentales, en los cuales la asignación de los grupos de comparación no es aleatoria, aunque el factor de estímulo es manipulado por el investigador.

Según Ander (2017) la investigación aplicada tiene una íntima relación con la investigación básica, ya que necesita de los hallazgos y mejoras de la investigación básica y crece con esta. Son investigaciones que tienden a buscar la resolución de problemas, caracterizadas por inclinarse en la aplicación y utilización de los conocimientos. Los resultados de estas investigaciones tienen un límite de generalización restringido (p.42).

Así mismo, Conde (2016) sostiene que la investigación aplicada precisa el ser conocedor para hacer y en consecuencia para actuar (reformular, mantener, modificar o variar de forma radical algún aspecto de la realidad social). Le inquieta la aplicación rápida ante una realidad casual antes que el desarrollo de teorías.

Por todo esto, el presente proyecto de investigación es de tipo aplicada, al realizar un compostaje de estiércol de cerdo en menos tiempo al agregarle microorganismos eficientes, con el fin de encontrarle un aprovechamiento a los residuos sólidos y minimizar el tiempo de proceso de compostaje.

Según Hernández, Fernández, Baptista (2010) el enfoque cuantitativo es sucesivo y justificativo. Cada etapa predetermina a la siguiente y no es posible “brincar o eludir” sucesos, el orden es estricto, a pesar que, se puede reescribir alguna fase. Extracto de un pensamiento, que va tomando forma y, una vez acotada, se originan preguntas y objetivos de investigación, se analiza la literatura y se forma una perspectiva o un marco teórico. De las preguntas se generan hipótesis e identifican variables; se procesa un plan para analizarlas (diseño); se hace la medición de las variables en una determinada situación; se analizan las respectivas mediciones que se obtienen (con regularidad usando métodos estadísticos), y se presenta una continuidad de conclusiones con respecto de las hipótesis.

De acuerdo a la naturaleza del estudio de investigación el enfoque es cuantitativo, ya que seguimos un orden, primero nos planteamos una hipótesis y luego demostramos si dicha hipótesis es acertada o se rechaza.

Por la naturaleza de la presente investigación cuenta con las características de un nivel explicativo.

Según Jiménez (1998) los estudios explicativos inician de cuestiones minuciosamente identificados en donde se requiere el conocimiento de la relación causa-efecto. Es indispensable la formulación de hipótesis, ya que su intención es explicar de una u otra manera las razones del problema estrechamente relacionadas con éstas (p.13).

La relación causa-efecto en el presente proyecto es la utilización de microorganismos eficientes para la reducción del periodo de tiempo en la biodegradación del estiércol de cerdo.

2.2. Variables, Operacionalización

2.2.1. Variables

En la Tabla 8 se clasifican las variables que se estudiarán en la investigación:

Tabla N° 8. *Variables de investigación*

Variables de investigación	Tipo
Microorganismos eficientes	Variable independiente (estímulo)
Biodegradación de residuos sólidos orgánicos domiciliarios y estiércol de cerdo en la producción de abono	Variable dependiente (efecto)

Fuente: Propia

2.2.2. Operacionalización de variables

Tabla 9. Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	ESCALA
VARIABLE INDEPENDIENTE Microorganismos eficientes	Son un inóculo conformado por la mezcla de diversos microorganismos benéficos (levaduras, actinomicetos, bacterias ácido lácticas y fotosintéticas) que son mutuamente compatibles entre sí y coexisten en un medio (Pisco, 2014).	Los microorganismos respiran continuamente y su tasa indica la afectación al crecimiento, por lo cual se realiza mediante la medición de la eficiencia y capacidad de biodegradación de los microorganismos.	Tiempo de biodegradación	Tiempo	días	calendario	De razón
			Eficiencia en peso	Peso	kg	balanza electrónica	De razón
				Comparación de la actividad microbiana CP=[(Peso final 1;2;3 y 4) / Peso Inicial] x 100%	%	-	De razón
VARIABLE DEPENDIENTE Biodegradación de residuos sólidos orgánicos domiciliarios y estiércol de cerdo para la producción de abono	El proceso de biodegradación de materia orgánica consiste en descomponer una mezcla de desechos vegetales, excrementos animales y humedecer periódicamente (Howard, A. 1931).	La prueba para transformar los residuos orgánicos, es su flexibilidad y su adaptabilidad a todas las condiciones posibles, ante ello se debe realizar un análisis de las características fisicoquímicas del mismo.	Parámetros físico-químicos	Temperatura	°C	Termómetro	intervalos
				Porcentaje de Humedad	%	Gravimetría	De razón
				Relación C/N	-	División entre C.O.T. y N.T.K.	De razón
				pH	-	Phmetro	De razón
				Porcentaje de Materia Orgánica	%	Combustión seca	De razón
				Nitrógeno (N)	%	Método de Kjeldahl	De razón
				Fósforo (P)	%	Método de Olsen modificado	De razón
Potasio (K)	%	Lectura por espectrofotometría de absorción atómica	De razón				

Fuente: Propia, 2019

Tabla 10. Matriz de consistencia

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN	HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	VARIABLES DIMENSIONES INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>PROBLEMA GENERAL</p> <p>¿De qué manera los microorganismos eficientes aceleran la biodegradación de residuos sólidos orgánicos domiciliarios y del estiércol de cerdo para la producción de abono en Carabayllo, 2019?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Determinar si los microorganismos eficientes aceleran de la biodegradación de residuos sólidos orgánicos domiciliarios y del estiércol de cerdo para la producción de abono en Carabayllo, 2019.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>Los microorganismos eficientes aceleran la biodegradación de residuos sólidos orgánicos domiciliarios y del estiércol de cerdo para la producción de abono en Carabayllo entre 16 a 22% de su tiempo total.</p>	<p>VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>Biodegradación de residuos sólidos orgánicos domiciliarios y estiércol de cerdo para la producción de abono</p> <p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>Microorganismos eficientes</p>	<p>Enfoque: Cuantitativa</p> <p>Tipo: Aplicada</p> <p>Nivel: Explicativo</p> <p>Diseño de investigación: Experimental</p>

<p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</p> <p>¿De qué manera el tiempo de biodegradación con la aplicación de los microorganismos favorece los resultados de los parámetros físico-químicos de los residuos sólidos orgánicos domiciliarios y del estiércol de cerdo para la producción de abono en Carabayllo, 2019?</p> <p>¿De qué manera la eficiencia en peso de biodegradación con la aplicación de los microorganismos modifica los parámetros físico-químicos de los residuos sólidos orgánicos domiciliarios y del estiércol de cerdo para la producción de abono en Carabayllo, 2019?</p>	<p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>Analizar si el tiempo de biodegradación con la aplicación de los microorganismos favorece los resultados de los parámetros físico-químicos de los residuos sólidos orgánicos domiciliarios y del estiércol de cerdo para la producción de abono en Carabayllo, 2019.</p> <p>Estimar si la eficiencia en peso de biodegradación con la aplicación de los microorganismos modifica los parámetros físico-químicos de los residuos sólidos orgánicos domiciliarios y del estiércol de cerdo para la producción de abono en Carabayllo, 2019.</p>	<p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</p> <p>El tiempo de biodegradación con la aplicación de los microorganismos favorece los resultados de los parámetros físico-químicos de los residuos sólidos orgánicos domiciliarios y del estiércol de cerdo para la producción de abono en Carabayllo, 2019.</p> <p>La eficiencia en peso de biodegradación con la aplicación de los microorganismos modifica los parámetros físico-químicos de los residuos sólidos orgánicos domiciliarios y del estiércol de cerdo para la producción de abono en Carabayllo, 2019.</p>	<p>DIMENSIONES</p> <p>Tiempo de biodegradación</p> <p>Eficiencia en peso</p> <p>Parámetros físico-químicos</p> <p>INDICADORES</p> <p>Tiempo</p> <p>Peso</p> <p>Comparación de la actividad microbiana</p> <p>Temperatura</p> <p>Porcentaje de Humedad</p> <p>Relación C/N</p> <p>pH</p> <p>Porcentaje de Materia Orgánica</p> <p>Nitrógeno (N)</p> <p>Fósforo (P)</p> <p>Potasio (K)</p>	<p>de tipo cuasiexperimental</p> <p>Población: Residuos sólidos orgánicos (domiciliarios, estiércol de cerdo, hojarasca) del distrito de Carabayllo</p> <p>Muestra: 88 kg de los residuos sólidos orgánicos (domiciliarios, hojarasca, y estiércol de cerdo) del distrito de Carabayllo</p> <p>Técnica para el análisis inferencial: Observación y medición directa</p> <p>Instrumentos de recolección de datos: Formatos de cuadros propio (validado)</p>
--	---	--	--	--

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población

En el presente trabajo de investigación la población son todos los residuos sólidos orgánicos, tanto domiciliarios, estiércol de cerdo y maleza del Centro Poblado Osoynik en el Distrito de Carabayllo, Lima.

Según López (2004) la población es el conjunto de personas u objetos de los que se desea conocer algo en una investigación. Además, según Pineda, Alvarado y Canales (1994, p.108) citado por López (2004) "El universo o población puede estar constituido por personas, animales, registros médicos, los nacimientos, las muestras de laboratorio entre otros".

2.3.2. Muestra

La muestra "es un subconjunto o parte del universo o población en que se llevará a cabo la investigación con el fin posterior de generalizar los hallazgos al todo" (Pineda, Alvarado y Canales, 1994, p. 108).

A. Tamaño de la muestra

La muestra de la presente investigación fue seleccionada a criterio del investigador, y se obtuvo como muestras las pilas conformadas de compost en el Centro Poblado Osoynik, siendo esta conformada por:

- Proceso P1, P2, P3 y P4, utilizando cada uno 22 kg de los residuos sólidos orgánicos (tanto domiciliarios, estiércol de cerdo y maleza).
- Esto conforma un total de 88 kg de los residuos sólidos orgánicos que se utilizaron (entre hojarasca, residuos orgánicos domiciliarios y estiércol de cerdo) del Centro Poblado Osoynik del distrito de Carabayllo.

Además, las unidades de análisis seleccionadas para esta investigación fueron conformadas por las 4 pilas de residuos sólidos orgánicos, donde se realizarán el conformado de capas para que inicie el proceso de compostaje o biodegradación.

B. Técnica de muestreo

Siendo esta técnica de muestreo, un muestreo aleatorio, según Pardinás citado por Pineda, Alvarado Y Canales (1994) nos dice que este tipo de muestreo es intencional o deliberado ya que “en este caso el investigador conoce la población y las características que pueden ser utilizadas para seleccionar la muestra” (p. 119). Puesto que la zona de estudio es conocida por el investigador y la accesibilidad es escogida por el mismo.

Ubicación del lugar del proyecto

El área de objeto de estudio es el Centro Poblado Osoynik, ubicado a la altura del Km 24 de la Av. Túpac Amaru, en la ribera del río Chillón, en el distrito de Carabayllo, departamento y provincia de Lima, Perú; el cual tiene un área total de 24 ha, los cuales son aproximadamente de 240000 m², es un área donde se desarrolla la actividad agrícola principalmente, existen viviendas, pero en la mayor parte del territorio se cultivan hortalizas y todo tipo de vegetales, además de la crianza de animales de granja, básicamente estas actividades son la base económica para la población presente en el área.

El lugar no presenta áreas de manejo de los residuos orgánicos de los cultivos que se realizan allí, por el contrario, los residuos orgánicos son quemados y desechados en la ribera del río, o simplemente abandonados para generar su deshidratación y posteriormente pasar a la quema de los mismos. Debido a ello, es que se reutilizaron este tipo de residuos sólidos orgánicos para enriquecer los suelos del Centro Poblado Osoynik.

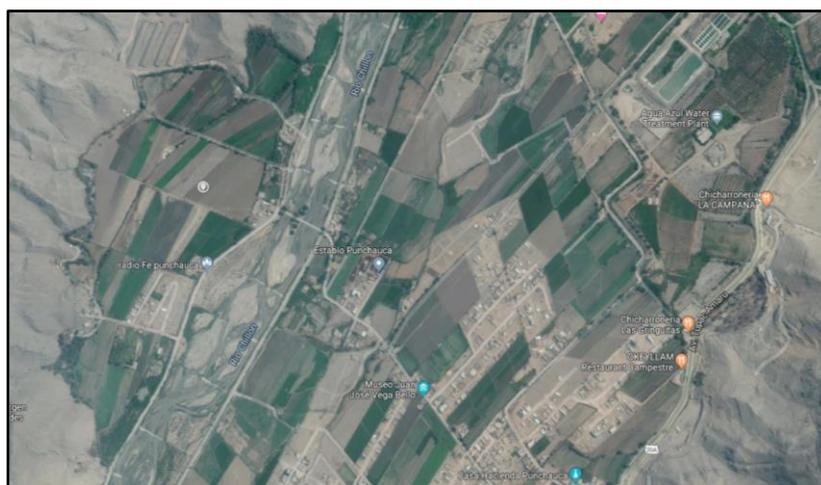


Figura 6. Ubicación del Centro Poblado Osoynik

Fuente: Google maps, 2019

Área del proyecto de biodegradación de residuos sólidos orgánicos

A continuación, se presenta la infraestructura a implementar para el proceso de biodegradación de los residuos sólidos orgánicos en el Centro Poblado Osoynik:

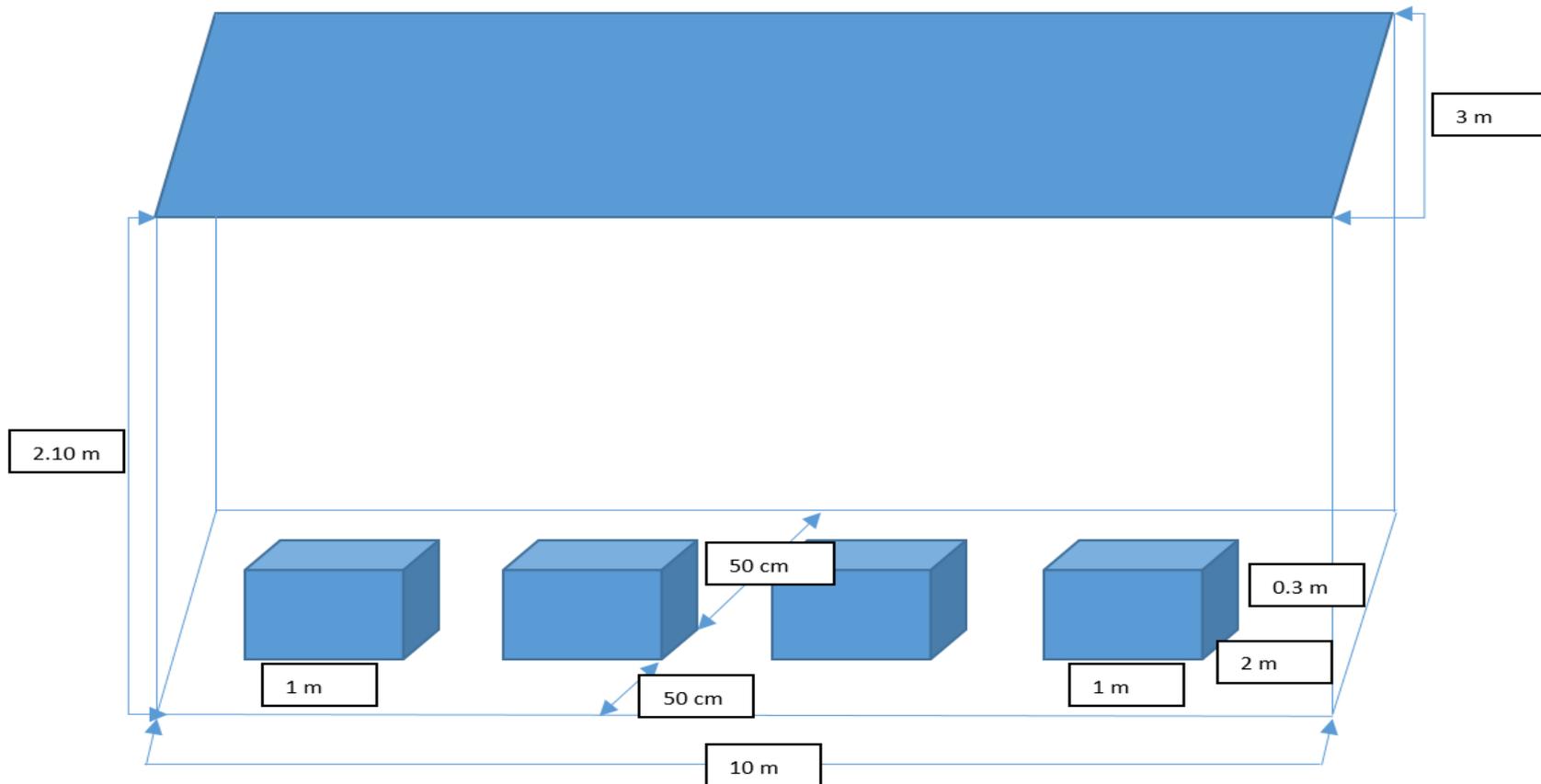


Figura N° 7: Infraestructura del proceso de biodegradación

Fuente: Propia

Se tuvo un área de 30 m² en el cual se elaboró la formación de las 4 pilas de biodegradación de los residuos sólidos orgánicos, las cuales tuvieron dimensiones de 2 m de largo, 1 m de ancho y 0.3 m de alto, así como se observa en la figura N° 7.

Es decir, para cada pila, se obtuvo un área de 2 m² para la biodegradación de los residuos sólidos orgánicos.

Tabla 11. Dimensionamiento de las pilas de compostaje

Área	Dimensiones
Pilas de compost	Largo: 2m Ancho: 1m Altura: 0.3m
Área propiamente dicha a trabajar	12 m ²
Área total	30 m ²

Fuente: Propia

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Materiales, equipos y herramientas utilizadas para el correcto desarrollo del proyecto de investigación:

Tabla 12. Materiales y equipos

Materiales y herramientas	Equipos
16 Bolsas ziploc de 1 Kg	01 Balanza electrónica
01 Plumón indeleble	01 Termómetro
01 Lampa grande	01 pHmetro
01 Lampa chica (muestreo)	
01 Pico	
01 Rastrillo	
Residuos orgánicos	
Estiércol de cerdo	
Hojarasca	
EM	
01 par de guantes de protección para el volteo	
01 par de guantes quirúrgicos	
01 par de botas de jebe	
01 guardapolvo	

Fuente: Propia

Descripción del procedimiento del proyecto

Se siguieron ciertos procedimientos para el desarrollo de la presente investigación, para ello se describieron cada uno de los pasos seguidos, a fin de conseguir el producto final, el cual es objeto de estudio.

Acondicionamiento del área, determinación del lugar específico para el proceso de compostaje.

Se ubica el área de compostaje en una porción de terreno dado por los agricultores y criadores de cerdos del Centro Poblado Osoynik, debido a que el espacio fue oportuno y con muy poca circulación de la población, además que contó con las características ambientales adecuadas de aireación, temperatura y el recurso suelo para poder implementar allí el proceso de biodegradación.

- Se midió el área determinada de 30 m² con una wincha.
- Se empezó con la eliminación de la maleza que abundaba en el terreno.
- Se trasladó los pedregales y se niveló el suelo para la uniformidad de las pilas de compostaje.
- Se cercó el área de 30 m² con plástico azul y estacas de bambú tomadas de la zona alrededor.



Figura 8. Acondicionamiento del terreno

Fuente: Propia

Activación de los EM (Se realizó basado en el Portal Oficial de la Tecnología EM).

El portal de la tecnología EM recomienda la mezcla de 1 litro de EM con 1 litro de melaza y 18 litros de agua, sin embargo, para efectos prácticos de su preparación (activación), estas cantidades se redujeron a la mitad de su recomendación, por ende, se utilizaron 0.5 litros de EM, 0.5 litros de melaza y 9 litros de agua, este proceso se realizó dos veces, para completar los 20 litros en total.

Cuando el pH de la solución esté debajo de 4.0, o cuando presente un olor agridulce (agradable) y exista un cambio de color de café-oscuro a café-anaranjado, entonces la solución está lista para su aplicación.



Figura 9. Activación de los EM

Fuente: Elaboración propia, 2019

Recolección de los residuos sólidos orgánicos.

Para la recolección de los residuos sólidos orgánicos, se realizó el proceso de obtención de dichos residuos tanto domiciliarios, así como también de los mercados, luego se procedió a pesarlos con una balanza electrónica para así poder saber la cantidad de residuos sólidos orgánicos que se utilizarán en el proceso de compostaje.

- Residuos sólidos orgánicos domiciliarios y de mercados
- Estiércol de cerdo de la crianza de los agricultores
- Hojarasca



Figura 10. Recolección de residuos sólidos orgánicos

Fuente: Propia

Implementación de las pilas de biodegradación.

Se implementaron 4 pilas de biodegradación cuyas dimensiones de cada una fueron detalladas anteriormente.

Estructuración de las pilas de biodegradación.

Aquí se describen la composición de cada una de las pilas, ya que por ser de diseño cuasiexperimental, se contó con 3 pilas donde se les aplicó EM y una, la cual fue el piloto (testigo) de investigación sin aplicación de EM, además, todos los residuos sólidos orgánicos fueron triturados para una mejor asimilación en el proceso de compostaje por los microorganismos.

A continuación, la descripción de cada una de las pilas:

1° pila.

Estuvo compuesta por hojarasca, residuo orgánico y foliado con EM, siendo esto repetido en cada capa 5 veces. Se presentan las capas de abajo hacia arriba.

- Hojarasca: 5.1 kg
- Residuos sólidos orgánicos: 16.9 kg
- Foliado con EM: 4 L

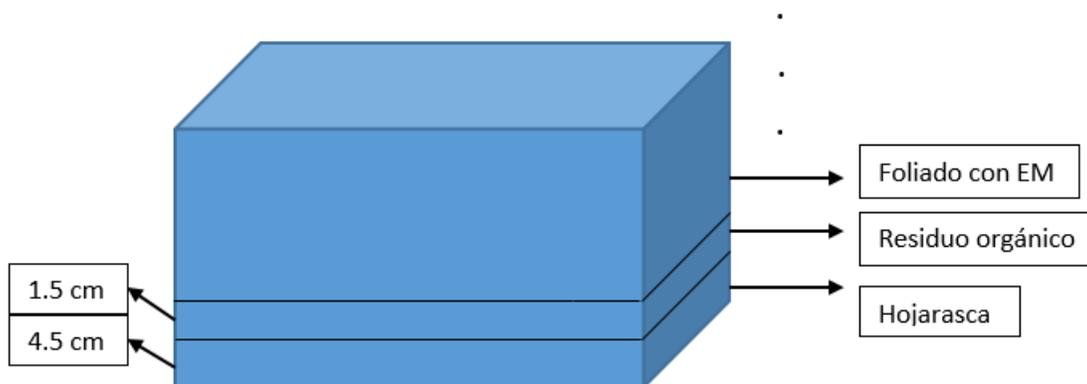


Figura 11. Armado de la primera pila (P-1)

Fuente: Propia

2º pila.

Estuvo compuesta por hojarasca, residuo orgánico, estiércol de cerdo y foliado con EM, siendo esto repetido en cada capa 5 veces. Se presentan las capas de abajo hacia arriba.

- Hojarasca: 2.5 kg
- Residuos sólidos orgánicos: 9.8 kg
- Estiércol de cerdo: 9.7 kg
- Foliado con EM: 4 L

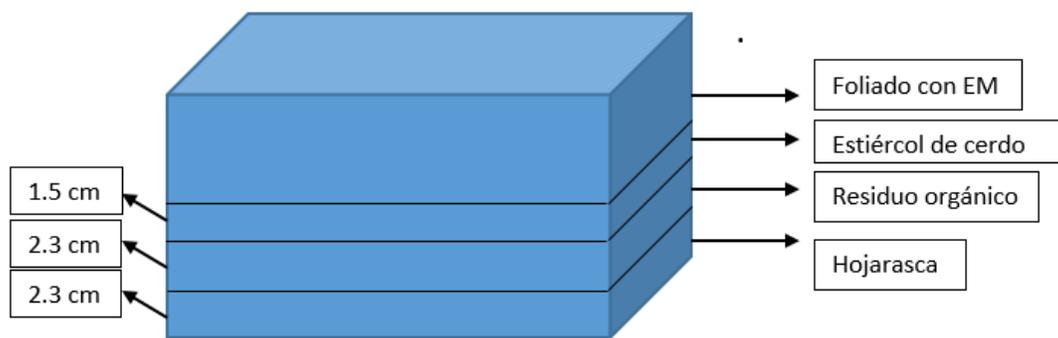


Figura 12. Armado de la segunda pila (P-2)

Fuente: Propia

3° pila.

Estuvo compuesta por residuo orgánico, estiércol de cerdo y foliado con EM, siendo esto repetido en cada capa 5 veces. Se presentan las capas de abajo hacia arriba.

- Residuos orgánicos: 12.3 kg
- Estiércol de cerdo: 9.7 kg
- Foliado con EM: 4 L

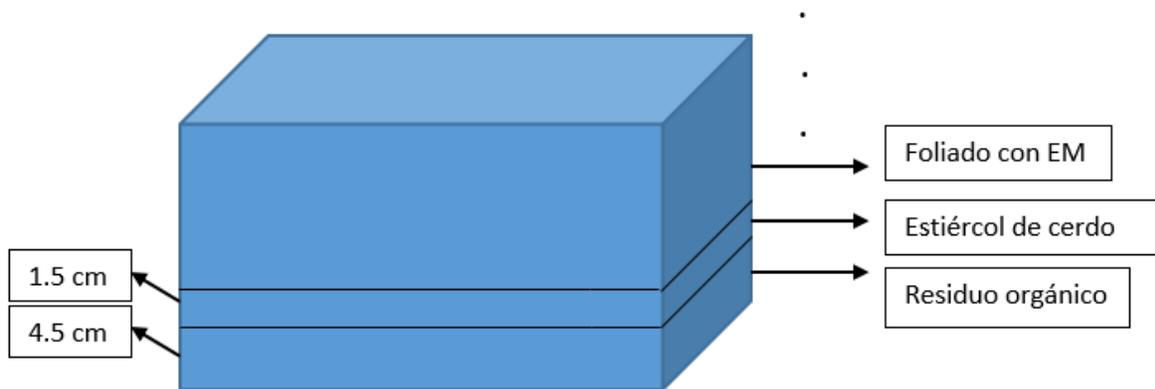


Figura 13. Armado de la tercera pila (P-3)

Fuente: Propia

4º pila o tratamiento control (testigo).

Estuvo compuesta por hojarasca, residuo orgánico y estiércol de cerdo, siendo esto repetido en cada capa 5 veces.

- Hojarasca: 2.5 kg
- Residuos orgánicos: 9.8 kg
- Estiércol de cerdo: 9.7 kg

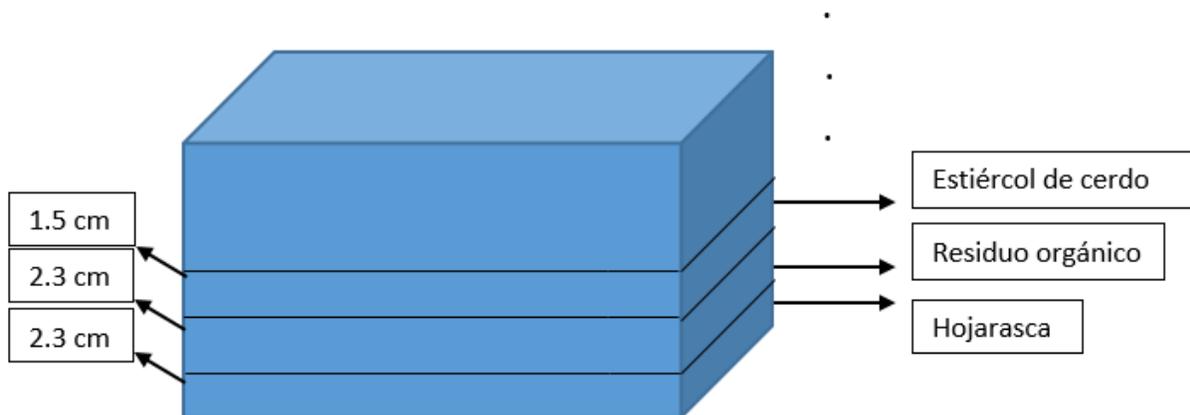


Figura 14. Armado de la cuarta pila (P-4)

Fuente: Propia

Aplicación del EM.

Se le aplicó el EM luego de cada capa de materia orgánica y estiércol de cerdo.

Además, también luego de cada volteo (2 veces por semana) se le aplicó nuevamente el EM excepto al testigo, esto se detalla a continuación.

Volteos y mediciones de los parámetros importantes.

Los volteos se realizaron 2 días a la semana para las pilas con EM, los días lunes y jueves, y para el piloto o tratamiento control (testigo) solo se realizará 1 vez por semana, los días lunes.

Además, tres veces por semana se realizaron la medición de los parámetros importantes, los cuales son: El pH, la temperatura y el porcentaje de humedad. Los dos primeros se realizaron con instrumentos de medición y el último mediante la técnica de presión.



Figura 15. Volteos de las 4 pilas en orden de izquierda a derecha

Fuente: Propia



Figura 16. Medición de los parámetros básicos in situ de las 4 pilas (Temperatura, pH)

Fuente: Propia

Toma de muestra

Se tomaron 1 kg de muestra en bolsa ziploc de cada una de las pilas formadas luego del volteo, las cuatro muestras por cada pila se llevaron al laboratorio de análisis de suelos de la Facultad de Agronomía en la Universidad Nacional Agraria La Molina, esto se realizó tres veces a los 20, 30 y 40 días del proceso de biodegradación de los residuos sólidos orgánicos, y se obtuvo 12 muestras en total.



Figura 17. Tamizado y pesado de las muestras

Fuente: Propia



Figura 18. Toma de muestras para análisis fisicoquímico

Fuente: Propia

Obtención del producto (compost).

Se obtuvo el producto final (compost) luego de 40; 34; 30 y 90 días de la primera, segunda, tercera y cuarta pila respectivamente.

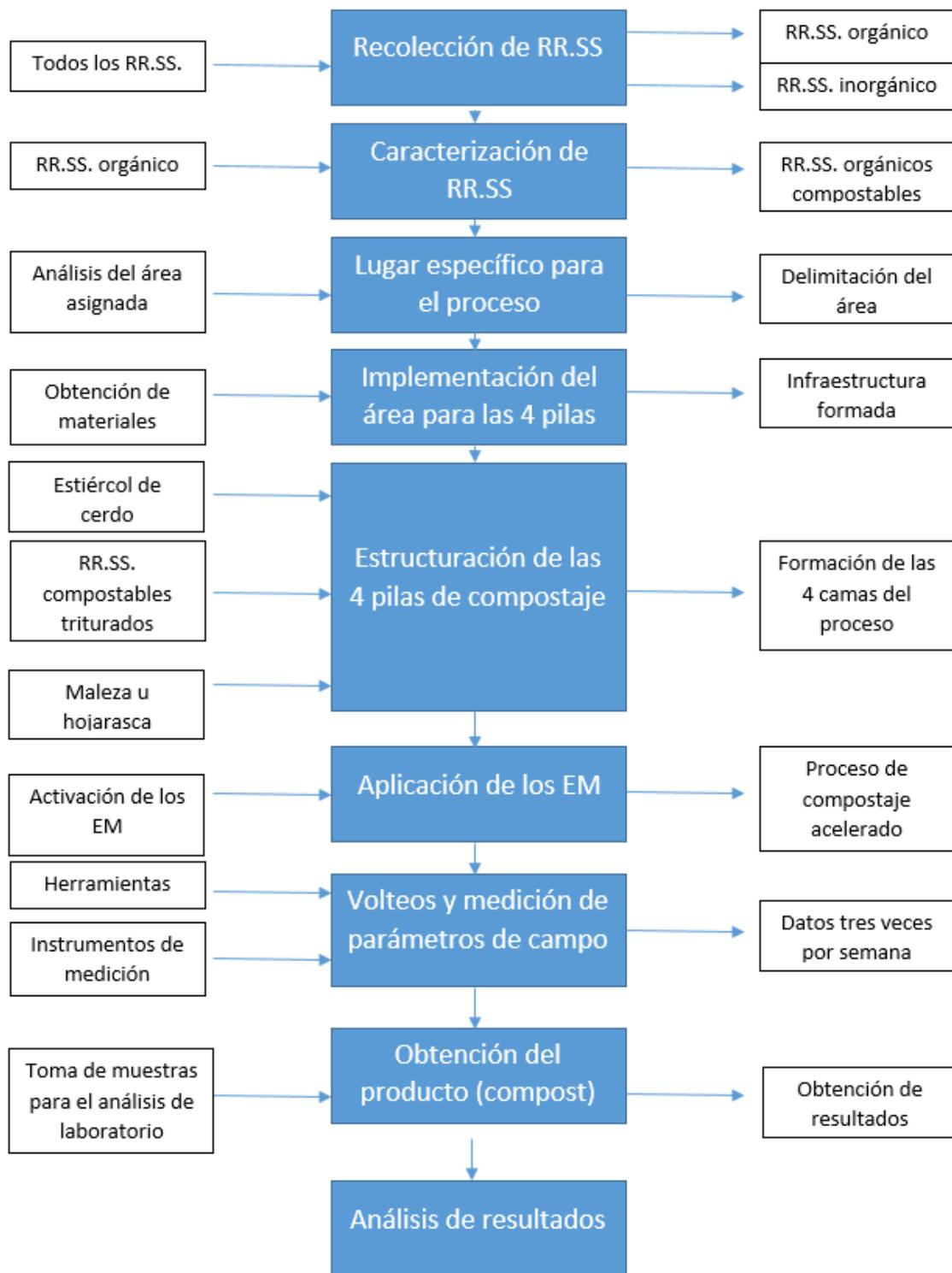


Figura 19. Diagrama de bloques del proceso de biodegradación de residuos sólidos orgánicos domiciliarios y del estiércol de cerdo

Fuente: Propia

2.4.1. Técnica de recolección de datos

En el presente trabajo de investigación se empleó la técnica de observación, debido a que a través de la observación se identificaron los cambios en las características del proceso de experimentación, también se realizó la medición directa con los instrumentos de campo en las unidades de análisis respectivas, las cuales están conformadas por las 4 pilas de residuos sólidos orgánicos a implementar.

Se emplearon fichas de campo para la recolección de datos in situ como la medición de los parámetros de campo, es decir, el pH, la temperatura y el porcentaje de humedad de cada pila.

2.4.2. Instrumento de recolección de datos

Son los instrumentos en los cuales se recopiló los datos obtenidos por los parámetros fisicoquímicos y la capacidad de biodegradación de los microorganismos eficientes.

A. Validez del instrumento

Se presenta el cuadro de los 3 jueces que evaluaron los instrumentos:

Tabla 13. *Jueces expertos*

Nº	Experto	Especialidad
01	Dr. Abner Chavez Leandro	Ingeniero Agrónomo
02	Dr. Carlos Cabrera Carranza	Ingeniero Pesquero
03	Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar	Ingeniero Químico

Fuente: Propia

En los anexos 1 y 2 se presentan los instrumentos evaluados por los jueces expertos.

B. Confiabilidad del instrumento

Según Quiroz (2015) dice que la confiabilidad es el grado de consistencia que debe tener un instrumento, que nos otorgó alcanzar resultados equitativos o similares, en continuos procesos de recolección de datos (p.18).

Por ende, la confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos de la presente investigación será evaluada mediante el análisis de los datos obtenidos en el proceso iniciado de la experimentación a través del software SPSS.

2.5. Métodos de análisis de datos

Se realizó el análisis descriptivo de los cuadros obtenidos luego de la generación de los mismos y gráficos del proceso de biodegradación del estiércol de cerdo, a través de software como Microsoft Excel el cual es de tipo estadístico.

El análisis inferencial se realizó con todos los datos recolectados del proceso de biodegradación del estiércol de cerdo obtenidos del análisis de laboratorio de las muestras, todos los indicadores fueron analizados estadísticamente utilizando el software SPSS.

Prueba de normalidad: La prueba de normalidad es un modelo de probabilidad conocida como distribución normal, por ende, como en todo modelo se origina debido a una distribución teórica que plasmado en la realidad es difícil que se haga notar tal cual es, sin embargo, si se puede llegar a ella (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p. 308). Esta prueba analiza si los resultados obtenidos tienen una distribución normal o distribución no normal, si se resuelve en una distribución normal de los resultados se sigue los análisis paramétricos, caso contrario se sigue los análisis no paramétricos.

Para realizar la estadística inferencial se debe cumplir con lo siguiente: que los resultados tengan distribución normal, que las escalas de medición de las variables sean de razón, que tengan una varianza homogénea con todo ello se determina los análisis paramétricos (Hernández, *et al*, 2010, p. 311).

Prueba de Shapiro Wilk: Para saber si los resultados de esta investigación pertenecen a una distribución normal se realizó la prueba de Shapiro Wilk que se utiliza para las muestras pequeñas menores a 30 individuos.

Prueba de T student para muestras relacionadas: Es una prueba estadística para hallar en dos grupos si existe diferencia de forma significativa con respecto a sus medias en una variable (Fernández *et al*, 2010, p. 319).

2.6. Aspectos éticos

Se indica la veracidad de los resultados obtenidos en el proceso de experimentación de la presente investigación, también, se menciona el total respeto de la propiedad intelectual de todo el material bibliográfico citando a los autores de teorías y conceptos rescatados para

la presente investigación, y, además, cabe resaltar que el formato por el cual se rige esta investigación es con un sistema y estilo referencial internacional ISO 690.

III. RESULTADOS

Se sintetizó los datos recolectados respecto a los objetivos planteados para el desarrollo de esta investigación, se procedió del siguiente modo:

3.1. Cantidad de residuos sólidos orgánicos

Residuos sólidos orgánicos recolectados

Se pesaron las cantidades de residuos sólidos orgánicos que se utilizaron para la formación de las pilas de compostaje para cada capa en su estructura. Los pesos respectivos de cada tipo de residuo sólido orgánico se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 14. Cantidad de residuos sólidos orgánicos inicial

Pila	Peso (kg)				
	Hojarasca	Residuo orgánico	Estiércol de cerdo	EM (Litros)	TOTAL
1º	5.1	16.9	(-)	5	22
2º	2.5	9.8	9.7	5	22
3º	(-)	12.3	9.7	5	22
4º (control)	2.5	9.8	9.7	(-)	22

Fuente: Elaboración Propia, 2019

Se observa que la cantidad total de peso que presenta cada pila es la misma para todos con un valor de 22 kg, pero algunas de ellas no presentan la misma cantidad de materia prima en cada capa por la diferente composición de las mismas.

Residuos sólidos orgánicos biodegradados

Tabla 15. Cantidad de residuos sólidos orgánicos obtenido

Pila	Medición	
	PESO FINAL (kg)	COMPARACIÓN DE LA ACTIVIDAD MICROBIANA RESPECTO AL PESO (%)
1º	15	CP-1 = $[15 / 22] \times 100\%$ CP-1 = 68.18 %
2º	20	CP-2 = $[20 / 22] \times 100\%$ CP-1 = 90.91 %
3º	21	CP-3 = $[21 / 22] \times 100\%$ CP-1 = 95.45 %
4º (control)	10	CP-4 = $[10 / 22] \times 100\%$ CP-1 = 45.45 %

Fuente: Elaboración Propia, 2019

En el cuadro 15 se puede observar que el tercer tratamiento (P-3) fue la pila con mayor eficiencia de biodegradación de los residuos sólidos orgánicos con un valor de 95.45%, seguido del segundo tratamiento (P-2) con un 90.91% de eficiencia, luego el primer tratamiento (P-1) con un 68.18% de eficiencia y por último el cuarto tratamiento (P-4) con un 45.45% de eficiencia en la biodegradación de los residuos sólidos orgánicos.

3.2. Tiempo de los días de obtención del producto orgánico (compost)

Tabla 16. Comparación de los días de obtención del compost

Pila	Tiempo (días)
1º	40
2º	34
3º	30
4º (control)	60

Fuente: Elaboración Propia, 2019

En la tabla 16 se presenta el tiempo que cada pila se demoró para la obtención del producto final, aplicando el EM solo en las tres primeras pilas de compost.

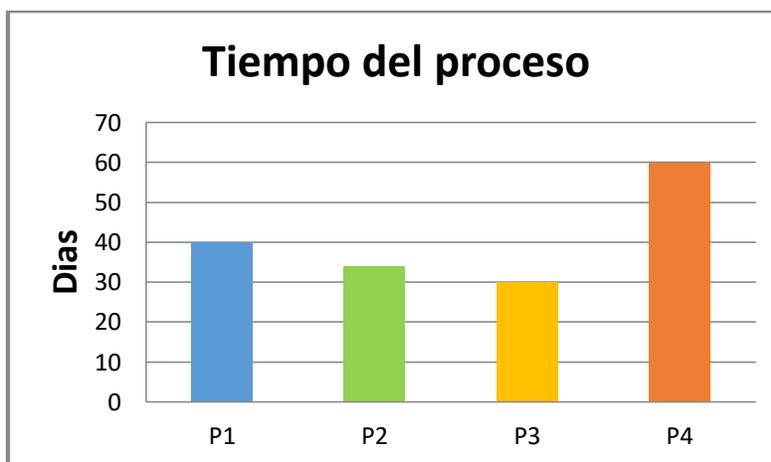


Figura 20. Comparación de los días de cosecha entre los diferentes abonos orgánicos

Fuente: Elaboración Propia, 2019

En la figura 20, se observa que la pila 3 y la pila 2 son los tratamientos en los cuales la biodegradación de los residuos sólidos orgánicos se dio de manera más rápida y en el menor tiempo posible con 30 y 34 días respectivamente, ya que la pila 3 estaba compuesto por capas

de residuos sólidos orgánicos, estiércol de cerdo y foliado con EM sin la necesidad de hojarasca en toda la pila, a diferencia de la pila 2, en la cual contaba con la misma composición mencionada pero además tenía capas de hojarasca.

3.3. Analizar el proceso más eficiente según los parámetros medidos en campo y laboratorio para la producción de abono (compost)

Resultados de humedad

La humedad es un indicador de gran importancia para la obtención del producto final de la biodegradación de la materia orgánica, esto se relaciona de manera directa a la estructura y formación de la microbiota en la misma, siendo esto alterado con el cambio de temperatura y en el caso de la materia orgánica en su variación de transformación. Los valores porcentuales de humedad según la FAO deben estar comprendidos entre el 30 y 40 % El porcentaje de humedad aceptable debe contener valores dentro del rango del 30% - 40% según la FAO para el abono orgánico maduro.

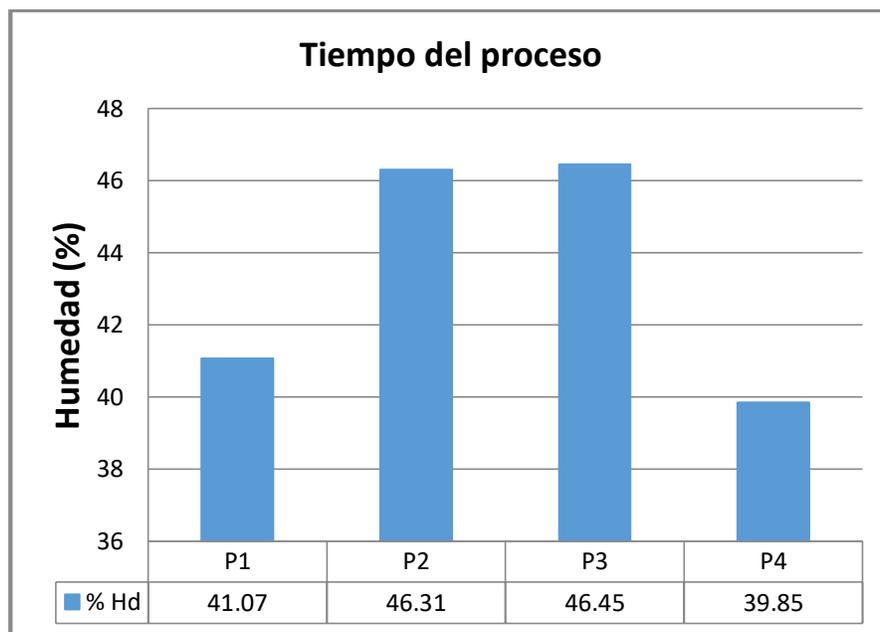


Figura 21. Porcentaje de Humedad

Fuente: Elaboración Propia, 2019

En la figura 21, se analiza que la pila en la cual se tuvo el valor de porcentaje de humedad más alto que las demás, es en la pila 3, con un valor de 46.45%, seguidamente de la pila 2 con un valor de 46.31%, después, la pila 1, con un valor de 41.07 y por último la pila 4,

con un valor de 39.85%. Este último resultado es el valor que se ubica dentro del rango adecuado estimado por FAO de 30 a 40%, por lo tanto, se considera la pila más óptima de todas las presentes respecto a humedad ya que permitirá un correcto crecimiento poblacional microbiano en general.

Tabla 17. Resultados de los valores de temperatura y pH para la obtención del compost

Semana	Pila	Parámetro		
		pH	TEMPERATURA (°C)	
			2 puntos	promedio
1	1°	5.32	31.8+43.2	37.50
2		5.4	38.8+28	33.40
3		6	31+29	30.00
4		7.81	34.3+37.8	36.05
5		4.29	33.8+32.3	33.05
1	2°	5.33	44.6+46.7	45.65
2		5.54	51.4+34.8	43.10
3		5.72	51.5+28.5	40.00
4		7.85	40.7+52.2	46.45
5		4.58	36+33.3	34.65
1	3°	5.41	27.7+43.6	35.65
2		6.32	44.9+30	37.45
3		6.21	37.3+29.7	33.50
4		7.4	41.5+48.5	45.00
5		4.81	40.9+34.8	37.85
1	4° (control)	5.53	26.9+26.5	26.70
2		5.41	42.1+32.2	37.15
3		6.4	36.4+26.4	31.40
4		7.33	40.5+45.1	42.80
5		5.49	38.9+35.3	37.10

Fuente: Elaboración Propia, 2019

Resultados de temperatura

La temperatura es un indicador que nos dice que el desarrollo de la actividad microbiana está en constante cambio gracias a su elevación y su descenso, esto es en el proceso de compostaje. Se hicieron las mediciones en un intervalo de dos (02) días, es decir, tres (03) veces por semana.

Tabla 18. Resultados de temperatura obtenidos en el proceso de compostaje

PILA	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5
1º	37.50	33.40	30.00	36.05	33.05
2º	45.65	43.10	40.00	46.45	34.65
3º	35.65	37.45	33.50	45.00	37.85
4º (control)	26.70	37.15	31.40	42.80	37.10

Fuente: Elaboración propia, 2019

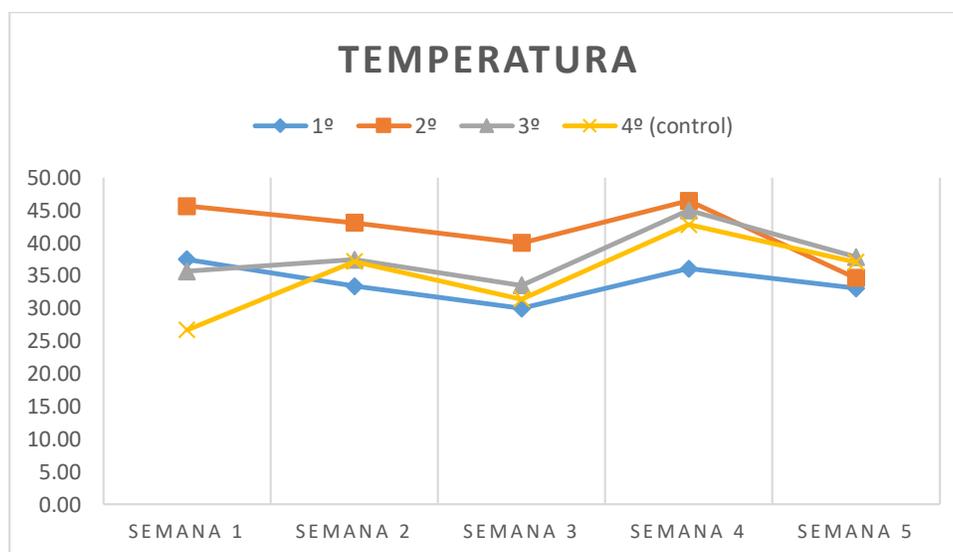


Figura 22. Gráfico de temperatura obtenidos durante el proceso de compostaje

Fuente: Elaboración propia, 2019

En la figura 22, se muestra que en las primera semanas la temperatura era alrededor de 25 °C a 45 °C, a partir de la semana 4 se observó un aumento elevado de la temperatura debido a la presencia de una mayor actividad microbiana, en la cual realizan la degradación de los azúcares y aminoácidos presentes en toda la materia orgánica, esta temperatura favorece la descomposición llegando a ser la máxima temperatura el valor de 46.5 °C en la 2º pila, el cual corresponde al tratamiento completo de hojarasca, materia orgánica, estiércol de cerdo y EM.

Resultados de pH

El parámetro pH se midió como otro indicador de control durante el proceso de degradación de la materia orgánica, este parámetro es un indicador de que el proceso de descomposición se está realizando adecuadamente y en consecuencia que va transcurriendo la descomposición de la materia orgánica el pH va variando como se muestra en la tabla 19.

Tabla 19. Resultados de pH

PARAMETRO	TRATAMIENTO	RESULTADO
pH (Unidad de pH)	T-1	9,4
		9,5
		9,5
	T-2	7,5
		7,2
		7,4
	T-3	8,0
		6,8
		6,5
	T-4	6,9
		6,7
		6,9

Fuente: Elaboración propia, 2019

En la Tabla 19, se evidenció que los valores de pH luego de los tratamientos realizados, presentan valores promedios aceptables según la FAO, contenidos en los rangos de 6,5 - 8,5, exceptuando los valores de la primera pila, en la cual son más alcalinos que el promedio.

De igual modo, se realizó las pruebas de normalidad para el pH según los tratamientos, resultando la Tabla 20.

Tabla 20. Pruebas de normalidad de pH según Tratamiento

TRATAMIENTO		Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
pH	1	,253	3	.	,964	3	,637
	2	,216	3	.	,989	3	,797
	3	,315	3	.	,891	3	,358
	4	,339	3	.	,850	3	,241

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2019

La Tabla 20, muestra que los datos de pH generados a través de la fase experimental obedecen a un comportamiento de una distribución normal, donde se toman los valores de Shapiro-Wilk por representar muestras pequeñas (< 30). Los P-Valor son mayores a 0.05, lo que evidencia que los datos están en el rango del 95% de confiabilidad.

Luego, se procede a realizar la Prueba de Homogeneidad de varianza de Levene (Tabla 21), para determinar la existencia de diferencias entre varianzas de los valores de pH y confirmar la continuación con la prueba de ANOVA.

Tabla 21. Prueba de homogeneidad de varianzas de pH

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
8,866	3	8	,006

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2018

Ho: Si existió diferencia entre la varianza de Ph.

En la Tabla 21, nos muestra que se obtiene un P-Valor $< 0,05$, lo que indica que si existe diferencia de varianzas. Por lo cual, se procedió a utilizar el ANOVA de un factor (Tabla 22), para ver si existe diferencia significativa entre los grupos de medias de pH, según los tratamientos usados.

Tabla 22. ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	13,047	3	4,349	27,188	,000
Dentro de grupos	1,280	8	,160		
Total	14,326	11			

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2018

H1: Existió diferencia significativa de medias de pH.

La Tabla 22, presenta El ANOVA indica que hay diferencias de medias entre los valores de pH, de acuerdo con los tratamientos usados.

Para los valores de pH, con P-valor < 0.05 , se procedió a realizar la prueba de pos Hoc de HSD de Tukey para conocer que grupos presentan mayor diferencia. Se comparó grupo por grupo para encontrar su diferencia (Tabla 23).

Tabla 23. Prueba de pos Hoc de HSD de Tukey

(I) TRATAMIENTO	(J) TRATAMIENTO	Diferencia de	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
		medias (I-J)			Límite inferior	Límite superior
P-1	P-2	2,1033*	,3266	,001	1,058	3,149
	P-3	2,3600*	,3266	,000	1,314	3,406
	P-4	2,6400*	,3266	,000	1,594	3,686
P-2	P-1	-2,1033*	,3266	,001	-3,149	-1,058
	P-3	,2567	,3266	,859	-,789	1,302
	P-4	,5367	,3266	,409	-,509	1,582
P-3	P-1	-2,3600*	,3266	,000	-3,406	-1,314
	P-2	-,2567	,3266	,859	-1,302	,789
	P-4	,2800	,3266	,826	-,766	1,326
P-4	P-1	-2,6400*	,3266	,000	-3,686	-1,594
	P-2	-,5367	,3266	,409	-1,582	,509
	P-3	-,2800	,3266	,826	-1,326	,766

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2018

H1: Existió diferencia significativa en los valores de los tratamientos: P-1 y P-4.

En la Tabla 23, se observa que las diferencias significativas se encuentran entre los grupos de los tratamientos: P-1 y P-4, debido a que son $P < 0.05$.

Tabla 24. Promedios de los valores de pH

PILA	MEDIAS
P-1	9.5
P-2	7.4
P-3	7.1
P-4	6.8

Fuente: Elaboración propia, 2019

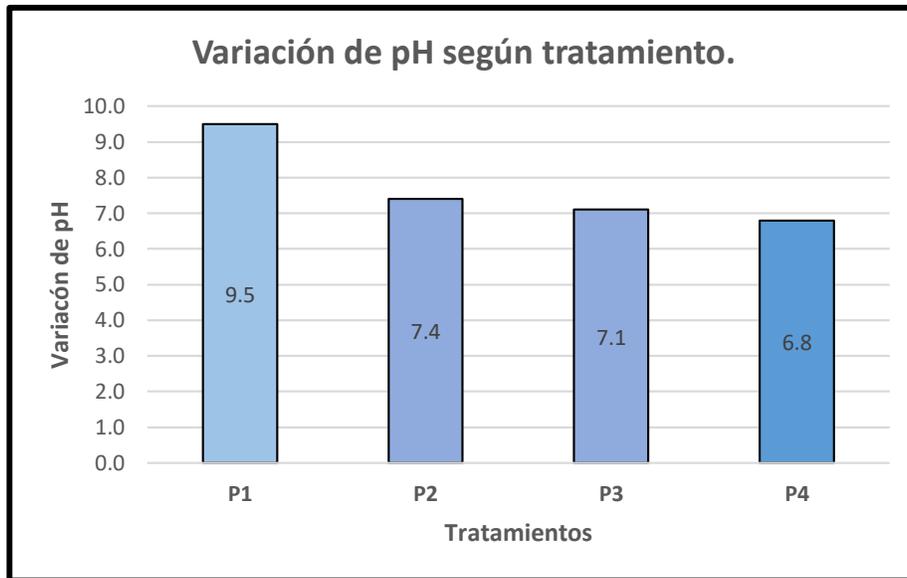


Figura 23. Valor promedio de la variación del pH por tratamiento

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 25. Resultados de pH

PILA	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5
1º	5.32	5.4	6	7.81	4.29
2º	5.33	5.54	5.72	7.85	4.58
3º	5.41	6.32	6.21	7.4	4.81
4º (control)	5.53	5.41	6.4	7.33	5.49

Fuente: Elaboración propia, 2019

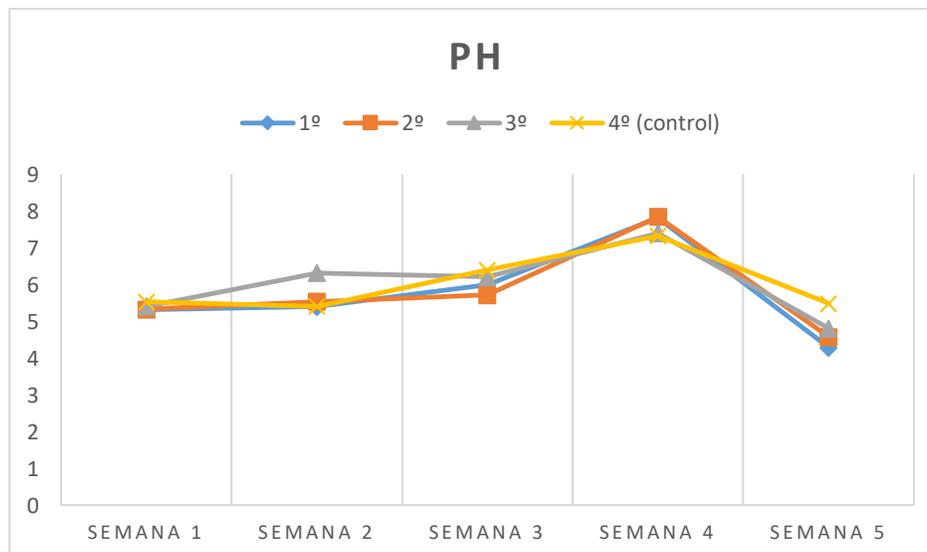


Figura 24. Gráfico de valores de pH obtenidos durante el proceso de compostaje

Fuente: Elaboración propia, 2019

En la Figura 24, se evidenció que los valores de pH luego de los tratamientos realizados en la semana 3 y 4, presentan valores promedios aceptables según la FAO, contenidos en los rangos de 6,5 - 8,5.

Conclusión Estadística

La aplicación del tratamiento P-4. respecto a los valores de pH presenta la mayor diferencia de medias (2,6400), lo que nos indica que es el tratamiento que presenta mayores valores significativos de pH, evidenciados con valores promedios aceptables según la FAO, contenidos en los rangos de valores de pH de 6,5 - 8,5.

Resultados de Materia Orgánica

El indicador de materia orgánica es un valor importante en la conversión de materias primas para la obtención de productos orgánicos, en la cual sería de condiciones complicadas si se realiza en un top soil de propiedades inadecuadas o pobres. En la siguiente tabla se presenta el análisis del presente indicador en las pilas, cuyos tratamientos para la obtención del producto biodegradado se analizaron en los últimos procesos o etapas.

Tabla 26. Resultados de Materia Orgánica

PARAMETRO	TRATAMIENTO	RESULTADO
Materia Orgánica (% M.O.)	P-1	43,49
		45,63
		40,02
	P-2	37,79
		44,55
		37,61
	P-3	55,79
		56,50
		49,75
	P-4	55,29
		62,71
		51,08

Fuente: Elaboración propia, 2019

En la Tabla 26, se evidenció que los valores de materia orgánica luego de los tratamientos realizados, presentan valores promedios aceptables según la FAO, contenidos en los rangos mayores al 20%.

De igual modo, se realizó las pruebas de normalidad para materia orgánica según los Tratamientos, esto resultados se muestran en la Tabla 27.

Tabla 27. Pruebas de normalidad de materia orgánica según tratamiento

TRATAMIENTO		Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
M.O.	1	,229	3	.	,982	3	,740
	2	,377	3	.	,769	3	,043
	3	,351	3	.	,828	3	,183
	4	,239	3	.	,975	3	,698

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2019.

La Tabla 27, muestra que los datos de materia orgánica generados a través de la fase experimental obedecen a un comportamiento de una distribución normal, donde se toman los valores de Shapiro-Wilk por representar muestras pequeñas (< 30). Los P-Valor son mayores a 0.05, lo que evidencia que los datos están en el rango del 95% de confiabilidad.

Luego, se procede a realizar la Prueba de Homogeneidad de varianza de Levene (Tabla 28), para determinar la existencia de diferencias entre varianzas de los valores de materia orgánica y confirmar la continuación con la prueba de ANOVA.

Tabla 28. Prueba de homogeneidad de varianzas

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
,767	3	8	,544

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2019.

Ho: No existió diferencia entre la varianza de materia orgánica.

En la Tabla 28, nos muestra que se obtiene un P-Valor > 0,05, lo que indica que no existe diferencia de varianzas. Por lo cual, se procedió a utilizar el ANOVA de un factor (Tabla 29), para ver si existe diferencia significativa entre los grupos de medias de materia orgánica, según los tratamientos usados.

Tabla 29. ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	583,080	3	194,360	10,783	,003
Dentro de grupos	144,191	8	18,024		
Total	727,270	11			

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2019.

H1: Existió diferencia significativa de medias de materia orgánica.

La Tabla 29, presenta El ANOVA indica que hay diferencias de medias entre los valores de materia orgánica, de acuerdo con los tratamientos usados.

Para los valores de materia orgánica, con P-valor < 0.05, se procedió a realizar la prueba de pos Hoc de HSD de Tukey para conocer que grupos presentan mayor diferencia. Se comparó grupo por grupo para encontrar su diferencia (Tabla 30).

Tabla 30. Prueba de pos Hoc de HSD de Tukey

(I) TRATAMIENTO	(J) TRATAMIENTO	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
P-1	P-2	3,06333	3,46639	,813	-8,0373	14,1639
	P-3	-10,96667	3,46639	,053	-22,0673	,1339
	P-4	-13,31333*	3,46639	,021	-24,4139	-2,2127
P-2	P-1	-3,06333	3,46639	,813	-14,1639	8,0373
	P-3	-14,03000*	3,46639	,016	-25,1306	-2,9294
	P-4	-16,37667*	3,46639	,007	-27,4773	-5,2761
P-3	P-1	10,96667	3,46639	,053	-,1339	22,0673
	P-2	14,03000*	3,46639	,016	2,9294	25,1306
	P-4	-2,34667	3,46639	,903	-13,4473	8,7539
P-4	P-1	13,31333*	3,46639	,021	2,2127	24,4139
	P-2	16,37667*	3,46639	,007	5,2761	27,4773
	P-3	2,34667	3,46639	,903	-8,7539	13,4473

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2019.

H1: Existió diferencia significativa en los valores de los tratamientos: P-2 y P-4.

En la Tabla 30, se observa que las diferencias significativas se encuentran entre los grupos de los tratamientos: P-2 y P-4, debido a que son $P < 0.05$.

Tabla 31. Promedios de los valores del porcentaje de materia orgánica

PILA	MEDIAS M.O.
P-1	43.0
P-2	40.0
P-3	54.0
P-4	56.4

Fuente: Elaboración propia, 2019

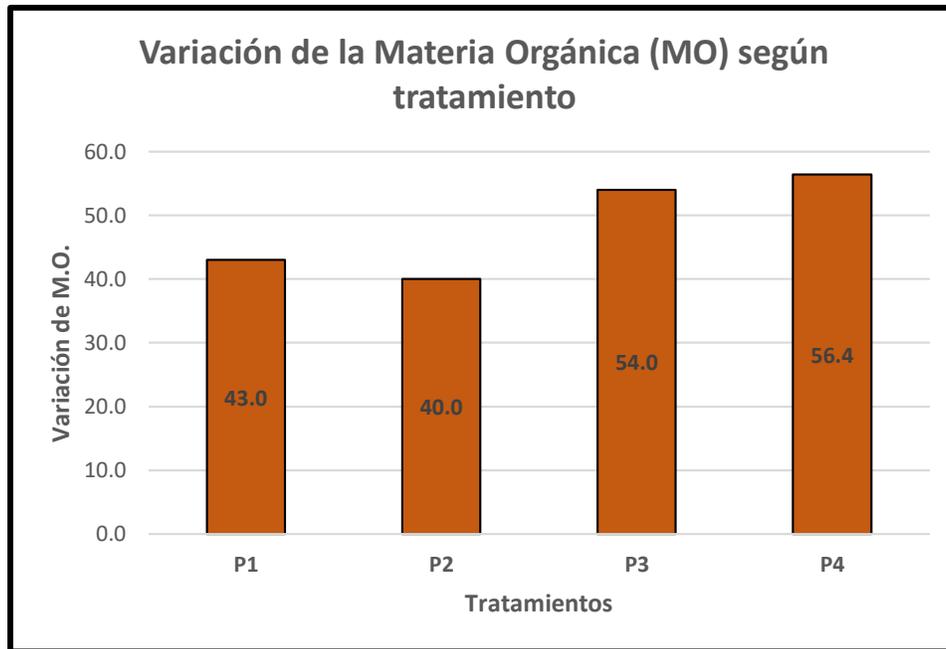


Figura 25. Valor promedio de la variación de la materia orgánica por tratamiento

Fuente: Elaboración propia, 2019

La aplicación del tratamiento P-4 respecto a los valores de materia orgánica presenta la mayor diferencia de medias, lo que nos indica que es el tratamiento que presenta mayores valores significativos de materia orgánica, evidenciados con valores promedios aceptables según la FAO, contenidos en los rangos de valores mayores al 20% luego de la fase de estabilización.

Resultados de Nitrógeno

En el desarrollo de la obtención del compost por la biodegradación de la materia orgánica, el valor o cantidad de nitrógeno asciende debido a la transformación que sufre este en el compuesto amoniacal, mayor aun debido al cambio de temperatura en aumento y el pH en descenso. A continuación, se analiza dicho cambio del porcentaje de nitrógeno en los procesos de la biodegradación de la materia orgánica aplicando microorganismos eficientes en el transcurso de las últimas etapas de cada pila, termófila, de enfriamiento y maduración.

Tabla 32. Resultados de porcentaje de Nitrógeno (N)

PARAMETRO	TRATAMIENTO	RESULTADO
Nitrógeno (% N)	P-1	1,32
		1,47
		1,72
	P-2	1,79
		1,86
		2,22
	P-3	1,44
		1,51
		1,90
	P-4	1,85
		2,10
		2,08

Fuente: Elaboración propia, 2019

En la Tabla 32, se evidenció que los valores del nitrógeno luego de los procesos realizados, presentan valores promedios aceptables según la FAO, contenidos en los rangos del 1% a 2,5%.

De igual modo, se realizó las pruebas de normalidad para el nitrógeno según los tratamientos, resultando la Tabla 33.

Tabla 33. Pruebas de normalidad del porcentaje de nitrógeno según tratamiento

TRATAMIENTO		Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
N	1	,232	3	.	,980	3	,726
	2	,329	3	.	,868	3	,291
	3	,333	3	.	,861	3	,271
	4	,359	3	.	,810	3	,138

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2019.

La Tabla 33, muestra que los valores del nitrógeno generados a través de la fase experimental obedecen a un comportamiento de una distribución normal, donde se toman los valores de Shapiro-Wilk por representar muestras pequeñas (< 30). Los P-Valor son mayores a 0.05, lo que evidencia que los datos están en el rango del 95% de confiabilidad.

Luego, se procede a realizar la Prueba de Homogeneidad de varianza de Levene (Tabla 34), para determinar la existencia de diferencias entre varianzas de los valores del nitrógeno y confirmar la continuación con la prueba de ANOVA.

Tabla 34. Prueba de homogeneidad de varianzas

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
,602	3	8	,632

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2019.

Ho: No existió diferencia entre la varianza del nitrógeno.

En la Tabla 34, nos muestra que se obtiene un P-Valor $> 0,05$, lo que indica que no existe diferencia de varianzas. Por lo cual, se procedió a utilizar el ANOVA de un factor (Tabla 35), para ver si existe diferencia significativa entre los grupos de medias del nitrógeno, según los procedimientos realizados.

Tabla 35. ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,561	3	,187	4,280	,044
Dentro de grupos	,350	8	,044		
Total	,911	11			

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2019.

H1: Existió diferencia significativa de medias del nitrógeno.

La Tabla 35, presenta El ANOVA indica que hay diferencias de medias entre los valores del nitrógeno, de acuerdo con los tratamientos usados.

Para los valores del nitrógeno, con P-valor < 0.05 , se procedió a realizar la prueba de pos Hoc de HSD de Tukey para conocer que grupos presentan mayor diferencia. Se comparó grupo por grupo para encontrar su diferencia (Tabla 36).

Tabla 36. Prueba de pos Hoc de HSD de Tukey

(I) TRATAMIENTO	(J) TRATAMIENTO	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	-,45333	,17068	,108	-,9999	,0933
	3	-,11333	,17068	,908	-,6599	,4333
	4	-,50667	,17068	,070	-1,0533	,0399
2	1	,45333	,17068	,108	-,0933	,9999
	3	,34000	,17068	,267	-,2066	,8866
	4	-,05333	,17068	,989	-,5999	,4933
3	1	,11333	,17068	,908	-,4333	,6599
	2	-,34000	,17068	,267	-,8866	,2066
	4	-,39333	,17068	,176	-,9399	,1533
4	1	,50667	,17068	,070	-,0399	1,0533
	2	,05333	,17068	,989	-,4933	,5999
	3	,39333	,17068	,176	-,1533	,9399

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2019.

H1: Existió diferencia significativa en los valores de los tratamientos: P-1 y P-4.

En la Tabla 35, se observa que las diferencias significativas no se encuentran entre los grupos de los tratamientos: P-1 y P-4, debido a que no son $P < 0.05$.

Tabla 37. Promedios de los valores del porcentaje de Nitrógeno

PILA	MEDIAS - N
P-1	1.5
P-2	2.0
P-3	1.6
P-4	2.0

Fuente: Elaboración propia, 2019

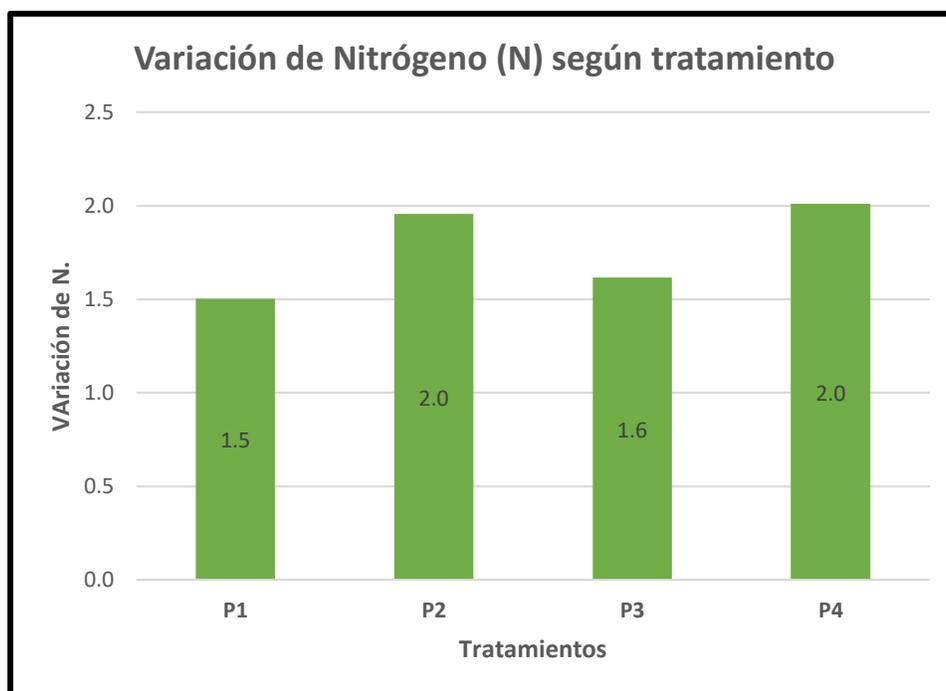


Figura 26. Valor promedio de la variación de nitrógeno por tratamiento

Fuente: Elaboración propia, 2019

La aplicación del tratamiento P-2 y P-4 respecto a los valores del nitrógeno presenta la mayor diferencia de medias, lo que nos indica que es el tratamiento que presenta mayores valores significativos del nitrógeno, evidenciados con valores promedios aceptables según la FAO, contenidos en los rangos de valores del nitrógeno de 1% a 2,5%.

Resultados del fósforo

El porcentaje de fósforo durante el proceso de compostaje varía en gran medida de acuerdo a la proporción de los residuos orgánicos en la formación de la pila. En la tabla 38 se muestra la transformación del nitrógeno fósforo en los tratamientos para la elaboración de los abonos orgánicos durante sus 3 etapas finales, los cuales son la etapa termófila, etapa mesófila dos y la etapa de estabilización.

Tabla 38. Resultados de Fósforo (P2O5)

PARAMETRO	TRATAMIENTO	RESULTADO
FÓSFORO (% P2O5)	T-1	0,87
		1,30
		0,83
	T-2	3,59
		3,22
		3,37
	T-3	3,47
		2,74
		2,74
	T-4	4,41
		5,68
		3,32

Fuente: Elaboración propia, 2019

En la Tabla 38, se evidenció que los valores del fósforo luego de los tratamientos realizados, algunos tratamientos presentan valores promedios aceptables y otros sobrepasan los valores según la FAO, contenidos en los rangos de 0,4% - 1,5%.

De igual modo, se realizó las pruebas de normalidad para el fósforo según los Tratamientos, resultando la Tabla 39.

Tabla 39. Pruebas de normalidad del fósforo según tratamiento

TRATAMIENTO		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
P2O5	1	,358	3	.	,813	3	,147
	2	,217	3	.	,988	3	,792
	3	,385	3	.	,750	3	,000
	4	,187	3	.	,998	3	,916

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2019.

La Tabla 39, muestra que los datos del fósforo generados a través de la fase experimental obedecen a un comportamiento de una distribución normal, donde se toman los valores de Shapiro-Wilk por representar muestras pequeñas (< 30). Los P-Valor son mayores a 0.05, lo que evidencia que los datos están en el rango del 95% de confiabilidad.

Luego, se procede a realizar la Prueba de Homogeneidad de varianzas de Levene (Tabla 40), para determinar la existencia de diferencias entre varianzas de los valores del fósforo y confirmar la continuación con la prueba de ANOVA.

Tabla 40. Prueba de homogeneidad de varianzas

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
2,447	3	8	,139

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2019

Ho: No existió diferencia entre la varianza del fósforo.

En la Tabla 40, nos muestra que se obtiene un P-Valor $> 0,05$, lo que indica que no existe diferencia de varianzas. Por lo cual, se procedió a utilizar el ANOVA de un factor (Tabla 41), para ver si existe diferencia significativa entre los grupos de medias del fósforo, según los tratamientos usados.

Tabla 41. ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	18,930	3	6,310	15,066	,001
Dentro de grupos	3,351	8	,419		
Total	22,281	11			

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2019

H1: Existió diferencia significativa de medias del fósforo.

La Tabla 41, presenta El ANOVA indica que hay diferencias de medias entre los valores del fósforo, de acuerdo con los tratamientos usados.

Para los valores del fósforo, con P-valor < 0.05 , se procedió a realizar la prueba de pos Hoc de HSD de Tukey para conocer que grupos presentan mayor diferencia. Se comparó grupo por grupo para encontrar su diferencia (Tabla 42).

Tabla 42. Prueba de pos Hoc de HSD de Tukey

(I) TRATAMIENTO	(J) TRATAMIENTO	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	-2,39333*	,52840	,008	-4,0855	-,7012
	3	-1,98333*	,52840	,023	-3,6755	-,2912
	4	-3,47000*	,52840	,001	-5,1621	-1,7779
2	1	2,39333*	,52840	,008	,7012	4,0855
	3	,41000	,52840	,863	-1,2821	2,1021
	4	-1,07667	,52840	,251	-2,7688	,6155
3	1	1,98333*	,52840	,023	,2912	3,6755
	2	-,41000	,52840	,863	-2,1021	1,2821
	4	-1,48667	,52840	,087	-3,1788	,2055
4	1	3,47000*	,52840	,001	1,7779	5,1621
	2	1,07667	,52840	,251	-,6155	2,7688
	3	1,48667	,52840	,087	-,2055	3,1788

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2019

H1: Existió diferencia significativa en los valores de los tratamientos: P-1 y P-4.

En la Tabla 42, se observa que las diferencias significativas se encuentran entre los grupos de los tratamientos: P-1 y P-4, debido a que son $P < 0.05$.

Tabla 43. Promedios de los valores del porcentaje de Fósforo

PILA	MEDIAS - FÓSFORO
P-1	1.0
P-2	3.4
P-3	3.0
P-4	4.5

Fuente: Elaboración propia, 2019

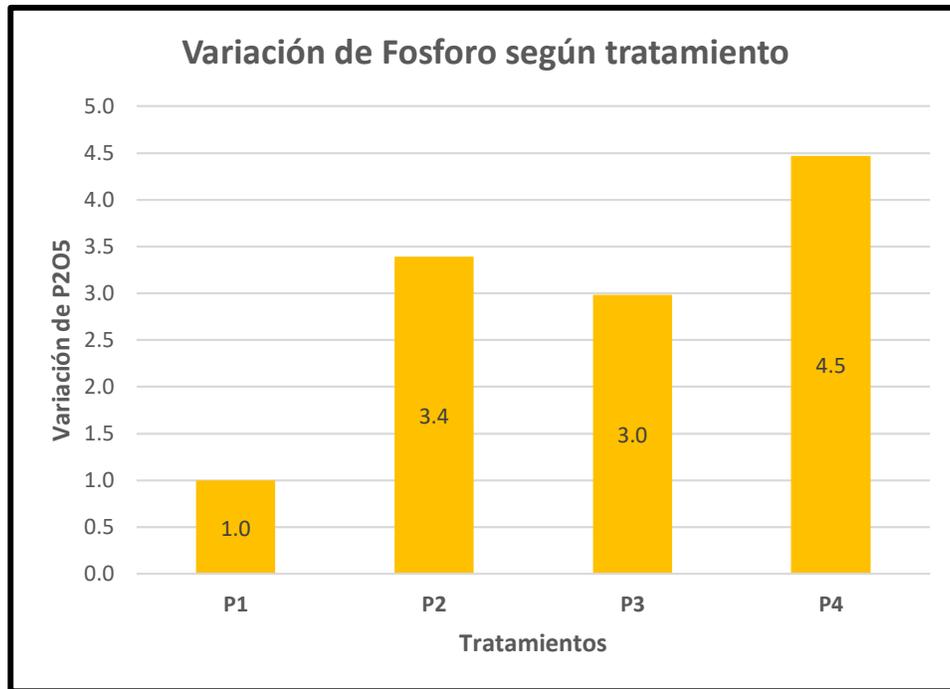


Figura 27. Valor promedio de la variación de fosforo por tratamiento

Fuente: Elaboración propia, 2019

La aplicación del tratamiento P-4 respecto a los valores del fósforo presenta la mayor diferencia de medias, lo que nos indica que es el tratamiento que presenta mayores valores significativos del fósforo, con el rango entre 0,4% - 1,5%, evidenciados con valores por encima del promedio aceptable según la FAO.

Resultados del potasio

El porcentaje de potasio durante el proceso de compostaje varía en gran medida de acuerdo a la proporción de los residuos orgánicos en la formación de la pila, del desarrollo del compostaje y del tamizado del producto final. En la tabla 44 se muestra la transformación del potasio en los tratamientos para la elaboración de los abonos orgánicos durante sus 3 etapas finales, los cuales son la etapa termófila, etapa mesófila dos y la etapa de estabilización.

Tabla 44. Resultados de Potasio (K2O)

PARAMETRO	TRATAMIENTO	RESULTADO
POTASIO (% K2O)	T-1	3,42
		4,10
		3,31
	T-2	5,15
		5,24
		3,07
	T-3	3,27
		3,11
		2,49
	T-4	5,78
		6,45
		3,16

Fuente: Elaboración propia, 2019

En la Tabla 44, se muestran los valores del potasio luego de los tratamientos realizados, la mayoría de los tratamientos sobrepasan los valores aceptables según la FAO, contenidos en los rangos de 0,5% - 1,3%.

De igual modo, se realizó las pruebas de normalidad para el potasio según los procedimientos realizados, resultando la Tabla 45.

Tabla 45. Pruebas de normalidad de potasio según tratamiento							
TRATAMIENTO		Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
K2O	1	,338	3	.	,852	3	,246
	2	,372	3	.	,781	3	,070
	3	,312	3	.	,896	3	,373
	4	,312	3	.	,895	3	,370

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2019

La Tabla 45, muestra que los datos del potasio generados a través de la fase experimental obedecen a un comportamiento de una distribución normal, donde se toman los valores de Shapiro-Wilk por representar muestras pequeñas (< 30). Los P-Valor son mayores a 0.05, lo que evidencia que los datos están en el rango del 95% de confiabilidad.

Luego, se procede a realizar la Prueba de Homogeneidad de varianza de Levene (Tabla 46), para determinar la existencia de diferencias entre varianzas de los valores del potasio y confirmar la continuación con la prueba de ANOVA.

Tabla 46. Prueba de homogeneidad de varianzas

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
4,440	3	8	,041

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2019

Ho: No existió diferencia entre la varianza de Potasio.

En la Tabla 46, nos muestra que se obtiene un P-Valor $< 0,05$, lo que indica que si existe diferencia de varianzas. Por lo cual, se procedió a utilizar el ANOVA de un factor (Tabla 47), para ver si existe diferencia significativa entre los grupos de medias del potasio, según los tratamientos usados.

Tabla 47. ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	8,238	3	2,746	2,249	,160
Dentro de grupos	9,766	8	1,221		
Total	18,004	11			

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2019

H1: Existió diferencia significativa de medias de potasio.

La Tabla 47, presenta El ANOVA indica que hay diferencias de medias entre los valores del potasio, de acuerdo con los tratamientos usados.

Para los valores del potasio, con P-valor < 0.05 , se procedió a realizar la prueba de pos Hoc de HSD de Tukey para conocer que grupos presentan mayor diferencia. Se comparó grupo por grupo para encontrar su diferencia (Tabla 48).

Tabla 48. Prueba de pos Hoc de HSD de Tukey

(I) TRATAMIENTO	(J) TRATAMIENTO	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	-,87667	,90212	,769	-3,7656	2,0123
	3	,65333	,90212	,885	-2,2356	3,5423
	4	-1,52000	,90212	,390	-4,4089	1,3689
2	1	,87667	,90212	,769	-2,0123	3,7656
	3	1,53000	,90212	,385	-1,3589	4,4189
	4	-,64333	,90212	,889	-3,5323	2,2456
3	1	-,65333	,90212	,885	-3,5423	2,2356
	2	-1,53000	,90212	,385	-4,4189	1,3589
	4	-2,17333	,90212	,152	-5,0623	,7156
4	1	1,52000	,90212	,390	-1,3689	4,4089
	2	,64333	,90212	,889	-2,2456	3,5323
	3	2,17333	,90212	,152	-,7156	5,0623

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2019

H1: Existió diferencia significativa en los valores de los tratamientos: P-3 y P-4.

En la Tabla 48, se observa que las diferencias significativas se encuentran entre los grupos de los tratamientos: P-3 y P-4, debido a que son $P < 0.05$.

Tabla 49. Promedios de los valores del porcentaje de Potasio

PILA	MEDIAS - POTASIO
P-1	3.6
P-2	4.5
P-3	3.0
P-4	5.1

Fuente: Elaboración propia, 2019

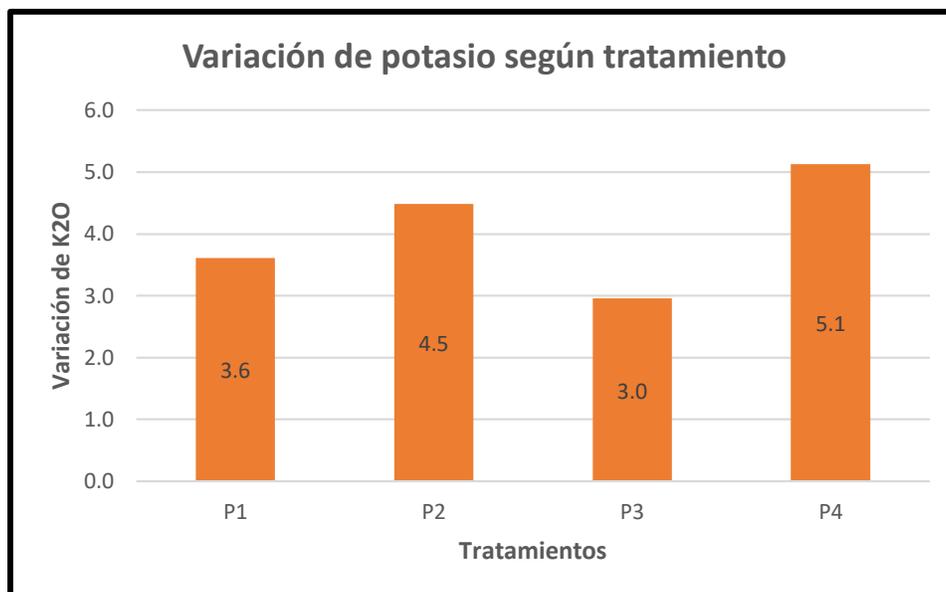


Figura 28. Valor promedio de la variación de potasio por tratamiento

Fuente: Elaboración propia, 2019

La aplicación de los tratamientos P-2 y P-4 respecto a los valores del potasio presentan la mayor diferencia de medias, lo que nos indica que son los tratamientos que presentan mayores valores significativos del potasio, evidenciados con valores por encima del promedio aceptable según la FAO, contenidos en los rangos de valores del potasio de 0,5% - 1,3%.

Resultados de la relación Carbono – Nitrógeno

La relación C/N es un indicador muy importante en el proceso de obtención de compost a través de la biodegradación de los residuos sólidos orgánicos aplicando microorganismos eficientes, puesto que su valor indica el grado de madurez y calidad del producto obtenido de cada pila.

Tabla 50. Resultados de la relación Carbono-Nitrógeno(C/N)

PARAMETRO	TRATAMIENTO	RESULTADO
RELACIÓN CARBONO- NITRÓGENO (C/N)	P-1	19,09
		15,84
		13,46
	P-2	12,23
		12,26
		9,84
	P-3	22,48
		20,62
		15,16
	P-4	17,35
		15,86
		14,22

Fuente: Elaboración propia, 2019

En la Tabla 50, se evidenció los valores de la relación C/N luego de los tratamientos realizados, algunos tratamientos presentan valores promedios aceptables y otros sobrepasan o disminuyen los valores según la FAO, contenidos en los rangos de 15 - 35.

De igual modo, se realizó las pruebas de normalidad para la relación C/N según los tratamientos, resultando la Tabla 51.

Tabla 51. Pruebas de normalidad de relación C/N según tratamiento

TRATAMIENTO		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
RELACION.C.N	1	,208	3	.	,992	3	,830
	2	,381	3	.	,759	3	,021
	3	,290	3	.	,925	3	,472
	4	,179	3	.	,999	3	,947

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2019

La Tabla 51, muestra que los datos de la relación C/N generados a través de la fase experimental obedecen a un comportamiento de una distribución normal, donde se toman los valores de Shapiro-Wilk por representar muestras pequeñas (< 30). Los P-Valor son mayores a 0.05, lo que evidencia que los datos están en el rango del 95% de confiabilidad.

Luego, se procede a realizar la Prueba de Homogeneidad de varianza de Levene (Tabla 52), para determinar la existencia de diferencias entre varianzas de los valores de la relación C/N y confirmar la continuación con la prueba de ANOVA.

Tabla 52. Prueba de homogeneidad de varianzas

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
RELACION.C.N	Se basa en la media	1,582	3	8	,268
	Se basa en la mediana	,516	3	8	,683
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,516	3	4,896	,689
	Se basa en la media recortada	1,485	3	8	,291

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2019

Ho: No existió diferencia entre la varianza de la relación C/N.

En la Tabla 52, nos muestra que se obtiene un P-Valor $> 0,05$, lo que indica que no existe diferencia de varianzas. Por lo cual, se procedió a utilizar el ANOVA de un factor (Tabla 53), para ver si existe diferencia significativa entre los grupos de medias de la relación C/N, según los tratamientos usados.

Tabla 53. ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	96,464	3	32,155	4,792	,034
Dentro de grupos	53,684	8	6,711		
Total	150,148	11			

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2019

H1: Existió diferencia significativa de medias de potasio.

La Tabla 53, presenta El ANOVA indica que hay diferencias de medias entre los valores de la relación C/N, de acuerdo con los tratamientos usados.

Para los valores de la relación C/N, con P-valor < 0.05 , se procedió a realizar la prueba de pos Hoc de HSD de Tukey para conocer que grupos presentan mayor diferencia. Se comparó grupo por grupo para encontrar su diferencia (Tabla 54).

Tabla 54. Prueba de pos Hoc de HSD de Tukey

(I) TRATAMIENTO	(J) TRATAMIENTO	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	4,68667	2,11511	,199	-2,0867	11,4600
	3	-3,29000	2,11511	,452	-10,0633	3,4833
	4	,32000	2,11511	,999	-6,4533	7,0933
2	1	-4,68667	2,11511	,199	-11,4600	2,0867
	3	-7,97667*	2,11511	,023	-14,7500	-1,2033
	4	-4,36667	2,11511	,243	-11,1400	2,4067
3	1	3,29000	2,11511	,452	-3,4833	10,0633
	2	7,97667*	2,11511	,023	1,2033	14,7500
	4	3,61000	2,11511	,380	-3,1633	10,3833
4	1	-,32000	2,11511	,999	-7,0933	6,4533
	2	4,36667	2,11511	,243	-2,4067	11,1400
	3	-3,61000	2,11511	,380	-10,3833	3,1633

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2019

H1: Existió diferencia significativa en los valores de los tratamientos: P-2 y P-3.

En la Tabla 54, se observa que las diferencias significativas se encuentran entre los grupos de los tratamientos: P-2 y P-3, debido a que son $P < 0.05$.

Tabla 55. Promedios de los valores de la relación C/N

PILA	MEDIAS - RELACIÓN C/N
P-1	16.1
P-2	11.4
P-3	19.4
P-4	15.8

Fuente: Elaboración propia, 2019

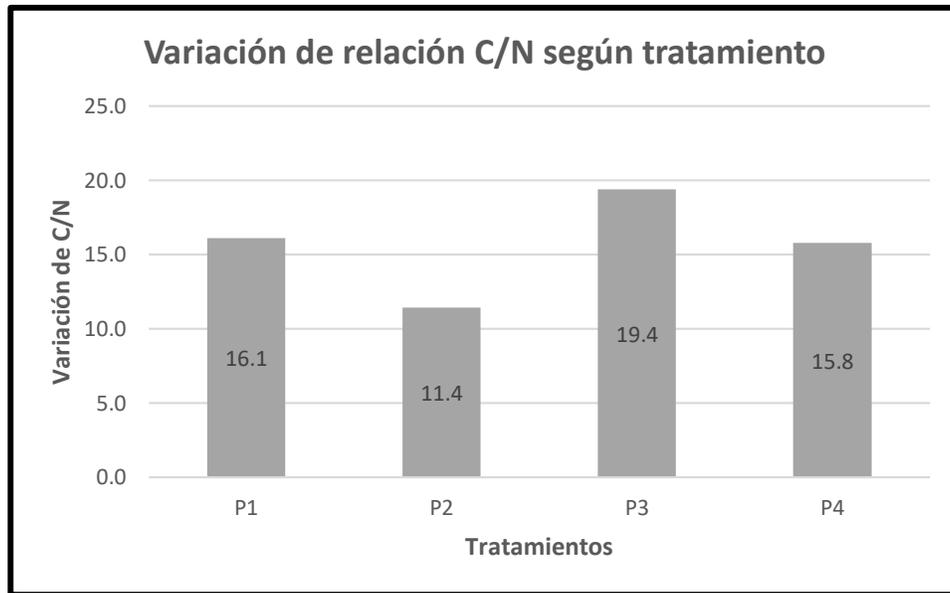


Figura 29. Valor promedio de la variación de la relación C/N por tratamiento

Fuente: Elaboración propia, 2019

La aplicación de los tratamientos P-1 y P-3 respecto a los valores de la relación C/N presentan la mayor diferencia de medias, lo que nos indica que son los tratamientos que presentan mayores valores significativos de relación C/N, evidenciados con valores dentro del promedio aceptable según la FAO, contenidos en los rangos de valores del potasio de 15 a 35.

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Después de realizar los análisis de los resultados obtenidos en laboratorio, se pudo identificar que los procedimientos realizados con la segunda y tercera pila son los tratamientos más eficientes ya que en esta pila se biodegradaron los residuos sólidos orgánicos mucho más rápido aplicando los microorganismos eficientes en el C.P. Osoynik en el distrito de Carabayllo, Lima, Perú.

Respecto al tiempo de biodegradación de los residuos sólidos orgánicos en cada pila con su respectivo tratamiento, se pudo observar que la segunda (P-2) y tercera (P-3) pila de biodegradación son las que menor tiempo tomaron en realizar la descomposición de dichos residuos aplicando los microorganismos eficientes, con un tiempo de 34 y 30 días respectivamente, esto debido a que estas pilas tenían las capas más completas respecto a los demás, en la cual la segunda pila tenía capas de hojarasca, residuos sólidos orgánico (frutas y verduras), estiércol de cerdo y EM, de igual manera se conformó la tercera pila pero sin la capa de hojarasca. Según Cajahuanca (2016) el tiempo de biodegradación más eficiente fue de 32 días, dando esto por confirmado el menor tiempo similar para el óptimo desarrollo del compost.

A través del pesaje de los residuos sólidos orgánicos degradados se observó que las pilas donde se biodegradaron la mayor cantidad de residuos sólidos orgánicos fueron en la segunda (P-2) y tercera (P-3) pila de compostaje, con pesos de biodegradación de 20 y 21 kg y con porcentajes de eficiencia de 90.91% y 95.45% respectivamente. Al respecto, en términos de la FAO (2013) en la cual en su manual de compostaje dice que la cantidad de biodegradación se logra hasta en el 50% de la totalidad del peso, con esto se evidencia que la cantidad degradada obtenida es favorable y que gracias a la aplicación de los microorganismos eficientes se obtuvo mayor producto final.

El indicador de pH en los resultados se indicó que la formación de la cuarta pila (P-4) presentó un valor óptimo según lo dicho por la FAO en el rango que se encuentra desde 6,5 a 8,5, del mismo modo la tercera pila de compostaje (P-3), con valores de 6,8 y 7,1 respectivamente, siendo los valores pertenecientes al rango casi neutro. En palabras de Medina et al. (2017) en su tratamiento más eficiente de biodegradación, mostró resultados de este indicador de 9,42, se observa que este resultado es de una pila con característica de pH

básica sobrepasando el rango que predice la FAO, por el contrario, al obtenido en las pilas de la presente investigación.

Respecto al análisis de la materia orgánica, todas las pilas dieron resultados aceptables por la FAO, con valores por encima del 20% que es lo recomendado por este ente, los tratamientos que tuvieron los valores más altos fueron la tercera (P-3) y cuarta (P-4) pila, cuyos resultados indicaron un porcentaje de 54 y 56,4% de materia orgánica. En el estudio de Cieza (2017) en su procedimiento y tratamiento más eficiente se obtuvo el valor de este parámetro con 45,85%, este valor se encuentra dentro del rango aceptado por la FAO.

En los resultados del parámetro de porcentaje de nitrógeno de las cuatro pilas de compost realizadas se observó que estos se encuentran dentro del rango dado por la FAO, el cual oscila entre 1 y 2,5%, y los valores más altos encontrados se dieron por los tratamientos P-2 y P-4, es decir la segunda y cuarta pila. Según Medina et al. (2017) en su tratamiento de estiércol de ovino, paja de trigo e inóculo, se obtiene un valor de porcentaje de nitrógeno de 3,21%, el cual nos indica que sobrepasa lo recomendado por la FAO, siendo los valores de esta investigación aceptables.

Los valores de los resultados del contenido de Fósforo de la primera pila (P-1) con 1.0% se encontró dentro de lo establecido por la FAO, el cual indica que el contenido de fósforo debe estar dentro de 0,4 a 1,5%, por el contrario, resultaron los demás tratamientos P-2, P-3, P-4, donde los valores de porcentaje de fósforo resultaron muy elevados con 3,4; 3.0 y 4,5%, respectivamente. Al respecto Cieza (2017) mostró que el contenido de fósforo en su mejor tratamiento de biodegradación de residuos sólidos orgánicos domiciliarios fue de 1,62%, acercándose al valor obtenido por la primera pila (P-1) pero fuera del rango dado por la FAO.

Respecto a los valores de porcentaje de potasio presente en cada pila formada de compost, se observó que ninguna de las cuatro pilas cumplía con los valores establecidos por la FAO, el cual se encuentra entre 0,5% y 1,3%, y los valores de cada pila desde la primera hasta la cuarta presentan resultados de 3,6; 4,5; 3,0 y 5,1%, respectivamente. La segunda (P-2) y cuarta (P-4) pila, representan los valores más altos de contenido de potasio. En los resultados mostrados por Cieza (2017) en su mejor tratamiento de compostaje, se muestra que el contenido de fósforo fue de 1,15%, estando dentro del rango propuesto por la FAO.

Los resultados de los valores de la relación C/N de las pilas con cada tratamiento evidenciaron que la primera (P-1) y tercera (P-3) pila son las que tuvieron los valores más altos con 16,1 y 19,4 respectivamente, estando dentro del rango dado por la FAO, el cual es de 15 a 35, las otras pilas de formación se encontraron, la primera (P-1), debajo del rango con un 11,4; la tercera, con 15,8, cumpliendo la tercera con el rango dado por la FAO mas no la primera. Al respecto, Medina, et al. (2017) en los resultados del tratamiento de la pila más eficiente, el resultado de la relación C/N fue de 5,93 no siendo aceptable según los valores de la FAO, por el contrario, Cieza (2017) menciona que en el tratamiento más eficiente de la descomposición de residuos sólidos orgánicos domiciliarios, el valor de este parámetro fue de 17,56, siendo este favorable dentro del rango de la FAO y cercano al valor de la primera pila.

V. CONCLUSIONES

1. Se determinó que los microorganismos eficientes si aceleran la biodegradación de residuos sólidos orgánicos domiciliarios y del estiércol de cerdo para la producción de abono en el C.P. Osoynik en Carabayllo.

2. También, se analizó que el tiempo de biodegradación con la aplicación de los microorganismos favorece los resultados de los parámetros físico-químicos de los residuos sólidos orgánicos domiciliarios y del estiércol de cerdo para la producción de abono en el C.P. Osoynik en Carabayllo.

3. El tratamiento más eficiente fue el que menor tiempo tomó y cuyas propiedades fisicoquímicas fueron las más adecuadas respecto a valores y rangos dados por la FAO y otras investigaciones comparadas, se concluye que el tratamiento más adecuado fue la tercera pila (P-3) por sus características de producto final.

4. Además, se estimó que la eficiencia en peso de biodegradación con la aplicación de los microorganismos si modifican los parámetros físico-químicos de los residuos sólidos orgánicos domiciliarios y del estiércol de cerdo para la producción de abono en el C.P. Osoynik en Carabayllo.

5. La metodología que se utilizó para la obtención de los productos orgánicos, compost, en el C.P. Osoynik es a través de la formación de 4 pilas y sus respectivos tratamientos, en la cual se realizó la primera con hojarasca, residuo sólido orgánico y EM; la segunda, hojarasca, residuo sólido orgánico, estiércol de cerdo y EM; la tercera, residuo sólido orgánico, estiércol de cerdo y EM y la cuarta, hojarasca, residuo sólido orgánico y estiércol de cerdo. En los cuatro procedimientos se midieron lo parámetros de campo y los de laboratorio con muestras tomadas, resultando la tercera pila (P-3) la de mayor peso de compost obtenido con 21 kg.

6. El producto obtenido de la biodegradación de los residuos sólidos orgánicos del C.P. Osoynik, fueron utilizados para los cultivos del mismo lugar, como enriquecedor del suelo para la producción de hortalizas.

VI. RECOMENDACIONES

Al demostrar mediante la experimentación que los microorganismos eficientes mejoran el proceso de compostaje y al ser este un proyecto piloto a pequeña escala por tener carácter de investigación, se recomienda aplicar a gran escala en una comunidad donde se aprovechen eficientemente los residuos sólidos orgánicos biodegradables.

Realizar el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos a un nivel más completo, ya que, de una u otra manera, como los biológicos, cada uno de ellos se relacionan entre sí, y, por ende, determinan el comportamiento de diversas reacciones en el proceso de compostaje, mejorando o perjudicando el mismo.

Considerar el factor clima en el desarrollo de posteriores investigaciones, ya que muchas de las características del clima influyen directa o indirectamente en el proceso de compostaje, como pueden ser la precipitación, el cambio de estación, las variaciones bruscas de temperatura, etc.

Innovar en la generación o desarrollo de un cultivo de microorganismos eficientes nativo o autóctono para acelerar el proceso de biodegradación de los residuos sólidos orgánicos compostables, ya que así se aprovecharía el potencial y la capacidad que tienen dichos microorganismos.

Utilizar los resultados obtenidos en la presente investigación para mejorar la metodología aplicada y así conseguir mejores resultados en los tratamientos realizados para la biodegradación de los residuos sólidos orgánicos domiciliarios y del estiércol de cerdo en distintos lugares o zonas donde se aproveche al máximo estos procedimientos.

Emplear el producto final obtenido en cultivos, sembríos, parques, jardines o cualquier área verde perteneciente al lugar donde se desarrollará el proyecto, mejorando así las propiedades y el sustrato el suelo, siendo esto favorable para las cosechas de cultivos, follaje de la flora, y mejorando el paisajismo de la localidad.

VII. REFERENCIAS

- 1) ANDER, Ezequiel. Aprender a investigar. 1a ed., Argentina, Córdoba: Brujas, 2011. 190 p.; Disponible en ISBN 978-987-591-271-7
- 2) APROLAB. Manual para la producción de compost con microorganismos eficaces [en línea]. 2007. Disponible en http://www.em-la.com/archivos-de-usuario/base_datos/manual_para_elaboracion_de_compost.pdf
- 3) INSIDE the small-scale composting of kitchen and garden wastes: Thermal performance and stratification effect in vertical compost bins por Juan Arrigoni [et al]. Argentina: Universidad Nacional de Río Negro, 2018. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X18301521?via%3Dihub>
- 4) BRAVO, Yadira. Aprovechamiento de los residuos orgánicos domiciliarios para la obtención de compost utilizando microorganismos eficientes [en línea]. 2017. Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/12671/1/T-UCE-0017-0052-2017.pdf>
- 5) BUENDÍA, Hildebrando. Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos mediante el compost de aserrín y estiércol. Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalurgica y Geográfica, [S.l.], v. 15, n. 30, p. 123-130, abr. 2013. ISSN 1682-3087. Disponible en: <<http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/4101/3268>> . Fecha de acceso: 02 dic. 2018
- 6) CAMACHO, Alejandro. Potencial de algunos microorganismos en el compostaje de residuos sólidos. México: Instituto Nacional Politécnico de México, 2014. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v32n4/2395-8030-tl-32-04-00291.pdf>
- 7) SEGURA, Angela. Diseños Cuasiexperimentales. Antioquia: Facultad Nacional de Salud Pública. 2003. Recuperado de: http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/renacip/disenos_cuasiexperimentales.pdf
- 8) CASTRILLÓN, Olivia, JIMÉNEZ, Ricardo, BEDOYA, Oswaldo, Porquinaza en la alimentación animal. Revista Lasallista de Investigación [en línea] 2004, 1 (junio):

[Fecha de consulta: 2 de diciembre de 2018] Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69511011>> ISSN 1794-4449

- 9) CASTRO, Gustavo, DAZA, Martha y MARMOLEJO, Luís. 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*. 2016. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/download/53672/56394>
- 10) HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos, BAPTISTA, María. “Metodología de la Investigación”. México D.F.: The McGraw-Hill. 2010. Recuperado de: https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%20ta%20Edici%C3%B3n.pdf ISBN: 978-607-15-0291-9
- 11) INEI. Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales 2017. Lima, Perú: 2017. Recuperado de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1469/libro.pdf
- 12) INOCULATION with nitrogen turnover bacterial agent appropriately increasing nitrogen and promoting maturity in pig manure composting por Jishao Jiang [et al]. China: Universidad Northwest AEF, 2015. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X15001270?via%3Dihub>
- 13) JIMÉNEZ, Rosa. Metodología de la Investigación. Cuba: Editorial de Ciencias Médicas del Centro Nacional de información de Ciencias Médicas, 1998. Recuperado de http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/bioestadistica/metodologia_de_la_investigacion_1998.pdf
- 14) LESCANO, Cristian. Efecto de tres aceleradores de degradación en el tiempo de compostaje utilizando residuos sólidos orgánicos urbanos en Huanchaco, Trujillo. Perú: Universidad Nacional de Trujillo, 2015. Recuperado de <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/7643/LESCANO%20BOCANEGRA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- 15) LÓPEZ, Pedro. Población, muestra y muestreo. 2004. Recuperado de: <http://www.scielo.org.bo/pdf/rpc/v09n08/v09n08a12.pdf>
- 16) GENERACIÓN de un inoculante acelerador del compostaje por Socorro Medina [et al]. México, Texcoco: Universidad Autónoma Chapingo, 2017. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0325754117301050?via%3Dihub>
- 17) MINAM. Sistema de Información para la Gestión de Residuos Sólidos: Informe Anual 2015 Arequipa. Lima, Perú: 2015. Recuperado de <http://sigersol.minam.gob.pe/2015/verInforme.php?id=331>
- 18) MINAM. “Guía metodológica para el desarrollo del estudio de caracterización de residuos sólidos municipales” Lima. 2015. Recuperado de: <http://redrrss.minam.gob.pe/material/20150302182233.pdf>
- 19) PINEDA, Elia, ALVARADO, Eva y CANALES, Francisca. Metodología de la investigación: Manual para el desarrollo del personal de salud. 1994. Recuperado de: <http://187.191.86.244/rceis/registro/Metodologia%20de%20la%20Investigacion%20Manual%20para%20el%20Desarrollo%20de%20Personal%20de%20Salud.pdf>
ISBN 92 75 32135 3
- 20) PISCO, César. Tratamiento de residuos orgánicos domiciliarios mediante compostaje en la planta piloto de transformación de residuos sólidos orgánicos de la municipalidad provincial de Leoncio Prado. Perú, Tingo María: Universidad Nacional Agraria de la Selva. 2014. Recuperado de https://www.unas.edu.pe/web/sites/default/files/web/archivos/actividades_academicas/informe_finlPPP_CORREGIDO.pdf
- 21) PRADO, Ximena. Tratamiento de los residuos sólidos generados en sanitarios ecológicos mediante el uso de microorganismos eficientes en un proceso de compostaje. Perú, Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina. 2017. Recuperado de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/>
- 22) PROGRAMA de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. *Informe Global Waste Management Outlook de las Naciones Unidas*. 2015. Recuperado de https://www.iswa.org/fileadmin/galleries/Publications/ISWA_Reports/GWMO_summary_web.pdf

- 23) QUIROZ, Rosalía. Metodología de Investigación. Perú, Lima: UNMSM. 2015.
Recuperado de
http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/human/quiros_r/cap4.pdf
- 24) RAMIREZ, Mauricio. Tecnología de microorganismos efectivos (EM) aplicada a la agricultura y medio ambiente sostenible [en línea]. 2006. Disponible en <https://www.hortiocio.com/app/.../MICROORGANISMOS+EFICIENTES+TESJS.pdf>
- 25) SILVA, Juan, LÓPEZ, Piedad y VALENCIA, Pady. Recuperación de nutrientes en fase sólida a través del compostaje [en línea]. Colombia, Cali: Universidad del Valle- Facultad de Ingeniería. Disponible en <http://www.bvsde.paho.org/bvsars/fulltext/compostaje.pdf>

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Ficha de monitoreo del proceso de compostaje

FICHA DE MONITOREO DEL PROCESO DE COMPOSTAJE			
Evaluador			
Sistema de tratamiento			
Ubicación			
Fecha de inicio		Fecha final	
Tiempo total			
Materia prima	Peso (kg)	Volumen (L)	
Hojasca			
Residuos sólidos orgánicos			
Estiércol de cerdo			
Foliado con EM			
Total			

Fuente: Propia

Anexo 2: Ficha de monitoreo de parámetros en el proceso de compostaje

Anexo 2: Ficha de monitoreo de parámetros en el proceso de compostaje

FICHA DE MONITOREO DE PARÁMETROS EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE						
Evaluador						
Sistema de tratamiento						
Fechas						
ANÁLISIS						
Parámetros fisicoquímicos					Nutrientes	
pH	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Relación C/N	Materia Orgánica (%)	Nitrógeno (%)	Potasio (%)

Fuente: Propia

Anexo 3: Validación por criterio de expertos



VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1 Apellidos y Nombres: Chávez Leandro Abner
 1.2 Cargo e institución donde labora: Docente tiempo completo UCV
 1.3 Nombre del Instrumento motivo de evaluación:
 1.4 Autor(a) del Instrumento: Diego Slyt Meza Huagui

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. Claridad	Está formulado con lenguaje comprensible											✓		
2. Objetividad	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. Actualidad	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. Organización	Existe una organización lógica.											✓		
5. Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											✓		
6. Intencionalidad	Está adecuado para valorar las variables de la hipótesis.											✓		
7. Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. Coherencia	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. Pertinencia	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación.

✓

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85 %

Lima, 22 noviembre del 2018


 FIRMA DEL EXPERTO
 DNI N° 22464265 Telf. 953578181

Anexo 4: Validación por criterio de expertos



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1 Apellidos y Nombres: DONALDO COBARRERA CORREA
 1.2 Cargo e institución donde labora: DOCENTE UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 1.3 Nombre del Instrumento motivo de evaluación:
 1.4 Autor(a) del Instrumento: DIEGO SLYT MEZA HUASQUI

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. Claridad	Está formulado con lenguaje comprensible										/			
2. Objetividad	Está adecuado a las leyes y principios científicos.										/			
3. Actualidad	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										/			
4. Organización	Existe una organización lógica.										/			
5. Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										/			
6. Intencionalidad	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.										/			
7. Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										/			
8. Coherencia	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										/			
9. Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										/			
10. Pertinencia	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										/			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación.

/

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85 %

Lima, 13 NOVIEMBRE del 2018


 FIRMA DEL EXPERTO
 DNI N° 7402281 Telf. 945507179

Anexo 5: Validación por criterio de expertos



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1 Apellidos y Nombres: ACOSTA SUASUVABA, EUSTERIO HORACIO
 1.2 Cargo e institución donde labora: DOCENTE, UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 1.3 Nombre del Instrumento motivo de evaluación:

1.4 Autor(a) del Instrumento: DIEGO SLYT MEZA HUAQUI

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. Claridad	Está formulado con lenguaje comprensible										✓			
2. Objetividad	Está adecuado a las leyes y principios científicos.										✓			
3. Actualidad	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										✓			
4. Organización	Existe una organización lógica.										✓			
5. Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										✓			
6. Intencionalidad	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.										✓			
7. Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										✓			
8. Coherencia	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										✓			
9. Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										✓			
10. Pertinencia	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										✓			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación.

✓

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85 %

Lima, 13 NOVIEMBRE del 2018


 FIRMA DEL EXPERTO CIPN° 25950
 DNI N° 0836521 Telf. 97442836

Anexo 6: Resultados de los tratamientos en la fase termófila final



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : DIEGO MEZA HUAQUI
 PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ CARABAYLLO
 MUESTRA DE : COMPOST
 REFERENCIA : H.R. 68219
 BOLETA : 2956
 FECHA : 20/05/19

N° LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
404	P-1	9.44	13.40	43.49	1.32	0.87	3.42
405	P-2	7.49	14.90	37.79	1.79	3.59	5.15
406	P-3	7.99	9.20	55.79	1.44	3.47	3.27
407	P-4	6.88	12.50	55.29	1.85	4.41	5.78

N° LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %	Relación C/N
404	P-1	3.00	1.35	62.21	0.50	19.09
405	P-2	3.02	1.90	43.10	0.80	12.23
406	P-3	2.30	1.77	51.68	0.74	22.48
407	P-4	2.21	2.00	36.18	0.65	17.35



Dr. Sady García Bendejú
 Dr. Sady García Bendejú
 Jefe de Laboratorio

Anexo 7: Resultados de los tratamientos en la fase enfriamiento



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : DIEGO MEZA HUAQUI
 PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ CARABAYLLO
 MUESTRA DE : COMPOST
 REFERENCIA : H.R. 68383
 BOLETA : 3006
 FECHA : 30/05/19

N° LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
453	P-1 Compost	9.46	16.80	45.63	1.47	1.30	4.10
454	P-2 Compost	7.22	20.50	44.55	1.86	3.22	5.24
455	P-3 Compost	6.81	14.70	56.50	1.51	2.74	3.11
456	P-4 Compost	6.69	3.56	62.71	2.10	5.68	6.45

N° LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %	Relación C/N
453	P-1 Compost	3.75	1.41	60.23	0.78	15.84
454	P-2 Compost	3.40	2.92	47.26	1.16	12.26
455	P-3 Compost	2.39	1.79	45.08	0.92	20.62
456	P-4 Compost	2.50	3.42	35.01	1.09	15.86



Sady García Bendezú
 Dr. Sady García Bendezú
 Jefe de Laboratorio

Anexo 8: Resultados de los tratamientos en la fase de maduración

INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : DIEGO MEZA HUAQUI
PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ CARABAYLLO
MUESTRA DE : COMPOST
REFERENCIA : H.R. 68607
BOLETA : 3048
FECHA : 13/06/19

N° LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
518	P1 III	9.50	19.80	40.02	1.72	0.83	3.31
519	P2 III	7.38	23.40	37.61	2.22	3.37	3.07
520	P3 III	6.52	18.80	49.75	1.90	2.74	2.49
521	P4 III	6.91	16.00	51.08	2.08	3.32	3.16

N° LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %	Relación C/N
518	P1 III	5.45	1.03	56.73	0.56	13.46
519	P2 III	3.33	1.67	48.57	0.78	9.84
520	P3 III	2.69	1.49	42.59	0.60	15.16
521	P4 III	2.33	1.74	48.37	0.56	14.22

Dr. Sady García Bendezú
Jefe de Laboratorio

Anexo 9: Fichas de campo completadas (P-1)

Anexo 1: Ficha de monitoreo del proceso de compostaje

FICHA DE MONITOREO DEL PROCESO DE COMPOSTAJE			
Evaluador	Diego Slyt Meza Huagui		
Sistema de tratamiento	Pila de biodegradación con volteo (P-1)		
Ubicación	C.P. Osognik		
Fecha de inicio	15/04/19	Fecha final	24/05/19
Tiempo total	40 días		
Materia prima	Peso (kg)	Volumen (L)	
Hojarasca	5.1	-	
Residuos sólidos orgánicos	16.9	-	
Estiércol de cerdo	-	-	
Foliado con EM	-	5	
Total	22	5	

Fuente: Propia

Anexo 10: Fichas de campo completadas (P-2)

Anexo 1: Ficha de monitoreo del proceso de compostaje

FICHA DE MONITOREO DEL PROCESO DE COMPOSTAJE			
Evaluador	Diego Slyt Meza Huagui		
Sistema de tratamiento	Pila de biodegradación con volteo (P-2)		
Ubicación	C.P. Osognik		
Fecha de inicio	15/04/19	Fecha final	18/05/19
Tiempo total	34 días		
Materia prima	Peso (kg)	Volumen (L)	
Hojarasca	2.5	-	
Residuos sólidos orgánicos	9.8	-	
Estiércol de cerdo	9.7	-	
Foliado con EM	-	5	
Total	22	5	

Fuente: Propia

Anexo 11: Fichas de campo completadas (P-3)

Anexo I: Ficha de monitoreo del proceso de compostaje

FICHA DE MONITOREO DEL PROCESO DE COMPOSTAJE			
Evaluador	Diego Slyt Meza Huagui		
Sistema de tratamiento	Pila de biodegradación con volteo (P-3)		
Ubicación	C.P. Osaynik		
Fecha de inicio	15/04/19	Fecha final	14/05/19
Tiempo total	30 días		
Materia prima	Peso (kg)	Volumen (L)	
Hojasca	—	—	
Residuos sólidos orgánicos	12.3	—	
Estiércol de cerdo	9.7	—	
Foliado con EM	—	5	
Total	22	5	

Fuente: Propia

Anexo 12: Fichas de campo completadas (P-4)

Anexo I: Ficha de monitoreo del proceso de compostaje

FICHA DE MONITOREO DEL PROCESO DE COMPOSTAJE			
Evaluador	Diego Slyt Meza Huagui		
Sistema de tratamiento	Pila de biodegradación con volteo (P-4)		
Ubicación	C.P. Osaynik		
Fecha de inicio	15/04/19	Fecha final	13/06/19
Tiempo total	60 días		
Materia prima	Peso (kg)	Volumen (L)	
Hojasca	2.5	—	
Residuos sólidos orgánicos	9.8	—	
Estiércol de cerdo	9.7	—	
Foliado con EM	—	—	
Total	22	—	

Fuente: Propia

Anexo 13: Fichas de campo completadas (P-1)

Anexo 2: Ficha de monitoreo de parámetros en el proceso de compostaje

FICHA DE MONITOREO DE PARÁMETROS EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE							
Evaluador		Diego Slyt Meza Huagui					
Sistema de tratamiento		Pila de biodegradación con volteo (P-1)					
Fechas		20/05/19 - 30/05/19 - 13/06/19					
ANÁLISIS							
Parámetros fisicoquímicos					Nutrientes		
pH	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Relación C/N	Materia Orgánica (%)	Nitrógeno (%)	Fósforo (%)	Potasio (%)
P-1 : 9.44 P-1(II) : 9.46 P-1(III) : 9.50	Semana 1: 37.50 Semana 2: 33.40 Semana 3: 30.00 Semana 4: 36.05 Semana 5: 33.05	P-1 : 62.21 P-1(II) : 60.23 P-1(III) : 56.73	P-1 : 19.09 P-1(II) : 15.84 P-1(III) : 13.46	P-1 : 43.49 P-1(II) : 45.63 P-1(III) : 40.02	P-1 : 1.32 P-1(II) : 1.47 P-1(III) : 1.72	P-1 : 0.87 P-1(II) : 1.30 P-1(III) : 0.83	P-1 : 3.42 P-1(II) : 4.10 P-1(III) : 3.31

Fuente: Propia

Anexo 14: Fichas de campo completadas (P-2)

Anexo 2: Ficha de monitoreo de parámetros en el proceso de compostaje

FICHA DE MONITOREO DE PARÁMETROS EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE							
Evaluador		Diego Slyt Meza Huagui					
Sistema de tratamiento		Pila de biodegradación con volteo (P-2)					
Fechas		20/05/19 - 30/05/19 - 13/06/19					
ANÁLISIS							
Parámetros fisicoquímicos					Nutrientes		
pH	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Relación C/N	Materia Orgánica (%)	Nitrógeno (%)	Fósforo (%)	Potasio (%)
P-2 : 7.49 P-2(II) : 7.22 P-2(III) : 7.38	Semana 1: 45.65 Semana 2: 43.10 Semana 3: 40.00 Semana 4: 46.45 Semana 5: 34.65	P-2 : 43.10 P-2(II) : 47.26 P-2(III) : 48.57	P-2 : 12.23 P-2(II) : 12.26 P-2(III) : 9.84	P-2 : 37.79 P-2(II) : 44.55 P-2(III) : 37.61	P-2 : 1.79 P-2(II) : 1.86 P-2(III) : 2.22	P-2 : 3.59 P-2(II) : 3.22 P-2(III) : 3.37	P-2 : 5.15 P-2(II) : 5.24 P-2(III) : 3.07

Fuente: Propia

Anexo 15: Fichas de campo completadas (P-3)

Anexo 2: Ficha de monitoreo de parámetros en el proceso de compostaje

FICHA DE MONITOREO DE PARÁMETROS EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE							
Evaluador		Diego Slyt Meza Huagui					
Sistema de tratamiento		Pila de biodegradación con volteo (P-3)					
Fechas		20/05/19 - 30/05/19 - 13/06/19					
ANÁLISIS							
Parámetros fisicoquímicos					Nutrientes		
pH	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Relación C/N	Materia Orgánica (%)	Nitrógeno (%)	Fósforo (%)	Potasio (%)
P-3: 7.99	Semana 1: 35.65	P-3: 51.68	P-3: 22.48	P-3: 55.79	P-3: 1.44	P-3: 3.47	P-3: 3.27
P-3(II): 6.81	Semana 2: 37.45	P-3(II): 45.08	P-3(II): 20.62	P-3(II): 56.50	P-3(II): 1.51	P-3(II): 2.74	P-3(II): 3.11
P-3(III): 6.52	Semana 3: 33.50	P-3(III): 42.59	P-3(III): 15.16	P-3(III): 49.75	P-3(III): 1.90	P-3(III): 2.74	P-3(III): 2.49
	Semana 4: 45.00						
	Semana 5: 37.85						

Fuente: Propia

Anexo 16: Fichas de campo completadas (P-4)

Anexo 2: Ficha de monitoreo de parámetros en el proceso de compostaje

FICHA DE MONITOREO DE PARÁMETROS EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE							
Evaluador		Diego Slyt Meza Huagui					
Sistema de tratamiento		Pila de biodegradación con volteo (P-4)					
Fechas		20/05/19 - 30/05/19 - 13/06/19					
ANÁLISIS							
Parámetros fisicoquímicos					Nutrientes		
pH	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Relación C/N	Materia Orgánica (%)	Nitrógeno (%)	Fósforo (%)	Potasio (%)
P-4: 6.88	Semana 1: 26.70	P-4: 36.18	P-4: 17.35	P-4: 55.29	P-4: 1.85	P-4: 4.41	P-4: 5.78
P-4(II): 6.69	Semana 2: 37.15	P-4(II): 35.01	P-4(II): 15.86	P-4(II): 62.71	P-4(II): 2.10	P-4(II): 5.68	P-4(II): 6.45
P-4(III): 6.91	Semana 3: 31.40	P-4(III): 48.37	P-4(III): 14.22	P-4(III): 51.08	P-4(III): 2.08	P-4(III): 3.32	P-4(III): 3.16
	Semana 4: 42.80						
	Semana 5: 37.10						

Fuente: Propia



ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Código : F06-PP-PR-02.02
Versión : 10
Fecha : 10-06-2019
Página : 1 de 1

Yo, Carlos Cabrera Carranza, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo SAC - Lima Norte, revisor(a) de la tesis titulada **"Microorganismos eficientes como biodegradadores de residuos sólidos orgánicos domiciliarios y del estiércol de cerdo para la producción de abono en Carabayllo, 2019"**.

Del estudiante: Meza Huaqui, Diego Syla, constató que la investigación tiene un índice de similitud de 30 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lima, 08 de julio de 2019



Carlos Cabrera Carranza

DNI: RO | 17402784

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

Microorganismos eficientes como biodegradadores de residuos sólidos orgánicos domiciliarios y del estiércol de cerdo para la producción de abono en Carabayllo, 2019

feedback studio

Se está viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

Resumen de coincidencias

30 %

30

30

4 de 4

1044 407/2019

High Resolution Activado

Text-only Report

Página: 1 de 86 Número de palabras: 19529

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Microorganismos eficientes como biodegradadores de residuos sólidos orgánicos domiciliarios y del estiércol de cerdo para la producción de abono en Carabayllo, 2019

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR:
Br. Meza Huauqui, Diego Slyt (ORCID: 0000-0002-7226-6858)

ASESOR:
Dr. Cabrera Carranza, Carlos Francisco (ORCID: 0000-0002-3404-412X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
TRATAMIENTO Y GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

LIMA - PERÚ
2019

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

VERIFICACIÓN DE FUENTES

1 Entregado a Universidad... Trabajo del estudiante 14 %

2 repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet 2 %

3 Entregado a Universidad... Trabajo del estudiante 1 %

4 Entregado a Universidad... Trabajo del estudiante 1 %

5 hortifacio.com Fuente de Internet 1 %

6 repositorio.unop.edu.pe Fuente de Internet 1 %

7 depacé.unitu.edu.pe Fuente de Internet 1 %

8 www.repositorio.usac... Fuente de Internet 1 %

9 depacé.espoeh.edu.ec Fuente de Internet 1 %

10 repositorio.lamolina.edu... Fuente de Internet <1 %

11 docplayer.es Fuente de Internet <1 %



**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE
TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL
UCV**

Código : F08-PP-PR-02.02
Versión : 10
Fecha : 10-06-2019
Página : 1 de 1

Yo Meza Huaqui, Diego Slyt identificado con DNI N.º 72632451, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo, autorizo (), No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado "Microorganismos eficientes como biodegradadores de residuos sólidos orgánicos domiciliarios y del estiércol de cerdo para la producción de abono en Carabayllo, 2019"

en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derechos de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

FIRMA

DNI: 72632451

FECHA: 08 de julio de 2019



Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

Meza Huaqui, Diego Slyt

INFORME TITULADO:

“Microorganismos eficientes como biodegradadores de residuos sólidos orgánicos domiciliarios y del estiércol de cerdo para la producción de abono en Carabaylo, 2019”

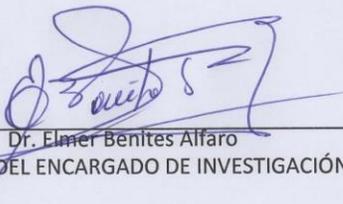
PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO AMBIENTAL

SUSTENTADO EN FECHA: 08/07/2019

NOTA O MENCIÓN: 16




Dr. Elmer Benites Alfaro
FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN

NRO. 24 -20/1