

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



Una Institución Adventista

TESIS

**“Compostaje de residuos sólidos orgánicos utilizando
microorganismos eficientes en el distrito
de Cacatachi”**

Autores:

Melendrez Moreto, Nesli Areli
Sánchez Delgado, Jhasely

Asesor:

Ing. Carmelino Almestar Villegas

Tarapoto, marzo del 2019

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL INFORME DE TESIS

Ing. Carmelino Almestar Villegas, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura,
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: "Compostaje de residuos sólidos orgánicos utilizando microorganismos eficientes en el distrito de Cacatachi" constituye la memoria que presenta las Bachilleres Nesli Areli Melendrez Moreto y Jhasely Sanchez Delgado para aspirar al título Profesional de Ingeniero Ambiental, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

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

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Tarapoto, a los quince días del mes de abril del año dos mil diecinueve.



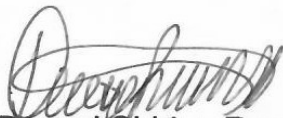
Ing. Carmelino Almestar Villegas

- “Compostaje de residuos sólidos orgánicos utilizando microorganismos eficientes en el distrito de Cacatachi”

TESIS

Presentada para optar el título profesional de ingeniero ambiental

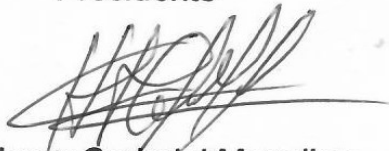
JURADO CALIFICADOR




Ing. Mg. Dayani Shirley Romero Vela
Presidente



Ing. Jessica Quipas Pezo
Secretario



Ing. Henry Carbajal Mogollon
Vocal



Ing. Carmelino Almaster Villegas
Asesor

Tarapoto, 31 de marzo de 2019

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo de investigación a nuestro único Dios y a nuestros padres.

A Dios porque está con nosotros a cada paso que damos, cuidándonos y dándonos fortaleza para continuar, a nuestros padres, quienes a lo largo de nuestra vida han velado por nuestro bienestar y educación siendo nuestro apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se nos presenta sin dudar ni un solo momento en nuestra inteligencia y capacidad.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por fortalecer nuestros corazones e iluminar nuestra mente y por haber puesto en nuestro camino a aquellas personas que son nuestro soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A nuestra familia por el gran esfuerzo y apoyo incondicional, ya ellos son la fuente de alegría y fortaleza necesaria para seguir adelante.

ÍNDICE

DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
ÍNDICE	VI
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
ÍNDICE DE ANEXOS	XIII
RESUMEN	XIV
ABSTRACT	XV
CAPÍTULO I	16
1.1 Identificación del problema	16
1.2 Objetivos	17
1.1.1 Objetivo general	17
1.1.2 Objetivos específicos	17
1.3 Justificación	17
1.4 Presuposición filosófica	17
CAPÍTULO II	19
REVISIÓN DE LITERATURA	19
2.1 Fundamentos del objeto de estudio	19
2.1.1 Residuos sólidos	19
2.1.2 Clasificación de los residuos sólidos	19
2.1.3 Residuos sólidos orgánicos	21
2.1.4 Recolección selectiva	21
2.1.5 Segregación en la fuente	21
2.1.6 Producción de residuos sólidos en el distrito de Cacatachi	21

2.1.7	Aprovechamiento de Residuos sólidos	23
2.1.8	Microorganismos eficientes (EM)	23
2.1.9	Fundamento histórico de los microorganismos eficientes	23
2.1.10	Importancia y beneficio de los Microorganismos Eficientes	24
2.1.11	Grupos de los microorganismos eficientes	24
2.1.12	Activación de los microorganismos	25
2.1.13	Aplicación de microorganismos eficientes (EM) en el compostaje	25
2.1.14	Definición de compostaje	26
2.1.15	Utilización del compostaje	27
2.1.16	Pilas de compost	27
2.1.17	Calidad del Compost	28
2.1.18	Fases del compostaje	28
2.1.19	Procesos del compostaje	30
2.1.20	Factores que influyen en el proceso de compostaje	31
2.1.21	Relación de carbono nitrógeno en el compost	31
2.1.22	Índices de calidad de compost	31
2.2	Marco legal	32
2.2.1	Constitución política	32
2.2.2	Ley General del Ambiente. Ley N° 28611	32
2.2.3	Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales (Ley N° 26821)	33
2.2.4	Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278, que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos	33
2.2.5	Programa de incentivos a la mejora de la gestión municipal 2018 - Guía para el cumplimiento de la meta 25	33
2.2.6	Normativa chilena de calidad de compost	33

2.3	Antecedentes de la investigación	34
	CAPÍTULO III	36
	MATERIALES Y MÉTODOS	36
3.1	Descripción del lugar de ejecución	36
3.2	Población y muestra	39
3.2.1	Población	39
3.2.2	Muestra	39
3.3	Diseño de investigación	39
3.3.1	Modelo estadístico del diseño experimental	39
3.3.2	Tratamientos para las pilas de compostaje	40
3.3.3	Características del campo experimental	41
3.4	Formulación de la hipótesis	41
3.4.1	Hipótesis nula	41
3.4.2	Hipótesis alterna	41
3.5	Identificación de variables	42
3.5.1	Variable independiente	42
3.5.2	Variable dependiente	42
3.6	Operacionalización de variables	42
3.7	Instrumentos de medición	43
3.7.1	GPS43	
3.7.2	Balanza	43
3.7.3	pH-meter	44
3.7.4	Termómetro	44
3.7.5	Wincha	44
3.8	Técnicas de recolección de datos y validación de instrumentos	45
3.8.1	Técnicas de recolección de datos	45

3.8.2	Validación de instrumentos	45
3.9	Plan de procesamiento de datos	45
3.10	Procedimiento de la Investigación	45
3.10.1	Acondicionamiento del área experimental	45
3.10.2	Plan de seguridad e higiene	46
3.10.3	Recolección de los residuos sólidos orgánicos	48
3.10.4	Trituración manual de compostaje	48
3.10.5	Activación de los microorganismos eficientes	49
3.10.6	Relación C/N inicial	49
3.10.7	Riego de las pilas	49
3.10.8	Volteos de las pilas	49
3.10.9	Análisis de parámetros	49
3.10.10	Frecuencia de la Medición de los parámetros	49
	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
4.1	Resultados	51
4.1.1	Control de los parámetros del proceso	51
4.1.1.1	Temperatura	51
4.1.1.2	Potencial de Hidrógeno	54
4.1.1.3	Humedad	58
4.1.2	Calidad del compost	61
4.1.3	Análisis de los nutrientes	62
4.1.4	Análisis de metales pesados	63
4.1.5	Análisis de otros parámetros	64
4.2	Discusiones	66
	CAPÍTULO V	68
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68

5.1 Conclusiones	68
5.2 Recomendaciones	68
Referencias	70
ANEXOS.....	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición de residuos sólidos domiciliarios	22
Tabla 2. Características de los tratamientos	41
Tabla 3. Operacionalización de variables de la investigación.....	42
Tabla 4. Normas Generales de seguridad	46
Tabla 5. Equipo de Protección Personal.....	47
Tabla 6. Calidad del compost en base a la norma chilena.....	61
Tabla 7. ANOVA del el contenido de nitrógeno	62
Tabla 8. ANOVA del el contenido de fósforo.....	62
Tabla 9. ANOVA del el contenido de potasio.....	63
Tabla 10. ANOVA del el contenido de cadmio.....	63
Tabla 11. ANOVA del el contenido de humedad.....	64
Tabla 12. ANOVA del el contenido de materia orgánica.....	64
Tabla 13. ANOVA del el contenido de carbono orgánico	65
Tabla 14. ANOVA de la relación C/N	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fases del proceso de compostaje.....	29
Figura 2. Ubicación del distrito de Cacatchi	38
Figura 3. Ubicación de las pilas de Compostaje.....	40
Figura 4. GPS marca Garmin	43
Figura 5. Balanza mecánica.....	43
Figura 6. Medidor de pH	44
Figura 7. Termómetro ambiental	44
Figura 8. Wincha	45
Figura 9. Trituración de los residuos sólidos.....	48
Figura 10. Temperatura del tratamiento T0.....	51
Figura 11. Temperatura del tratamiento T1	52
Figura 12. Temperatura del tratamiento T2.....	53
Figura 13. Temperatura del tratamiento T3	54
Figura 14. pH del tratamiento T0	55
Figura 15. pH del tratamiento T1	56
Figura 16. pH del tratamiento T2	57
Figura 17. pH del tratamiento T3	58
Figura 18. Humedad del tratamiento T0.....	59
Figura 19. Humedad del tratamiento T1.....	59
Figura 20. Humedad del tratamiento T2.....	60
Figura 21. Humedad del tratamiento T3.....	60

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Solicitud de autorización para la ejecución del estudio	76
Anexo 2. Ficha de recolección de datos	77
Anexo 3. Certificados de calibración de los instrumentos	78
Anexo 4. Informe de laboratorio	82
Anexo 5. Panel fotográfico	84

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de los microorganismos eficientes (EM) en el proceso de compostaje de residuos sólidos orgánicos en el distrito de Cacatachi. Para ello se seleccionó un diseño experimental completamente al Azar, cuya variable dependiente fue dosis de microorganismos eficientes con cuatro tratamientos (0, 250, 500, 1000 mL de EM; en 10 L de solución acuosa) y tres repeticiones. Las variables dependientes fueron: relación C/N, materia orgánica, temperatura, pH, humedad. Los parámetros temperatura, pH y humedad, se monitorearon cada dos días, durante un periodo de 45 días. Los parámetros temperatura, pH y humedad se mantuvieron en el rango óptimo. Cuando uno de estos parámetros se modificaba, como consecuencia de las interacciones físicas, químicas y biológicas que se desarrollaban en el proceso de compostaje, se procedió a su corrección de acuerdo con el manual del compostaje. La relación C/N, antes de iniciar el proceso de compostaje tuvo un valor de 31.25. Los parámetros, Nitrógeno, fósforo, potasio, cadmio, humedad, materia orgánica, carbono orgánico, no cumplen con la normativa chilena de calidad de compost. Únicamente la relación C/N, cumple dicha normativa en los cuatro tratamientos. Se concluye que los tratamientos óptimos fueron: T2 y T3, sin embargo en el tratamiento 2, se utilizó una menor concentración de EM (500 mL de EM activado por 10L de agua) que en el tratamiento 3. Por lo tanto el tratamiento 2 es el que se debe utilizar como abono orgánico.

Palabras clave: Microorganismos eficientes, residuos sólidos municipales, compostaje

ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the effect of efficient microorganisms (EM) in the composting process of organic solid waste in the district of Cacatachi. For this, a completely randomized experimental design was selected, whose dependent variable was a dose of efficient microorganisms with four treatments (0, 250, 500, 1000 mL of EM, in 10 L of aqueous solution) and three repetitions. The dependent variables were: C / N ratio, organic matter, temperature, pH, humidity. The temperature, pH and humidity parameters were monitored every two days, for a period of 45 days. The parameters temperature, pH and humidity were kept in the optimum range. When one of these parameters was modified, as a consequence of the physical, chemical and biological interactions that developed in the composting process, it was corrected according to the manual of composting. The C / N ratio, before starting the composting process, had a value of 31.25. The parameters, nitrogen, phosphorus, potassium, cadmium, moisture, organic matter, organic carbon, do not comply with Chilean compost quality regulations. Only the C / N ratio complies with these regulations in the four treatments. It is concluded that the optimal treatments were: T2 and T3, however in treatment 2, a lower concentration of EM (500 mL of EM activated by 10L of water) was used than in treatment 3. Therefore treatment 2 is which should be used as organic fertilizer.

Keywords: Efficient microorganisms, municipal solid waste, composting

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Identificación del problema

Los residuos sólidos orgánicos producidos en los centros urbanos, se convierten en un problema ambiental cuando no se manejan adecuadamente. Entre estos problemas tenemos: proliferación de vectores de enfermedades, contaminación visual y deterioro del paisaje. Sin embargo, existen múltiples formas de convertir estos residuos en materiales valiosos, entre estas formas tenemos: alimentación animal, compostaje, lombricultura, biocombustibles y compostaje.

Existen distintas actividades para el reaprovechamiento de residuos, las que se realizan con la finalidad de recuperar su valor, a través del reaprovechamiento, rediseño, recuperación, reciclado y reutilización de materiales para la producción de energía.

La técnica del compostaje es ampliamente aceptada y utilizada en todos los sistemas relacionados con la agricultura ecológica, la cual ofrece un gran potencial para los sistemas agroecológicos, ya que promueve la protección del ambiente a través del desarrollo sustentable (Food and Agriculture Organization, 2013). Esta es una técnica que posibilita la utilización adecuada de residuos orgánicos domiciliarios, agropecuarios y de agroindustrias, minimizando la contaminación ambiental (Rodrigues et al., 2015).

Por otro lado, la tecnología de microorganismos eficientes se ha convertido en una poderosa herramienta biotecnológica que acelera los procesos de degradación de compuestos orgánicos, como los que contienen los residuos sólidos.

En el presente estudio, se busca responder la siguiente pregunta de investigación:

¿Qué efecto tienen los microorganismos eficientes (EM), en el proceso de compostaje de residuos sólidos orgánicos en el distrito de Cacatachi?

1.2 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de los microorganismos eficientes (EM) en el proceso de compostaje de residuos sólidos orgánicos en el distrito de Cacatachi.

1.1.2 Objetivos específicos

- Monitorear las variables Temperatura, pH y humedad del proceso de compostaje de residuos sólidos orgánicos.
- Determinar la calidad del compost (nitrógeno, fósforo, potasio, cadmio, humedad, materia orgánica, carbono orgánico y relación C/N), en base a la normativa chilena de calidad de compost.
- Determinar el mejor tratamiento obtenido a partir de la aplicación de tres dosis de microorganismos eficientes.

1.3 Justificación

El compostaje de los residuos sólidos mediante microorganismos eficientes es una alternativa viable ambientalmente, sobre todo porque se utiliza la biotecnología para descomponer la materia orgánica de los residuos. Los resultados de esta investigación, permitirán conocer, una dosis óptima de microorganismos eficientes (EM) que degradan más rápido los constituyentes de los residuos sólidos orgánicos. Estos resultados serán utilizados por los pobladores del distrito de Cacatachi, para solucionar el problema de la contaminación generada por los residuos sólidos e integrar este fertilizante orgánico a sus cultivos, mejorando de esta manera la nutrición del suelo.

1.4 Presuposición filosófica

La Biblia afirma que Dios entregó al hombre el huerto del Edén para que lo cuidara y lo labrara (RVR, 1960). El encargo que Dios otorgó al ser humano está relacionado con la

protección de la flora, la fauna y el ambiente en el que se desarrollan. El reaprovechamiento de residuos sólidos, está integrado por diversas acciones que se realizan con la finalidad de recuperar el valor económico de los residuos, mediante la reutilización y recuperación de materiales. Por esta razón el reaprovechamiento de residuos sólidos se convierte en una alternativa que reduce la contaminación al ambiente, permitiendo de esta manera una gestión sostenible del mismo.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Fundamentos del objeto de estudio

2.1.1 Residuos sólidos

Son sustancias, productos o subproductos que se encuentra ya sea en fase sólido o semisólidos de los que cuenta el generador, que está obligado a disponer, de acuerdo a lo indicado en la normativa peruana (Consejo Nacional del Ambiente, 2006). Los residuos sólidos resultan del consumo de bienes o servicios, los que se eliminan debido a que no presentan un uso inmediato (Ministerio de Agricultura y Riego, 2012).

Los gases o líquidos que se encuentran dentro de un recipiente que van hacer desechados, también se consideran residuos sólidos (El Peruano, 2017).

2.1.2 Clasificación de los residuos sólidos

De acuerdo al Decreto Legislativo 1278, los residuos sólidos por su origen se clasifican en:

Residuos domiciliarios: Éstos se producen por las diversas actividades domésticas. La calidad y cantidad de estos residuos va depender de diversos condicionantes entre ellos: niveles de ingreso familiar, patrones de consumo, avance tecnológico y calidad de vida de la población.

Residuos Industriales: Son producidos por la actividad industrial de los diferentes sectores productivos.

Residuos Comerciales: Estará en función del tipo de actividad que se realice. Está fundamentalmente constituidos por material de oficina, empaques y algunos restos orgánicos.

Residuos de limpieza de Espacios Públicos: Éstos se generan por las actividades del barrido de parques y espacios públicos.

Residuos de las Actividades de Construcción: Son producidos por la demolición de construcciones o materiales sobrantes en obras de construcción.

Residuos Agropecuarios: Se generan por las diversas actividades destinadas al cultivo de vegetales y crianza de animales. Tales residuos pueden ser: fertilizantes sintéticos y orgánicos, pesticidas y antibióticos.

Residuos de Establecimiento de atención de Salud: Estos residuos se generan por los procesos de diagnóstico e inmunización en hospitales y veterinarias.

De acuerdo a su gestión los residuos se clasifican en:

Residuos Sólidos Municipales: Estos residuos están conformados por los residuos domiciliarios y del barrido de calles y limpieza de espacios públicos y otras actividades comerciales y urbanas. (El Peruano, 2017).

Residuos sólidos no municipales: Estos residuos se generan en las actividades extractivas, productivas y de servicios. Los cuales pueden ser peligroso y no peligroso (El Peruano, 2017).

Según su peligrosidad los residuos sólidos se clasifican en:

Residuo Peligroso: Las características de estos residuos representan un nivel de riesgo significativo para la salud del ser humano y el ambiente.

Residuos no Peligrosos: Son aquellos residuos del tipo doméstico y/o industrial que no tienen efecto adverso sobre las personas, animales y plantas, y que en general no deterioran la calidad del ambiente. Se sub clasifican asimismo en dos tipos: Domésticos e Industriales.

2.1.3 Residuos sólidos orgánicos

Se originan por los restos de plantas y animales. Estos se descomponen fácilmente por la acción de los microorganismos. Algunos ejemplo de residuos orgánicos son: cascara de frutas y verduras (Consejo Nacional del Ambiente, 2006).

Los residuos orgánicos son los sedimentos biodegradables de animales y plantas, es decir se refiere a los restos de verduras y frutas, con algo de trabajo estos desechos se pueden recuperar y hacer uso para la elaboración de eficaces fertilizantes que contribuyan al cuidado y protección del medio ambiente (*Ferreira et al., 2015*).

2.1.4 Recolección selectiva

Consiste en acopiar los residuos generados de manera clasificada, según sus características similares, para luego ser dispuestos en áreas de reaprovechamiento (Lorang, Torrentó, & Huerta, 2005). Los residuos que no sean reaprovechables deben ser dispuestos en un relleno sanitario (Consejo Nacional del Ambiente, 2006).

2.1.5 Segregación en la fuente

Esta actividad consiste en clasificar los residuos de acuerdo a su tipo, al interior de la vivienda. La segregación se realiza asignando a cada vivienda materiales como bolsas y baldes debidamente rotulados, los que serán entregados en forma periódica. En su mayoría, se segregan los siguientes productos: materia orgánica, plástico, papel, Tetra Pack, vidrio, cartón y latas. (Renteria Sacha & Zeballos Villarreal, 2014).

2.1.6 Producción de residuos sólidos en el distrito de Cacatachi

De acuerdo con el estudio de Caracterización de residuos sólidos Municipales, realizado, el total de residuos sólidos domiciliarios generados en el distrito de Cacatachi, se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1.

Composición de residuos sólidos domiciliarios

Tipo de residuos	%	% Total
Residuos Orgánicos		
Materia Orgánica	74.54	78.17
Madera, Follaje	0.63	
Residuos Reciclables		
Papel	0.46	12.15
Cartón	1.31	
Vidrio	0.99	
Plástico PET	2.76	
Plástico duro	2.46	
Tetra Pack	0.54	
Metal	1.13	
Latas	1.38	
Caucho, Cuero, Jebe	1.12	
Residuos No Recuperables		
Bolsas	0.5	8.06
Tecnoport y similares	0.55	
Telas, Textiles	1.09	
Pilas	0.72	
Restos de medicina, focos, etc.	0.45	
Residuos Sanitarios	1.68	
Residuos Inertes	1.62	
Otros - Cabellos, Losa	1.45	
Total		100.00

Fuente: Municipalidad Distrital de Cacatachi, (2018)

2.1.7 Aprovechamiento de Residuos sólidos

Consiste en obtener un beneficio del elemento que representa un residuo sólido. Las técnicas de reaprovechamiento son: reutilización, recuperación y reciclaje (Jaramillo & Zapata, 2008). El aprovechamiento de residuos permite reincorporar en el ciclo productivo, con la finalidad de reducir los impactos negativos al ambiente y generar beneficios económicos y social (Andrade, 2014).

Una alternativa de tratamiento y, consecuentemente, de aprovechamiento de ese tipo de residuos consiste en el compostaje, proceso biológico de transformación de residuos orgánicos en sustancia húmica. En otras palabras, empezando con la mezcla de restos de alimentos, frutos, hojas, estiércol, paja, entre otros, se obtienen, al finalizar el proceso, un abono orgánico homogéneo, de color oscuro, estable, suelto, listo para ser usado en cualquier cultivo, sin causar daño y proporcionando una mejora en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. El compostaje doméstico puede ser hecho amontonando el material a ser compostado en forma de pila o leña, en compostaje, o incluso por puesta a tierra. La forma que se utilizará depende del espacio disponible (Viável, 2010).

2.1.8 Microorganismos eficientes (EM)

También llamados microorganismos eficientes EM también son llamados como microorganismos efectivos o EM, es un cultivo mixto de microorganismos benéficos (fundamentalmente bacterias fotosintéticas y productoras de ácido láctico, levaduras, actinomicetos y hongos fermentadores) que puede ser aplicado como inoculante para incrementar la diversidad microbiana de los suelos. Esto a su vez aumenta la calidad y la salud de los suelos, incrementando el crecimiento y rendimiento de los cultivos (Soriano, 2016).

2.1.9 Fundamento histórico de los microorganismos eficientes

Los primeros estudios relacionados con los microorganismos eficaces se iniciaron en la década de 1970 por el Dr. Teruo Higa, con el objetivo de mejorar la utilización de la

materia orgánica en la producción agrícola, siendo que, en 1982, se realizaron ensayos con el EM en el campo, en las distintas regiones de Japón, con resultados positivos. En la agricultura natural se utilizan técnicas ecológicas, con el máximo provecho (Viana, 2013)

2.1.10 Importancia y beneficio de los Microorganismos Eficientes

Los microorganismos se utilizan en la solución de los problemas relacionados con el uso de fertilizantes químicos, pesticidas y se aplican ampliamente a la producción natural y la agricultura orgánica (HIGA, 1991). Para Martínez (2002) los microorganismos eficaces (regenerativos) son aquellos que tienen la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico, descomponer los residuos orgánicos, desintoxicar el suelo de plaguicidas, suprimir enfermedades de plantas y patógenos del suelo, incrementar el reciclado de nutrientes y producir componentes bioactivos como vitaminas, hormonas y enzimas que estimulan el crecimiento plantas. En cambio, los microorganismos dañinos o degenerativos, son aquellos que pueden inducir enfermedades en las plantas, estimular los patógenos en el suelo, inmovilizar nutrientes, producir toxinas y sustancias pútridas que afectan negativamente el crecimiento y la salud de las plantas (Romão, Fortunato, & Venera, 2004)

2.1.11 Grupos de los microorganismos eficientes

Según Viana (2013) los Microorganismos eficientes, se clasifican en 4 grupos:

- a. Las levaduras (*Sacharomyces* spp.): estas utilizan las sustancias que son liberadas por las raíces de las plantas, sintetizan las vitaminas y activan otros microorganismos eficaces en el suelo, donde las sustancias bioactivas, tales como hormonas y enzimas producidas por las levaduras, provocan actividad celular en las raíces.
- b. Actinomicetos: Son bacterias que producen antibióticos y por eso controlan hongos y bacterias patógenas y aumentan la resistencia de las plantas.
- c. Bacterias productoras de ácido láctico (*Lactobacillus* spp. y *Pediococcus* spp.): producen ácido láctico que controlan algunos microorganismos fitopatógenos como el nutriente a las plantas.

d. Bacterias fotosintéticas: utilizan la energía solar en forma de luz y calor. Las sustancias excretadas por las raíces de las plantas en la síntesis de vitaminas y nutrientes, aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, que favorecen el crecimiento de las plantas, así como aumentan las poblaciones de otros microorganismos eficaces, como los fijadores de nitrógeno, como los actinomicetos y los hongos micorrízicos.

2.1.12 Activación de los microorganismos

Los EM generalmente están disponibles en estado inactivo y requiere activación antes de la aplicación. La activación implica el uso de Jaggery o agua de arroz. Esta sustancia se utiliza para activar los EM vencidos y no caducados a fin de compararlos (Mathews & Gowrilekshmi, 2016).

Existen diversas formas y dosis para la activación de los EM. Para Namasivayam & Bharani, (2012). La activación implica la adición de 20 litros de agua y 2 kilogramos de Jaggery (azúcar de caña pura) a 1 litro de EM inactiva. La mezcla se vierte en un recipiente limpio y hermético de plástico sin aire en el recipiente. El contenedor se almacenó lejos de la luz solar directa a temperatura ambiente durante 8 a 10 días. El gas fue liberado todos los días hasta que la fermentación se completó. Durante el período de activación, se formó una capa blanca de actinomicetos en la parte superior de la solución acompañada de un olor agradable y un pH ácido dentro del rango.

2.1.13 Aplicación de microorganismos eficientes (EM) en el compostaje

En el proceso de compostaje el uso de microorganismos eficientes acelera la degradación de la materia orgánica (Naranjo, 2013)

Para Soriano (2016) los microorganismos eficientes están conformados por varios microorganismos benéficos tanto aeróbicos como anaeróbicos, estos desempeñan diferentes funciones. Asimismo, los microorganismos eficaces (EM) al ponerse en contacto con la

materia orgánica segregan sustancias útiles, las que contribuyen con la descomposición de los componentes orgánicos.

2.1.14 Definición de compostaje

El compostaje es una técnica de valoración de los residuos orgánicos, donde los restos vegetales se usan como estructurantes de aporte de carbono, para el funcionamiento adecuado del proceso de compostaje (Ministerio de Agricultura y Riego, 2012).

El compostaje es una tecnología sostenible debido a sus múltiples beneficios, como la producción de abono orgánico. Mediante la técnica del compostaje se reduce la generación de desechos, la contaminación del aire y lixiviados del agua subterránea. De igual manera es una alternativa para la generación de empleo e ingresos (Harir, Kasim, & Ishiyaku, 2015).

El término compost está relacionado al proceso de tratamiento de residuos orgánicos, ya sean de origen urbano, industrial, agrícola y forestal. El compostaje es un proceso aeróbico y controlado, desarrollado por una comunidad microbiana diversificada. Las fases del proceso de compostaje son dos: la primera cuando ocurren las reacciones bioquímicas más intensas, principalmente termofílicas; la segunda es la fase de maduración, que se realiza cuando ocurre el proceso de humificación. Este proceso descompone y estabiliza la materia orgánica bajo condiciones que favorecen el desarrollo de temperaturas termofílicas, que son el resultado de la generación biológica de calor. Para Suevis & Salas (2010) el compostaje es un proceso de oxidación biológica mediante el cual los microorganismos descomponen los compuestos que componen la materia orgánica, generando dióxido de carbono y vapor de agua. El compostaje también puede presentarse como un proceso de forma anaerobia.

Para Álvarez (2014) el proceso de compostaje se desarrolla a temperaturas termófilas como consecuencia de la producción biológica de calor, que genera un producto estable, libre de patógenos y que al aplicarse al suelo mejora su estructura.

2.1.15 Utilización del compostaje

Para los investigadores Costa et al., (2009), El reciclaje de los residuos sólidos orgánicos puede tener un uso agronómico racional de los residuos. El compostaje se presenta como alternativa viable para sistemas de producción orgánica, en virtud de su elevada calidad nutricional y biológica (Sombra, Francisco; Moreira, Hermínio; Paulo, 2004).

Los usos, principalmente agronómicos u hortícolas, se basan en la composición química. Las aplicaciones incluyen usos como fertilizantes, coberturas, medios para macetas o enmiendas del suelo (Céspedes, Cazorla, Gutiérrez, & Peñalver, 2014).

Ha surgido una nueva industria de contratistas que utilizan compost y productos a base de compost o infraestructura verde, que presenta una oportunidad para establecer un nuevo sector industrial hecho en los Estados Unidos, creando aún más empleos (Platt & Goldstein, 2014).

Según Misra, Roy, & Hiraoka, (2003), menciona que el compostaje ofrece varios beneficios, como suelo mejorado fertilidad y salud del suelo - por lo tanto aumento de la productividad agrícola, suelo mejorado biodiversidad, reducción de los riesgos ecológicos y un mejor medioambiente.

El compostaje ofrece la ventaja de ser de bajo costo operativo, tener el uso beneficioso de los productos finales en la agricultura y disminuir la contaminación del aire y de las aguas subterráneas. Sin embargo, a pesar de todas las ventajas, este proceso puede resultar en un compuesto con metales pesados o incluso con el pH inadecuado para su uso en fertilización agrícola (Viável, 2010).

2.1.16 Pilas de compost

Para la formación de pilas, existen diversas técnicas, las que dependen de su manejo en el campo experimental (espacio, tecnificación, tiempo de retención), las características que varían en las pilas composteras son: el volumen, su forma, la disposición y el espacio entre ellas. De acuerdo con la FAO recomienda alternar con capas de distinto material cada

pila de compostaje con el fin de conseguir una adecuada relación C: N (30:1) y el control de temperaturas (Food and Agriculture Organization, 2013).

Se debe realizar un sistema de pilas con volteo, utilizando una pala, donde las pilas pueden alcanzar una altura de tres metros. Sin embargo a nivel familiar, esto difícil de cumplir, y la altura deseable es de 1,5 metros para facilitar los volteo (Food and Agriculture Organization, 2013).

2.1.17 Calidad del Compost

El proceso de compostaje no se limita a la adición y mezcla de materiales orgánicos en las pilas, sino que implica la elección de los materiales, selección del sistema de compostaje, el lugar donde se realizará, así como la disponibilidad de esos materiales para que el proceso se complete Kiehl, 1998). Kiehl (1998) relata que durante el procesamiento de compostaje es posible observar tres fases: una primera inicial y rápida de fitotoxicidad o de compuesto crudo o inmaduro, seguida de una segunda fase de semi-curado o bioestabilización, para alcanzar finalmente la tercera fase, la humedad, acompañada de la mineralización de determinados componentes de la materia orgánica.

2.1.18 Fases del compostaje

Clalk citado por Baltodano (2002), considera cuatro fases del proceso de compostaje, las que dependen de la temperatura. La Figura 1 muestra estas fases.

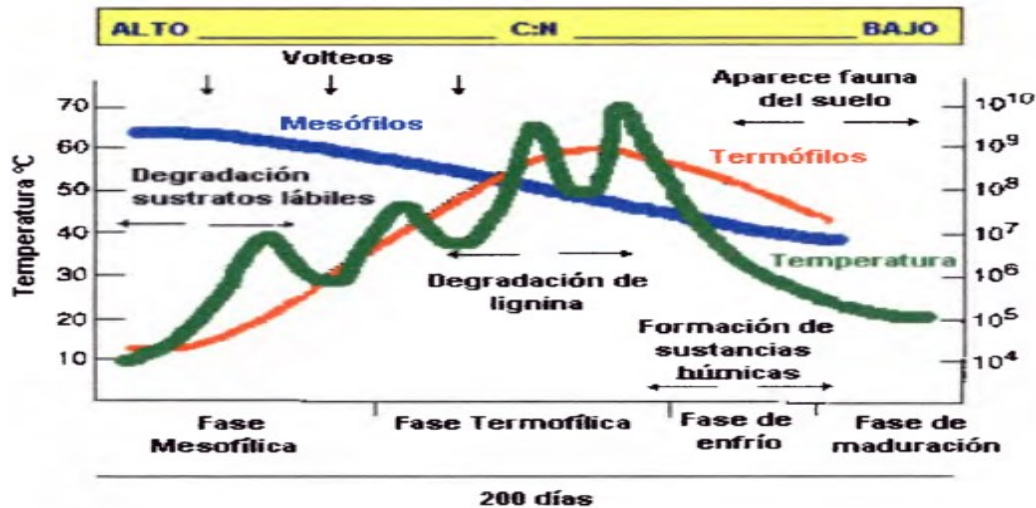


Figura 1. Fases del proceso de compostaje

Fuente: Clalk citado por Baltodano (2002)

a. Etapa mesofílica

Esta fase inicia con una temperatura ambiente y pocos días después, la temperatura llega a los 45°C. La actividad microbiana es la responsable del incremento de la temperatura, debido a que los microorganismos utilizan las fuentes sencillas de carbono y nitrógeno, generando calor. La descomposición de los azúcares, produce ácidos orgánicos, disminuyendo de esta manera el pH, hasta el rango de 4.0 a 4.5. Esta fase tiende a durar de dos a ocho días (Food and Agriculture Organization, 2013).

b. Etapa Termofílica

En esta etapa el material alcanza temperaturas mayores a 45°C, los microorganismos mesófilos son reemplazados por bacterias termófilas, las que degradan las fuentes más complejas de Carbono, como la celulosa y la lignina. Estos microorganismos transforman el nitrógeno en amoníaco, en especial, a partir de 60 °C aparecen las bacterias que provocan esporas y actinobacterias, las cuales descomponen las ceras, hemicelulosas y otros compuestos de Carbono complejos. Esta etapa puede durar desde algunos días hasta meses, según el material a compostar, las condiciones climáticas del lugar. A esta etapa también se la denomina fase de higienización, debido que el calor producido destruye bacterias y

contaminantes de origen fecal, como *Escherichia coli* y *Salmonella spp.* Igualmente, en esta fase, se eliminan los quistes y huevos de helminto, esporas de hongos fitopatógenos y semillas de malezas que pueden encontrarse en el material de partida, ya que las temperaturas son superiores a 55°C (Brenes, Jiménez, & Fernández, 2013)

c. Etapa de estabilización

Los hongos termófilos vuelven a colonizar el mantillo y comienzan a descomponer la celulosa a temperaturas menores de 60°C. Al bajar la temperatura a 40°C, los mesófilos también reinician su actividad y el medio tiende a bajar ligeramente.

d. Etapa de maduración

En este periodo se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización del humus. Esta etapa se desarrolla a temperatura ambiente dura varios meses (López, 2014).

2.1.19 Procesos del compostaje

El compostaje se basa en una serie de proceso predominantemente aerobio. Los condicionantes que favorecen el crecimiento de los microorganismos aerobios son: Relación Carbono / Nitrógeno, Humedad, Temperatura, Oxígeno, pH, Tamaño de la partícula, Tamaño del montón y Tiempo (Guerrero & Monsalve, 2006).

El compostaje es un proceso bioquímico que se da en presencia de bacterias termófilas y mesófilas, las cuales descomponen el sustrato orgánico en gases, agua, minerales y materia orgánica estabilizada; dicho proceso permite que la materia orgánica retorne al suelo. Esta metodología de reciclaje de la materia orgánica, se utiliza en la gestión de residuos. El compostaje puede ser utilizado en la actividad agrícola como mejorador del suelo (Solis, 2015).

Para Moreira (2014) el compostaje es un proceso biológico de descomposición de la materia orgánica, que proviene de restos de origen animal o vegetal. El compostaje propicia un destino útil para los residuos orgánicos, evitando su acumulación en vertederos y mejorando la estructura de los suelos. Su proceso permite dar un destino a los residuos

orgánicos agrícolas, industriales y domésticos, como restos de comidas y residuos del jardín. Este proceso tiene como resultado final un compuesto orgánico, que se puede aplicar al suelo mejorando sus características, evitando riesgos al ambiente.

2.1.20 Factores que influyen en el proceso de compostaje

Un factor clave para determinar un compost de alta calidad es el tipo de materia orgánica a compostar, la cual tiende a reducirse durante el proceso, debido a la mineralización y por consiguiente a la pérdida de carbono en forma de CO₂. Las pérdidas representan aproximadamente el 20% en masa de los materiales a compostar (Márquez, Díaz, & Cabrera, 2005).

2.1.21 Relación de carbono nitrógeno en el compost

La relación Carbono/Nitrógeno para una adecuada actividad biológica de 30/1. Sin embargo, el rango óptimo de este parámetro está entre 25 y 35. La relación C/N afecta en la velocidad del proceso y en la pérdida de amoníaco durante el compostaje. Por lo tanto, cuando la relación C/N es mayor de 40 la actividad microbiana se reduce a causa de la deficiencia en la disponibilidad de Nitrógeno para la fabricación proteica (Páez, 2013).

Para la producción de compost, la razón C/N es un factor clave, debido a que el carbono constituye una fuente energética, mientras que para el crecimiento y funcionamiento celular de los microorganismos se necesita de fuentes nitrogenadas. Una alta relación C/N hace que el proceso sea más lento, y una muy baja impide la descomposición, por lo que se considera que una relación de 30/1 es favorable para el desarrollo de los microorganismos (Guerrero & Monsalve, 2006).

2.1.22 Índices de calidad de compost

a. Índice químico y físico-químico

Los análisis químicos y físico-químicos más comunes incluyen el pH, conductividad eléctrica, relación Carbono/Nitrógeno, capacidad de intercambio catiónico. Uno de los

índice más utilizado es la relación C/N, estableciéndose, en general, que en un compost maduro esta relación debe ser < 20 .

b. Índices microbiológicos

Son utilizados en los textos legislativos como medida de garantía higiénica y sanitaria para el uso de compost y en menor medida como chequeo de la eficiencia del proceso de compostaje (Soriano, 2016)

2.2 Marco legal

2.2.1 Constitución política

Resalta entre los derechos esenciales de la persona humana, el derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de la vida. El marco general de la política ambiental en el Perú se rige por el Art. 67°, en el cual el Estado determina la política nacional ambiental y promueve el uso sostenible de sus recursos naturales. El Estado tiene la obligación y el deber de proteger al ciudadano y a la sociedad. En ese sentido, la Constitución regula: los Derechos de la Persona y de la Sociedad, el Estado y la Nación, el Régimen Económico, la Estructura del Estado, las Garantías Constitucionales y la Reforma de la Constitución. De su amplio contenido, se rescata el derecho de la persona de gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de la vida (Artículo 2°; numeral 22). Adicionalmente, la Constitución protege el derecho de propiedad y así lo garantiza el Estado, pues a nadie se le puede privar de su propiedad, eso lo enmarca el artículo 70°. Así que, cuando se requiere desarrollar proyectos de interés nacional, declarados por Ley, estos podrán expropiar propiedades para su ejecución, para lo cual se deberá indemnizar previamente a las personas y/o familias que resulten afectadas.

2.2.2 Ley General del Ambiente. Ley N° 28611

La presente Ley tiene como objetivos prioritarios, la prevención, vigilancia y con ello evitar la degradación ambiental; cuando no es posible eliminar las causas que la generan, se

adopta medidas de mitigación, recuperación, restauración o eventual compensación, según corresponda.

2.2.3 Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales (Ley N° 26821)

Ley N° 26821, del 26-06-97. En su Artículo 2° se señala que esta Ley tiene por objetivo promover y regular el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, renovables y no renovables, estableciendo un marco adecuado para el fomento de la inversión, procurando un equilibrio dinámico entre el crecimiento económico, la conservación de los recursos naturales y del ambiente y a la vez contribuyendo con el desarrollo integral de la persona humana.

2.2.4 Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278, que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos

El objetivo de la presente normativa es normar el Decreto Legislativo N° 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, para garantizar la eficiencia en el uso de materiales, y reglamentar la gestión y el manejo de los residuos sólidos. Esta normativa también establece medidas para minimizar la generación de residuos sólidos en la fuente, la valorización y aprovechamiento energético de los residuos sólidos y su adecuada disposición final.

2.2.5 Programa de incentivos a la mejora de la gestión municipal 2018 - Guía para el cumplimiento de la meta 25

En esta guía se establecen medidas y procedimientos que deben seguir las municipalidades, para el cumplimiento adecuado de la Meta 25 “Implementación de un sistema integrado de manejo de residuos sólidos municipales” del Programa de Incentivos a la Mejora de la Gestión Municipal.

2.2.6 Normativa chilena de calidad de compost

Es la norma NCh2880, que establece la clasificación y requisitos de calidad del compost producido a partir de residuos orgánicos y de otros materiales orgánicos generados por la actividad humana, entre ellos, agroindustriales, agrícolas, animales, pesqueros, de mercados, de la manutención de parques y jardines y de residuos domiciliarios verdes (Norma chilena de compost, 2009).

2.3 Antecedentes de la investigación

Soriano (2016) desarrolló una investigación titulada “Tiempo y calidad del compost con aplicación de tres dosis de microorganismos eficaces- Concepción”, en Perú. El objetivo del estudio fue determinar el tiempo y calidad del compost después de la aplicación de tres dosis de microorganismos eficaces en una Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, en la provincia de Concepción. Se empleó un diseño experimental completamente al Azar con 4 tratamientos y 3 repeticiones. Cada pila compostera tuvo las siguientes mediciones, 100 x 100 x 30 cm³. Se realizaron mediciones de las variables pH, temperatura, humedad, materia orgánica, contenido de nitrógeno y relación C/N. El análisis estadístico se hizo por medio de Análisis de varianza. El compost final se obtuvo en 43 días; de acuerdo a la calidad del compost para la Norma Chilena 2880 el tratamiento 0 (Testigo), Tratamiento 1 (T1), tratamiento 2 (T2) y tratamiento 3 (T3) se encuentran dentro de los parámetros generales excepto en la conductividad eléctrica y contenido de metales pesados lo cual hace que su uso sea restringido para la aplicación a tierra agrícola.

Naranjo (2013) desarrollo una investigación titulada “Aplicación de microorganismos para acelerar la transformación de desechos orgánicos en compost”, el estudio se realizó en la provincia Tungurahua – Ecuador. El propósito del estudio fue evaluar el efecto de los microorganismos capturados en la zona de estudio (P1) y del Compost Treet (P2) aplicados en tres (10 D1, 20 D2 y 30 D3 cc/10 l de agua, respectivamente). Para este estudio se empleo el diseño experiemntal de bloques completamente al azar (DBCA) con arreglo factorial 2x3+1 testigo, con tres repeticiones. En el estudio se efectuo el analisis de

varianza (ADEVA), prueba de significación de Tukey. Los resultados que se obtuvieron fueron optimos al reducirse el tiempo a la cosecha y obtener compost de buena calidad a los 90 días. Del análisis económico se deduce que, el tratamiento P2D3 (Compost Treet, 30 cc/10 l de agua), alcanzó la mayor relación beneficio costo de 0,19 en donde los beneficios netos obtenidos fueron 0,17 veces lo invertido, siendo desde el punto de vista económico el tratamiento de mayor rentabilidad.

Majumder (2017) desarrolló una investigación titulada “Compostaje de Residuos Orgánicos y de Lenteja de Agua (*Lemna* sp) con la Aplicación Microorganismos Eficaces”, el estudio se realizó en el departamento de Puno – Perú. La investigación tuvo por objetivo evaluar la aplicación de tres dosis de Microorganismos Eficaces (0, 100, 200 ml/L) y su efecto en el proceso de compostaje de residuos orgánicos domésticos y lenteja de agua (*Lemna* spp.). Además se evaluó el tiempo de descomposición y granulometría , temperatura, pH, nitrógeno, fósforo, sodio y potasio. Para el análisis de datos se utilizó el análisis de varianza y la prueba de rangos múltiples. El proceso de compostaje para la lenteja de agua tuvo una duración de 75 días y para los residuos sólidos 50 días.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del lugar de ejecución

La presente investigación se realizó en jirón Santo Tomás, SN, distrito de Cacatachi. Cacatachi forma parte de los catorce distritos de la Provincia de San Martín, Departamento del mismo nombre. El distrito de Cacatachi fue creado mediante Ley N° 7628 del 31 de octubre de 1932, en el gobierno del Presidente Luis Miguel Sánchez Cerro. Las actividades económicas que se desarrollan en el distrito son: agricultura, ganadería, comercio y acuicultura.

Cacatachi tiene una extensión de 75.36 km² y sus límites son:

- Por el Norte: Con la provincia de Lamas Y distrito de San Antonio, Provincia de San Martín
- Por el Este: Con el distrito de Morales, Provincia de San Martín
- Por el Sur: Con el distrito de Morales, provincia de San Martín
- Por el Oeste: Con la provincia de Lamas

a. Ubicación política:

País/Región/Provincia/Distrito

Perú/San Martín/ San Martín/Cacatachi

b. Ubicación geográfica:

Datum: W6584

UTM (Este): 339241

UTM (Norte): 9285543

Altitud: 185 m.s.n.m.

c. Clima y Precipitaciones

El distrito de Cacatachi tiene un clima predominantemente tropical. Las precipitaciones se presentan durante todo el año, con una media anual de 1180 mm. Esta clasificación climática está indicada por Köppen y Geiger. La temperatura media anual del distrito es 24.8 °C. El mes más seco es julio, con precipitación media de 60 mm, siendo marzo el mes que presenta las mayores precipitaciones. Las temperaturas medias durante el año varían en un 1.5°C (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, 2009).

d. Tipo de ecosistema

El tipo de ecosistema al que pertenece el distrito de Cacatachi es consiguiente la diversidad de Climas (bosque seco tropical, bosque transicional y bosque húmedo premontano tropical), han generado una gran variabilidad de ecosistemas y una diversidad en flora y fauna (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, 2009).

En la zona de vida de Bosque seco Tropical, que comprende Tarapoto, Juan Guerra, Cacatachi, en los últimos 30 años, la temperatura mínima se ha incrementado en 0,8 °C (26 °C); mientras que la temperatura máxima se ha incrementado en 0,06 °C (25.26 °C); esto nos indica porque en la región se tiene la sensación de incremento del calor (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, 2009).

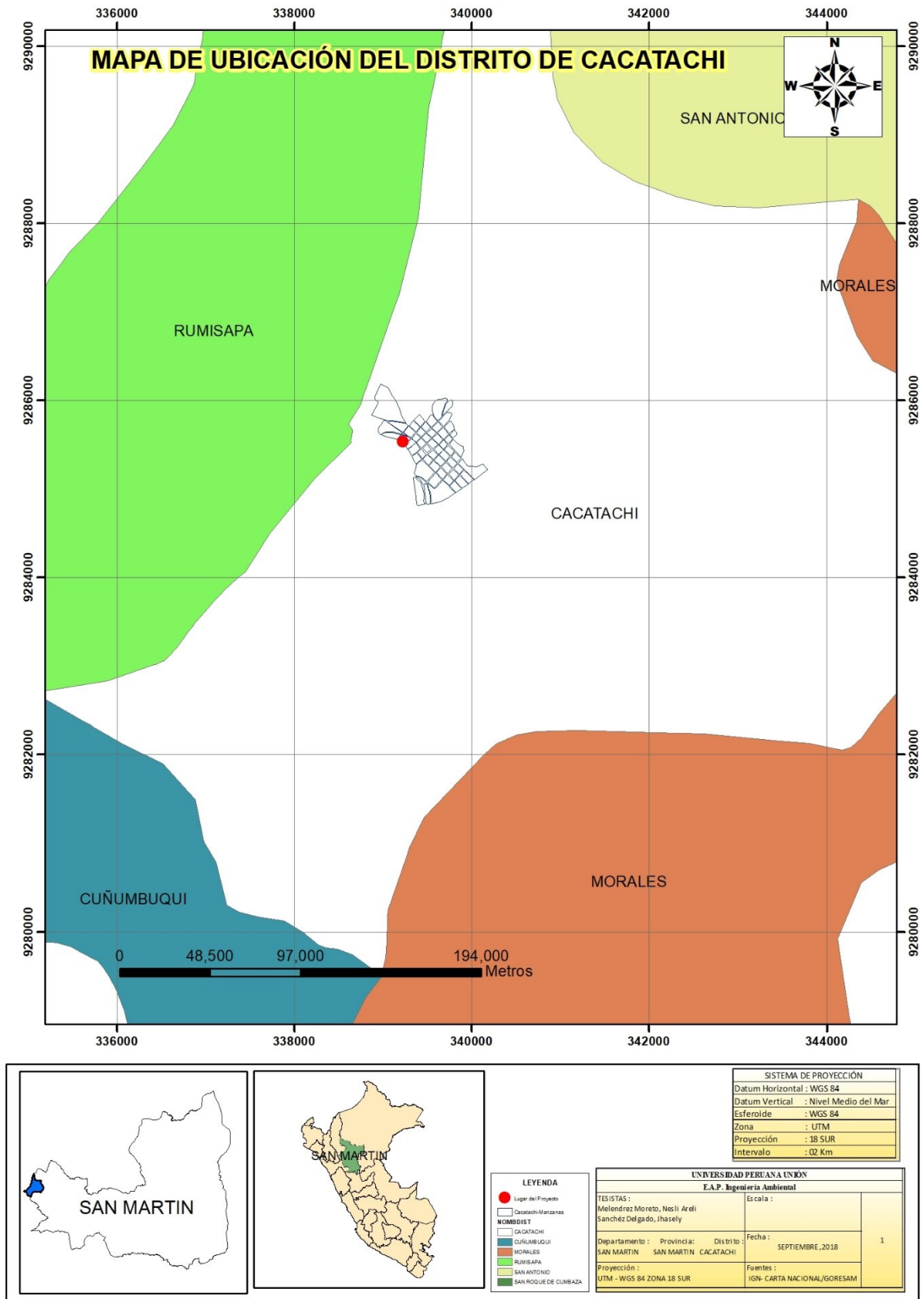


Figura 2. Ubicación del distrito de Cacatachi

Fuente: Elaboración propia (2018)

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

La población para la investigación está conformada por los residuos sólidos orgánicos generados por los domicilios del distrito de Cacatachi.

3.2.2 Muestra

La muestra del presente estudio está conformada por los residuos sólidos orgánicos que se generará durante el mes de agosto del 2018, por los domicilios del distrito de Cacatachi.

3.3 Diseño de investigación

Para el desarrollo de la investigación se seleccionó un diseño experimental puro (Hernandez, Fernandez & Baptista, 2010), debido a que se manipulará la variable independiente: dosis de EM. Las variables dependientes fueron: relación C/N, materia orgánica, temperatura, pH, humedad. En la Figura 2, se muestra la distribución de las pilas de compostaje que establecerán para el desarrollo del estudio. Se utilizará un diseño experimental completamente al Azar (DCA) con 04 tratamientos y 03 repeticiones (ver Figura 3).

3.3.1 Modelo estadístico del diseño experimental

El modelo estadístico del diseño experimental completamente al Azar (Montgomery, 2013).

$$y_{ij} = \mu_{ij} + \epsilon_{ij}$$

$$i: 1, 2, \dots, t \quad j: 1, 2, \dots, r$$

Donde

y_{ij} es la observación de la j -ésima unidad experimental del i -ésimo tratamiento

μ_{ij} es la media del i -ésimo tratamiento

ϵ_{ij} es el error experimental de la unidad ij . Suponemos que hay t tratamientos y r repeticiones en cada uno.

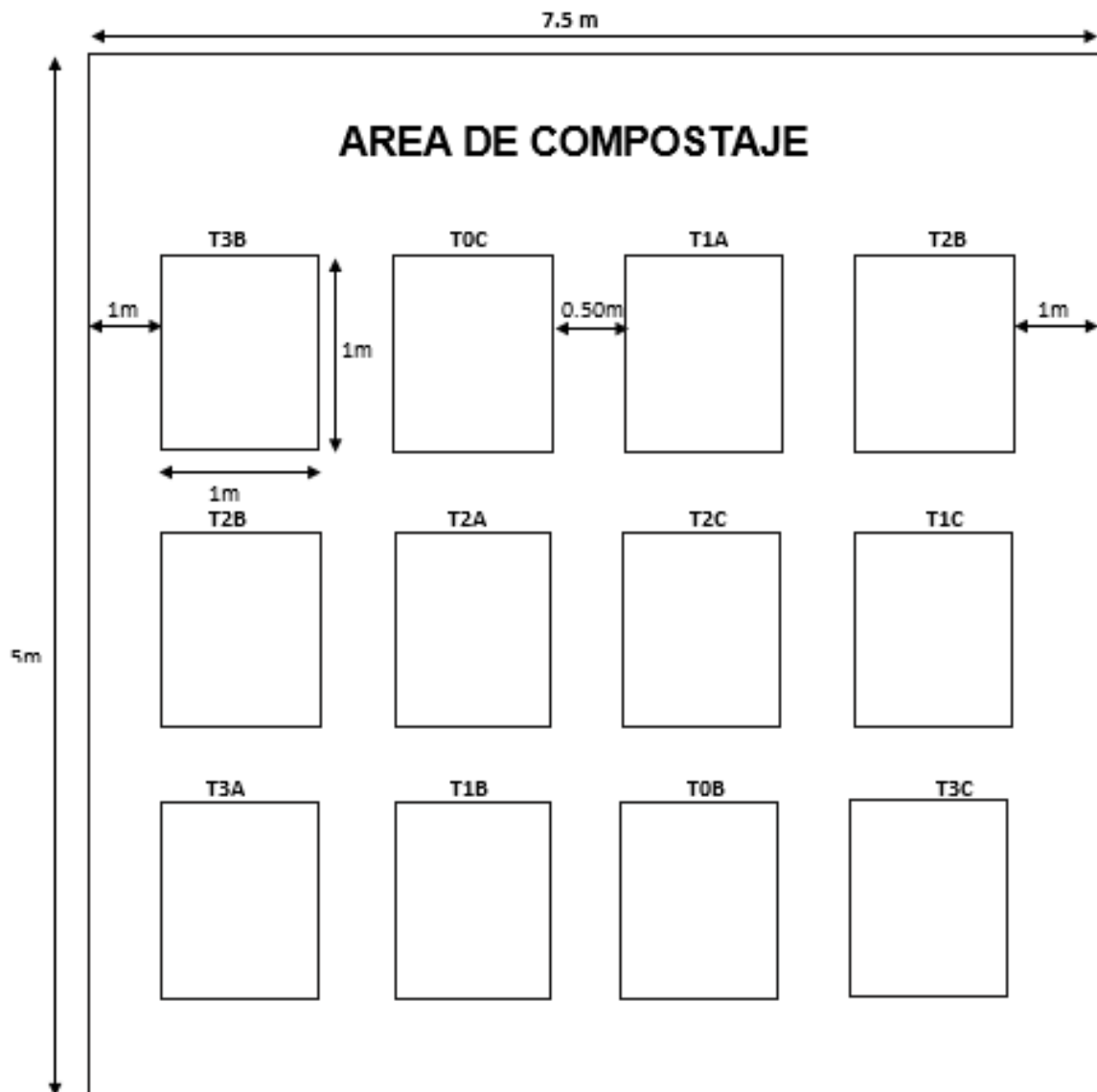


Figura 3. Ubicación de las pilas de Compostaje

Fuente: Adaptado de Soriano (2016)

3.3.2 Tratamientos para las pilas de compostaje

En la Tabla 2, se muestra las características de los tratamientos.

Tabla 2.

Características de los tratamientos

Código	Mezcla	Dosis de EM(mL/10L) de agua
T ₀	RSO y Estiércol de vaca	Sin dosis
T ₁	RSO y Estiércol de vaca	250
T ₂	RSO y Estiércol de vaca	500
T ₃	RSO y Estiércol de vaca	1000

Fuente: Elaboración propia

Nota: RSO, Residuos sólidos orgánicos, EM, Microorganismos eficaces

3.3.3 Características del campo experimental

Las características del área experimental se detallan a continuación:

- Forma de la compostera: Rectangular
- Altura de la pila: 30cm
- Ancho de la pila: 100 cm
- Longitud de la pila: 100 cm
- Volumen de los residuos sólidos: 300000 cm³

3.4 Formulación de la hipótesis

3.4.1 Hipótesis nula

$$H_0: \mu_i = \mu_j$$

Los cuatro tratamientos tienen el mismo valor en las variables dependientes: relación C/N, materia orgánica, humedad y nutrientes.

i, j: 1,2,3,4

3.4.2 Hipótesis alterna

$$H_1: \mu_i \neq \mu_j$$

Al menos dos de los tratamientos tienen diferente valor en la variable dependiente: relación C/N, materia orgánica, humedad y nutrientes.

i, j: 1,2,3,4

3.5 Identificación de variables

Las variables que se estudiarán en la presente investigación son:

3.5.1 Variable independiente

La variable independiente está representada por la dosis de microorganismos eficientes. Los niveles que tendrá esta variable son: 0, 250, 500, 1000 mL de EM.

3.5.2 Variable dependiente

Las variables dependientes a medir serán: relación C/N, materia orgánica, temperatura, pH, humedad, coliformes y nutrientes.

3.6 Operacionalización de variables

La operacionalización de variables se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3.

Operacionalización de variables de la investigación

Variable	Valor final	Tipo de variable
Variable independiente		
	0	
Dosis de EM (mL)	250	Categórica nominal
	500	
	1000	
Variable dependiente		
Relación C/N	-	Numérica
Materia orgánica	%	Numérica
Temperatura	°C	Numérica
pH	-	Numérica
Humedad	%	Numérica

Fuente: Elaboración propia (2018)

3.7 Instrumentos de medición

En la presente investigación se utilizaron los siguientes instrumentos para la medición de las variables.

3.7.1 GPS

El GPS es un instrumento que servirá para determinar las coordenadas geográficas del área de estudio. Se utilizó un GPS marca Garmin, modelo ETREX 10. Antes de su uso fue calibrado. Ver Figura 4.



Figura 4. GPS marca Garmin

Fuente: Elaboración propia

3.7.2 Balanza

Este instrumento permite obtener el peso en kilogramos. Se utilizó para pesar los residuos sólidos orgánicos. Ver Figura 5



Figura 5. Balanza mecánica

Fuente: Elaboración Propia

3.7.3 pH-meter

Este instrumento nos permite medir el acides del compost. Ver Figura 6



Figura 6. Medidor de pH

Fuente: Elaboración Propia

3.7.4 Termómetro

Este instrumento nos permite obtener la temperatura. Ver Figura 7



Figura 7. Termómetro ambiental

Fuente: Elaboración Propia

3.7.5 Wincha

Este instrumento nos permite medir el diámetro y la altura de los contenedores para obtener la densidad de los residuos.



Figura 8. Wincha

Fuente: Elaboración Propia

3.8 Técnicas de recolección de datos y validación de instrumentos

En la presente investigación se utiliza la técnica de observación, ya que durante 42 días se registrará las mediciones de cada variable dependiente.

3.8.1 Técnicas de recolección de datos

Para la recolección de datos, se utilizará las técnicas documental y observacional. La documental consiste en obtener los datos a partir de registros (Dextre & Pretel, 2010)

3.8.2 Validación de instrumentos

Los instrumentos de medición tales como GPS, Balanza, pH-meter, Termómetro Y Balanza analítica de las variables serán calibrados antes de ser utilizados por un laboratorio acreditado.

3.9 Plan de procesamiento de datos

Los procedimientos estadísticos que se utilizará para el procesamiento de datos son: Medidas de resumen (frecuencias absolutas y relativas), gráficos de barras, gráficos de sectores. Para la inferencia estadística se utilizará el análisis de varianza (ANOVA). El nivel de significancia para la prueba estadística será 0.05.

Asimismo, para el procesamiento de los datos se utilizará el software SPSS 24, la aplicación Excel y el ArcGis 10.1 para la ubicación de la zona de estudio.

3.10 Procedimiento de la Investigación

3.10.1 Acondicionamiento del área experimental

La ejecución del proyecto se realizó en un área que proporcionada por la Municipalidad distrital de Cacatachi, con las dimensiones de 36 m², de los cuales 32.5 m² serán para la ubicación de las pilas de compostaje y el 3.5 m², restante serán para la disposición de los residuos orgánicos frescos y para el almacenamiento del compost obtenido.

3.10.2 Plan de seguridad e higiene

El equipo técnico quienes estarán involucrados en la manipulación de residuos deberá tomar las medidas necesarias de seguridad durante el trabajo de campo de la recolección, como se indica en la Tabla 4.

Tabla 4.

Normas Generales de seguridad

Actividades	Medidas de seguridad
Recolección selectiva	Uso de los equipos de protección personal (guantes, mascarilla, botas y uniforme).
Descarga de bolsas de RS	La descarga se realizará cuidadosamente, evitando su ruptura.
Pesado de las bolsas	Si las bolsas tienen un peso excesivo, Estas deben manipularse por dos personas.
Traslado de bolsas para segregación y/o separación	Llevar las bolsas a la mesa de trabajo, de ser muy pesadas, trasladarlas entre dos integrantes del equipo.
Segregación y/o separación	Abrir las bolsas y vaciarlas cuidadosamente a la mesa de trabajo, usar los equipos de protección personal.

Determinación de la densidad	Levantar con cuidado el cilindro, para evitar golpes.
Disposición final	Realizar el traslado de bolsas al área de disposición final con las medidas de seguridad necesaria para evitar cualquier accidente (caídas, luxaciones lumbares y otros).

Fuente: MINAM (2014)

Para prevenir cualquier tipo de accidentes, el personal técnico y de campo, obligatoriamente deben utilizar todo el equipo de protección personal necesario, como se indica en la Tabla 5.

Tabla 5.

Equipo de Protección Personal

Equipo de protección	Características	Riesgos que cubre
Mandil	Mandil o delantal de plástico que prende del cuello o uniforme de trabajo.	Gérmenes, salpicaduras, frío y calor en el trabajo.
Gorra	Sombrero o gorro que cubra el cabello, según características de la región.	Gérmenes que afectan el cuero cabelludo, la insolación, dolor de cabeza por el sol.
Botas de seguridad	Botas para cubrir los pies de la humedad.	Golpes y/o caída de objetos, resbalones
Guantes	Guantes de cuero y/o de nitrilo.	Cortes con objetos, quemaduras y contacto con gérmenes

Mascarilla	Mascarilla con filtro de repuesto	Inhalación de polvo, vapor, humo, gases.
------------	-----------------------------------	--

Fuente: MINAM (2014)

3.10.3 Recolección de los residuos sólidos orgánicos

Para la recolección de residuos orgánicos, se ha empadronado 85 viviendas que participarán de un programa “segregación en la fuente”, para ello se entregará un balde de 20 litros. Se recolectará los residuos de cada una de las viviendas durante un mes, con el apoyo del equipo técnico. Para el transporte de los residuos sólidos orgánicos, hasta el área de compostaje se dispondrá de un vehículo moto furgón.

3.10.4 Trituración manual de compostaje

Después de la fase de recolección del material orgánico, se inició la etapa de trituración. Se realizó de manera manual, utilizando herramientas manuales como machete, conforme Figura 9.



Figura 9. Trituración de los residuos sólidos

Fuente: Propia

La trituración de residuos se llevará a cabo manualmente, en el área destinada para la realización del experimento, se utilizará herramientas manuales, y junto al personal técnico se procesará los residuos orgánicos, como son restos de frutas y verduras, cáscaras

de huevos, té, café, pequeños huesos, sobras de comidas, etc. La trituración se dará por tipo de residuo, y será almacenado en cilindros de material de plástico, y rotulado adecuadamente.

3.10.5 Activación de los microorganismos eficientes

En un balde de 20 litros, se procedió a mezclar 1Kg. de melaza de caña de azúcar con 1 litro de microorganismos eficaces en 18 litros de agua sin cloro, para luego tapar herméticamente el recipiente, favoreciendo de esta manera la fermentación por un periodo de 7 días, transcurrido este periodo se libera el gas que se forma. Luego se observa la superficie del preparado, la cual presenta una “nata” y un olor agrídulce siendo indicadores de que el EM está activado.

3.10.6 Relación C/N inicial

Para la formación del proceso de compostaje fue necesario hacer una mezcla específica de materiales, con la finalidad de obtener una adecuada relación de Carbono/Nitrógeno. La relación C/N, antes de iniciar el proceso de compostaje tuvo un valor de 31.25

3.10.7 Riego de las pilas

Se agregó agua dependiendo de la materia orgánica a compostar, asimismo se utilizó 10 litros para el riego de cada pila compostera (Soriano, 2016)

3.10.8 Volteos de las pilas

Los volteos se realizarán cada 5 días, haciendo un total de 9 volteos.

3.10.9 Análisis de parámetros

Los parámetros fueron analizados por el laboratorio de la molina, el cual está acreditado por el Instituto Nacional de Calidad.

3.10.10 Frecuencia de la Medición de los parámetros

La frecuencia de medición de los parámetros: temperatura, pH y humedad, se realizó cada tres días. Asimismo, los parámetros carbono, nitrógeno, materia orgánica, fósforo y potasio, se realizaron al final del ensayo.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

4.1.1 Control de los parámetros del proceso

4.1.1.1 Temperatura

a. Temperatura del tratamiento T₀

En la Figura 10, se muestra la temperatura de las tres pilas composteras T0A, T0B y T0C. El proceso se inició con una temperatura muy próxima a la temperatura ambiental, siendo esta de 29°C (SENAMHI, 2018), en las tres repeticiones. En seguida la temperatura aumentó gradualmente, hasta 70°C, para luego descender hasta 25°C, en este caso, fue necesario humedecer el material que se estaba compostando, ya que la temperatura óptima del proceso de compostaje de acuerdo con la FAO (2013), está entre 35 y 70°C. La temperatura máxima se alcanzó en el día 19 y fue de 70°C.

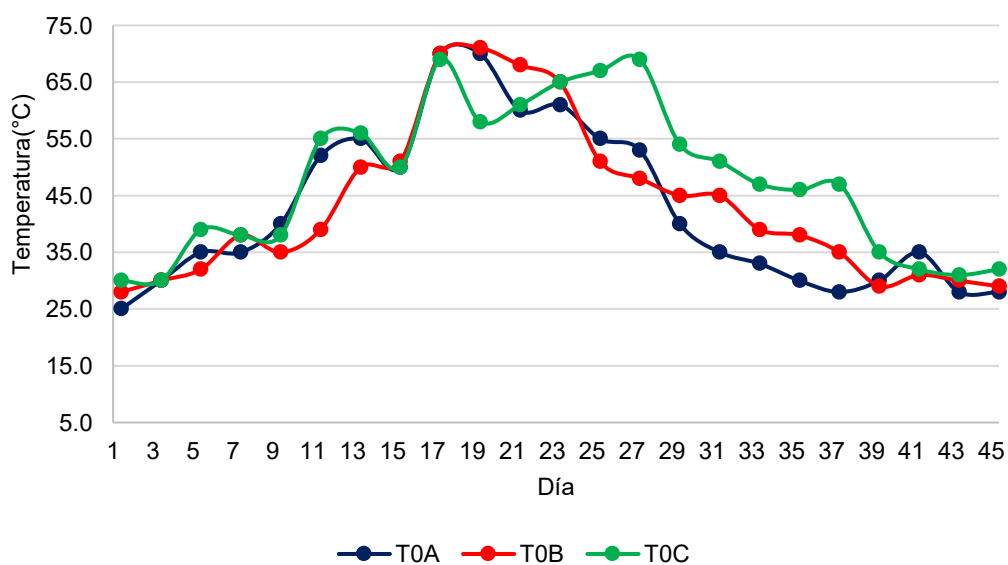


Figura 10. Temperatura del tratamiento T₀

b. Temperatura del Tratamiento T₁

En la Figura 11, se muestra la temperatura de las tres pilas composteras T1A, T1B y T1C. El proceso se inició con una temperatura muy próxima a la temperatura ambiental, siendo esta de 29°C (SENAMHI, 2018), en las tres repeticiones. En seguida la temperatura aumentó gradualmente, hasta 65°C, para luego descender hasta 25°C, en este caso, fue necesario humedecer el material que se estaba compostando, ya que la temperatura óptima del proceso de compostaje de acuerdo con la FAO (2013), está entre 35 y 70°C. La temperatura máxima se alcanzó en el día 25 y fue de 65°C.

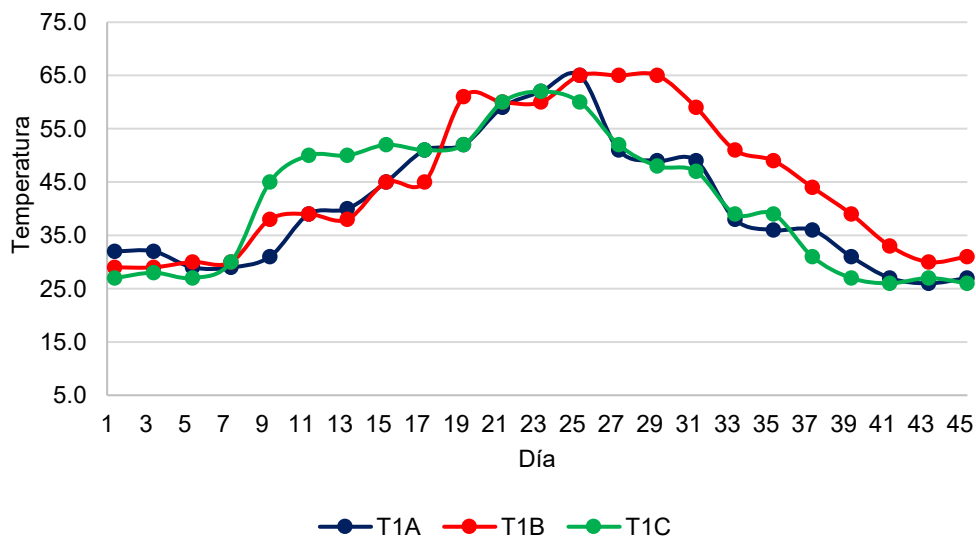


Figura 11. Temperatura del tratamiento T1

c. Temperatura del Tratamiento T₂

En la Figura 12, se muestra la temperatura de las tres pilas composteras T2A, T2B y T2C. El proceso se inició con una temperatura muy próxima a la temperatura ambiental, siendo esta de 29°C (SENAMHI, 2018), en las tres repeticiones. En seguida la temperatura aumentó gradualmente, hasta 69°C, para luego descender hasta 25°C, en este caso, fue necesario humedecer el material que se estaba compostando, ya que la temperatura óptima del proceso de compostaje de acuerdo con la FAO (2013), está entre 35 y 70°C. La temperatura máxima se alcanzó en el día 13 y fue de 69°C.

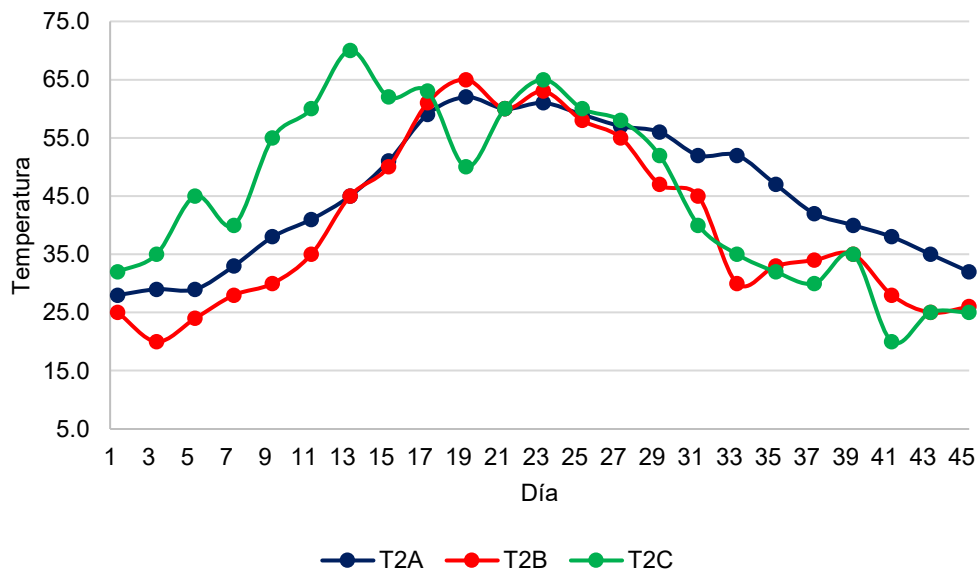


Figura 12. Temperatura del tratamiento T2

d. Temperatura del Tratamiento T₃

En la Figura 13, se muestra la temperatura de las tres pilas composteras T3A, T3B y T3C. El proceso se inició con una temperatura muy próxima a la temperatura ambiental, siendo esta de 29°C (SENAMHI, 2018), en las tres repeticiones. En seguida la temperatura aumentó gradualmente, hasta 75°C, para luego descender hasta 25°C, en este caso, fue necesario humedecer y ventilar el material que se estaba compostando, ya que la temperatura óptima del proceso de compostaje de acuerdo con la FAO (2013), está entre 35 y 70°C. La temperatura máxima se alcanzó en el día 23 y fue de 75°C.

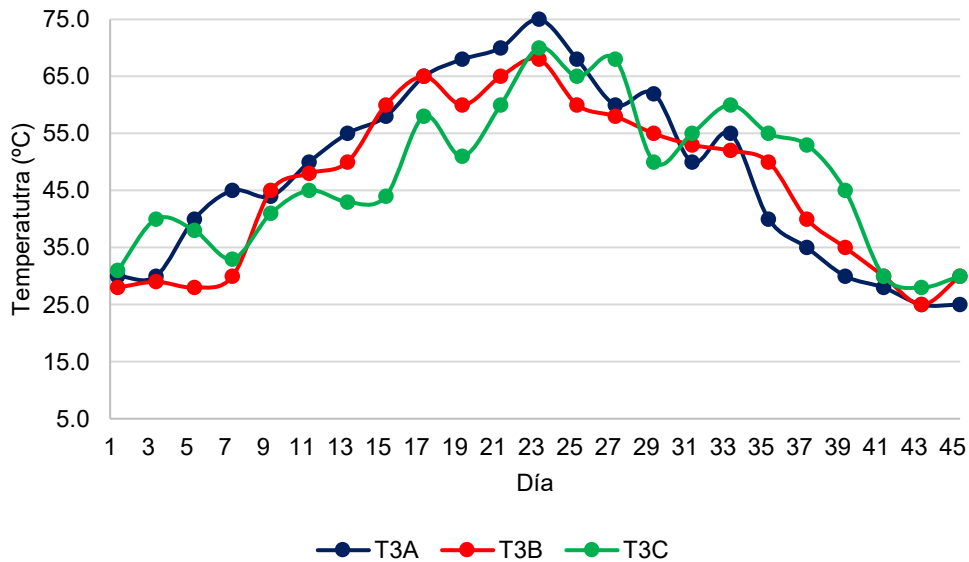


Figura 13. Temperatura del tratamiento T3

4.1.1.2 Potencial de Hidrógeno

a. pH del tratamiento T₀

En la Figura 14, se muestra el pH de la de las tres pilas composteras T0A, T0B y T0C. En la primera semana, el pH de las tres composteras del tratamiento T₀, fue ligeramente ácido. Luego el pH fue aumentando gradualmente hasta el día 25, donde se obtuvo, el pH máximo de 9.1 en la repetición A. Finalmente, el pH disminuyó hasta estabilizarse en el rango de 7.5 a 8.0. De acuerdo con la FAO (2013), el pH del compostaje varía en cada etapa del proceso (desde 4.5 a 8.5). En las primeras etapas, el pH es ácido debido a la formación de ácidos orgánicos. Mientras que en la fase termófila, con la conversión del amonio en NH₃, el pH sube y se alcaliniza el medio, para finalmente estabilizarse en valores cercanos al neutro.

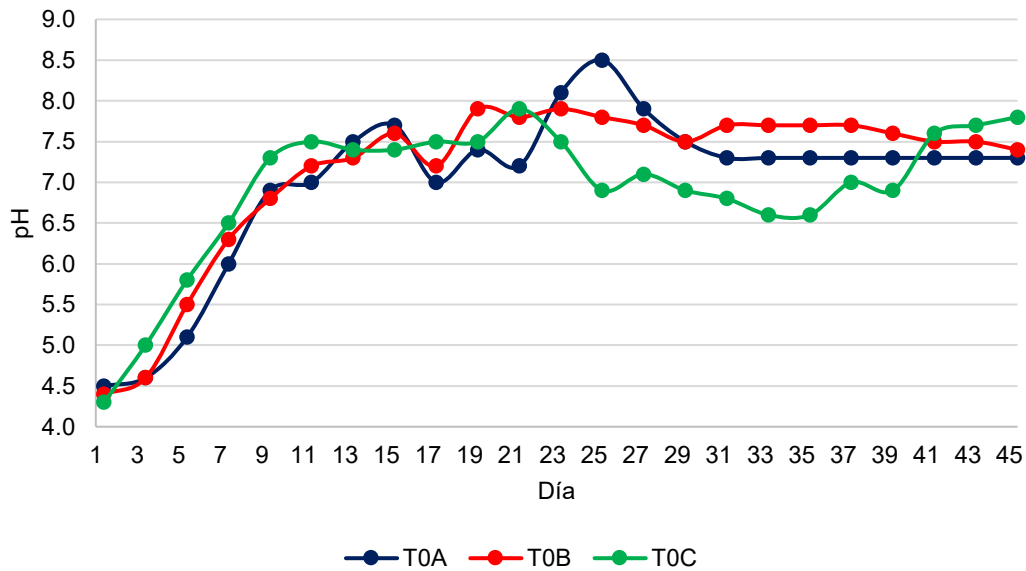


Figura 14. pH del tratamiento T0

b. pH del tratamiento T1

En la Figura 15, se muestra el pH de la de las tres pilas composteras T1A, T1B y T1C. En la primera semana, el pH de las tres composteras del tratamiento T1, disminuyó acidificándose ligeramente debido a la producción de ácidos. Luego el pH fue aumentando gradualmente hasta el día 21, donde se obtuvo, el pH máximo de 8.0 en la repetición B. Finalmente, el pH disminuyó hasta estabilizarse en el rango de 7.0 a 8.0. De acuerdo con la FAO (2013), el pH del compostaje varía en cada etapa del proceso (desde 4.5 a 8.5). En las primeras etapas, el pH es ácido debido a la formación de ácidos orgánicos. Mientras que en la fase termófila, con la conversión del amonio en NH_3 , el pH sube y se alcaliniza el medio, para finalmente estabilizarse en valores cercanos al neutro.

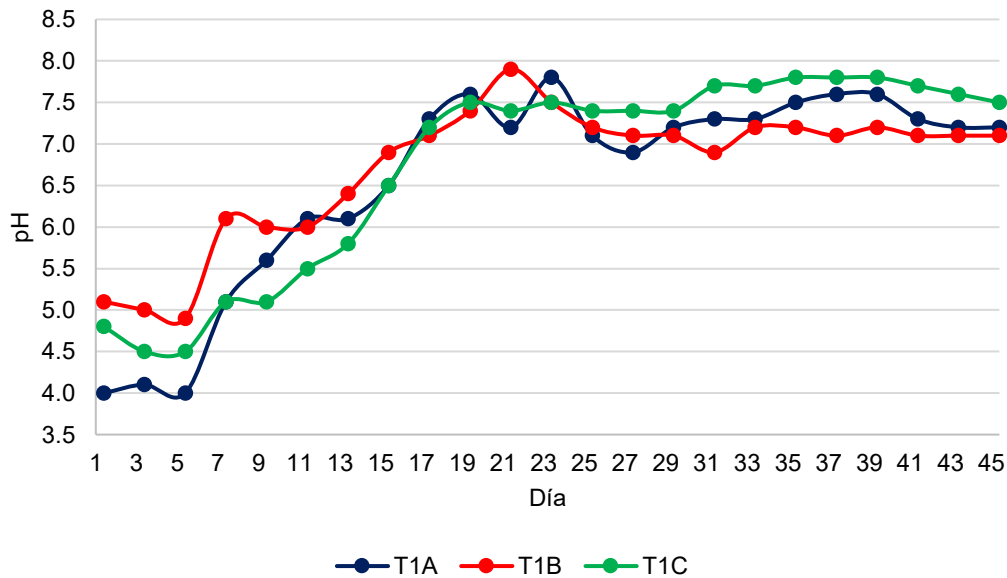


Figura 15. pH del tratamiento T1

c. pH del tratamiento T2

En la Figura 16, se muestra el pH de la de las tres pilas composteras T2A, T2B y T2C. En la primera semana, el pH de las tres composteras del tratamiento T2, disminuyó acidificándose ligeramente debido a la producción de ácidos. Luego el pH fue aumentando gradualmente hasta el día 19, donde se obtuvo, el pH máximo de 8.0 en la repetición C. Finalmente, el pH disminuyó hasta estabilizarse en el rango de 7.0 a 7.7. De acuerdo con la FAO (2013), el pH del compostaje varía en cada etapa del proceso (desde 4.5 a 8.5). En las primeras etapas, el pH es ácido debido a la formación de ácidos orgánicos. Mientras que en la fase termófila, con la conversión del amonio en NH₃, el pH sube y se alcaliniza el medio, para finalmente estabilizarse en valores cercanos al neutro.

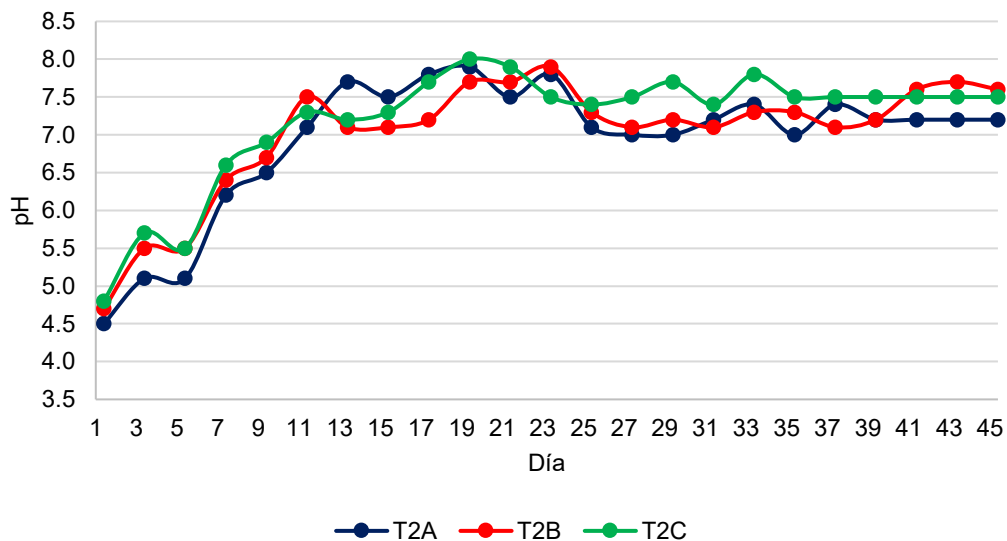


Figura 16. pH del tratamiento T2

d. pH del tratamiento T3

En la Figura 17, se muestra el pH de la de las tres pilas composteras T3A, T3B y T3C. En la primera semana, el pH de las tres composteras del tratamiento T3, disminuyó desde un pH, ligeramente básico, hasta neutralizarse, debido a la producción de ácidos. Luego el pH fue aumentando gradualmente hasta el día 25, donde se obtuvo, el pH máximo de 9.3 en la repetición C. Finalmente, el pH disminuyó hasta estabilizarse en el rango de 8.1 a 8.4. De acuerdo con la FAO (2013), el pH del compostaje varía en cada etapa del proceso (desde 4.5 a 8.5). En las primeras etapas, el pH es ácido debido a la formación de ácidos orgánicos. Mientras que en la fase termófila, con la conversión del amonio en NH_3 , el pH sube y se alcaliniza el medio, para finalmente estabilizarse en valores cercanos al neutro.

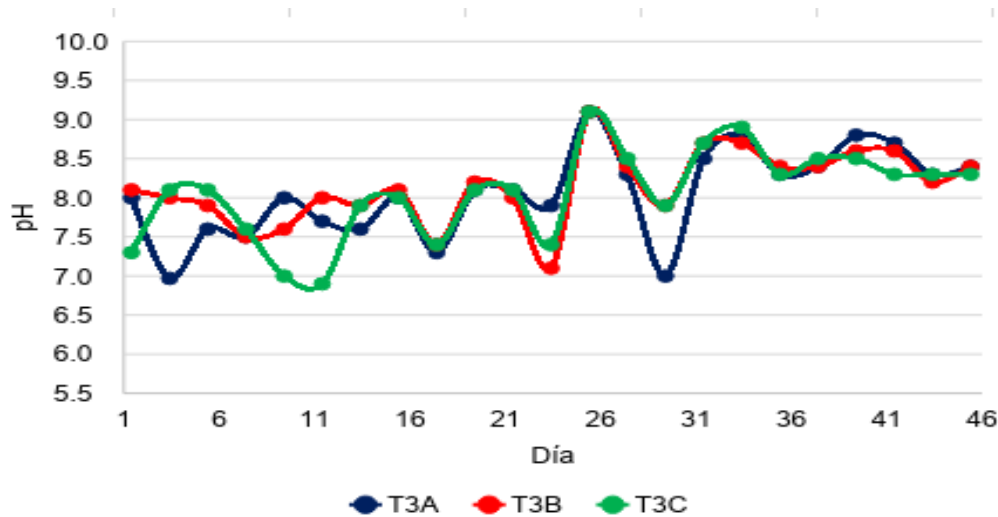


Figura 17. pH del tratamiento T3

4.1.1.3 Humedad

Se hizo el monitoreo de la humedad. Este parámetro fue determinado a través de la prueba del puño. La codificación adoptada fue:

- 1: Menor a 45%
- 2: Entre 45 y 60% (rango óptimo)
- 3: Mayor a 60%

a. Humedad del Tratamiento T₀

En la Figura 18, se observa que las tres repeticiones del tratamiento cero (testigo), se mantuvieron en el rango óptimo de humedad, durante los 45 días del proceso de compostaje. Es importante resaltar que entre los días 7 y 23, en la repetición B, se elevó considerablemente la humedad. Mientras que entre los días 27 y 35 en las tres las repeticiones se observó una disminución del porcentaje de humedad.

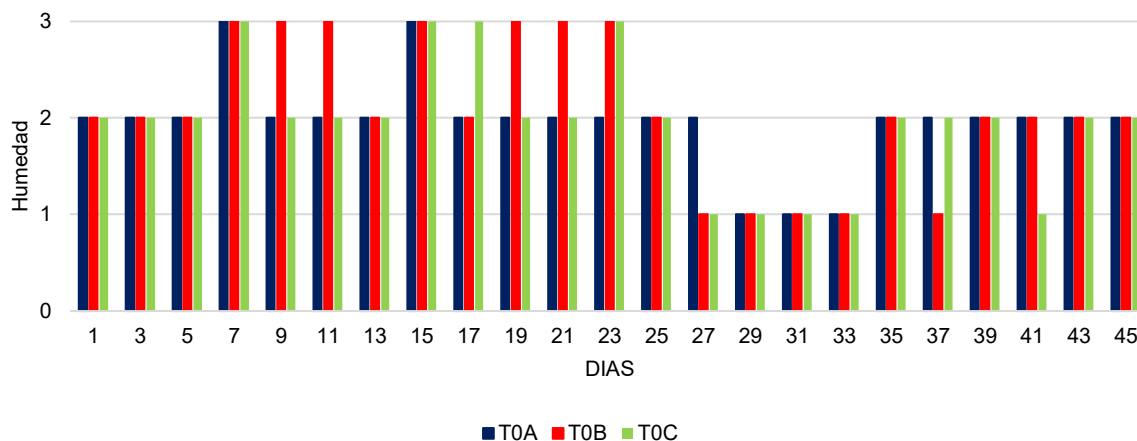


Figura 18. Humedad del tratamiento T0

b. Humedad del tratamiento T1

En la Figura 19, se observa que las tres repeticiones del tratamiento 1, se mantuvieron en el rango óptimo de humedad, durante los 45 días del proceso de compostaje. Es importante resaltar que entre los días 5 y 17, en la repetición A, se elevó considerablemente la humedad. Mientras que entre los días 21 y 31 en la repetición B, se observó una disminución del porcentaje de humedad.

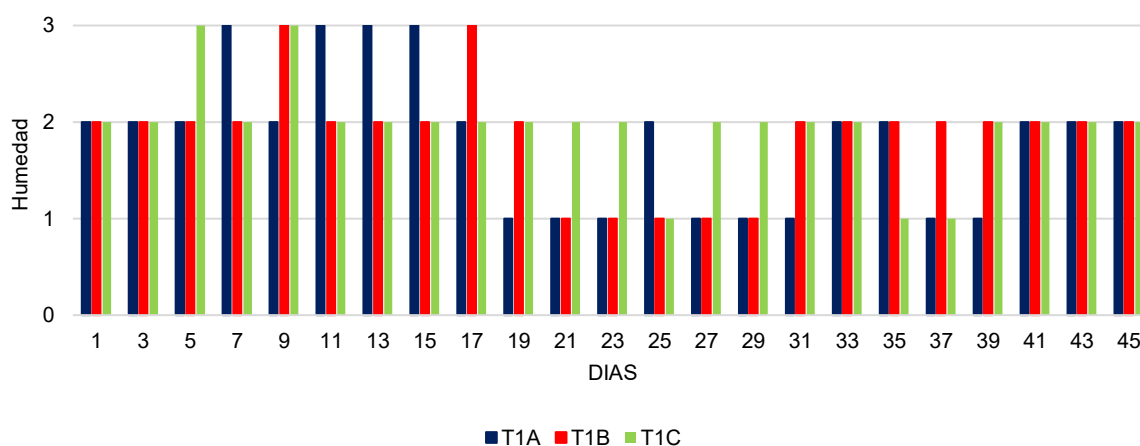


Figura 19. Humedad del tratamiento T1

c. Humedad del tratamiento T2

En la Figura 20, se observa que las tres repeticiones del tratamiento 2, se mantuvieron en el rango óptimo de humedad, durante los 45 días del proceso de compostaje. Es importante resaltar que entre los días 1 y 25, en las tres repeticiones se elevó la humedad.

Mientras que entre los días 19 y 33 en la repetición A, se observó una disminución del porcentaje de humedad.

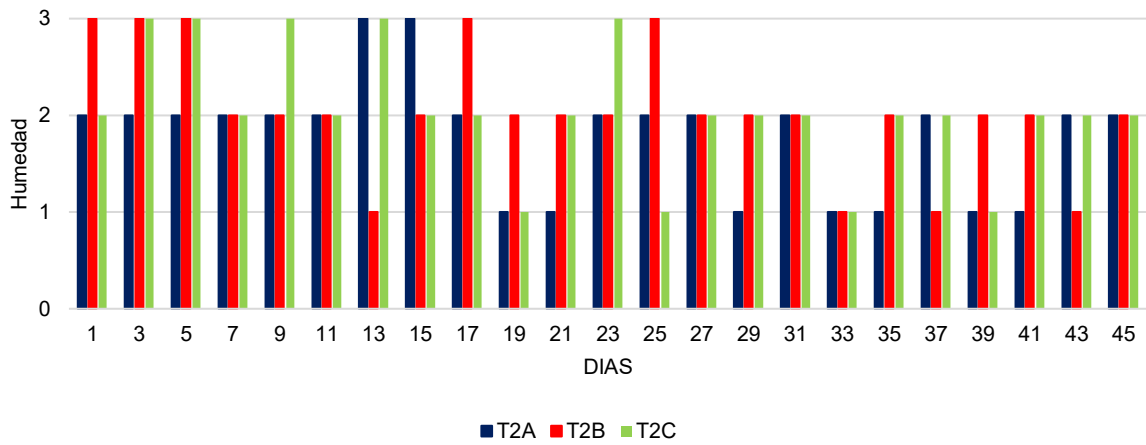


Figura 20. Humedad del tratamiento T2

d. Humedad del tratamiento T3

En la Figura 21, se observa que las tres repeticiones del tratamiento 2, se mantuvieron en el rango óptimo de humedad, durante los 45 días del proceso de compostaje. Es importante resaltar que entre los días 1 y 17, en las tres repeticiones se elevó la humedad. Mientras que entre los días 21 y 27 en las tres repeticiones, se observó una disminución del porcentaje de humedad.

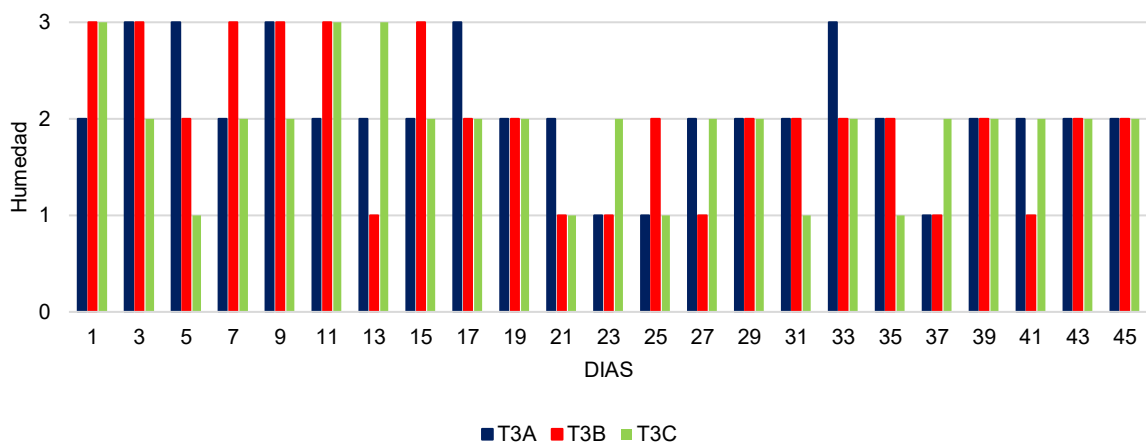


Figura 21. Humedad del tratamiento T3

4.1.2 Calidad del compost

La calidad del compost, se determinó en base a la normativa chilena de calidad de compost. En la Tabla 6, se muestra los valores de cada parámetro por tratamiento. Se observa que los parámetros, Nitrógeno, fósforo, potasio, cadmio, humedad, materia orgánica, carbono orgánico, no cumplen esta normativa de calidad de compost, en los cuatro tratamientos. Únicamente la relación C/N, cumple dicha normativa en los cuatro tratamientos.

Tabla 6.

Calidad del compost en base a la norma chilena

Parámetro	Tratamientos				Norma chilena
	T0	T1	T2	T3	
pH	8.0	8.0	8.1	8.1	5.0-7.5
Humedad	6.55	17.06	14.23	14.86	>25%
Materia orgánica	8.23	11.83	11.43	13.57	>25%
Carbono orgánico	5.43	6.87	6.63	7.87	-
Nitrógeno	0.37	0.38	0.46	0.52	>0.8%
Fósforo	0.42	0.48	0.42	0.46	<0.1%
Potasio	0.83	0.48	0.86	0.96	-
Relación C/N	14.97	19.37	16.87	14.18	10-25
Cadmio	1.77	2.06	1.80	1.94	0.012%

4.1.3 Análisis de los nutrientes

a) Nitrógeno

En la Tabla 7, se muestra el análisis de varianza, para el contenido de nitrógeno del compost. Se observa un $p\text{-valor} > 0.05$, lo cual indica que no existe diferencia significativa entre los tratamientos. Aunque los tratamientos 1, 2 y 3, superaron al testigo. Siendo el tratamiento 3, el que tuvo mayor porcentaje de nitrógeno (0.52%).

Tabla 7.

ANOVA del contenido de nitrógeno

F.V.	SC	G.L.	CM	F	p-valor
Entre tratamientos	0.0438	3	0.0146	1.859	0.215
Dentro de los tratamientos	0.0628	8	0.0079		
Total	0.1066	11			

b) Fósforo

En la Tabla 8, se muestra el análisis de varianza, para el contenido de fósforo del compost. Se observa un $p\text{-valor} > 0.05$, lo cual indica que no existe diferencia significativa entre los tratamientos. Aunque los tratamientos 1, 2 y 3, superaron al testigo. Siendo el tratamiento 1, el que tuvo mayor porcentaje de fósforo (0.48%).

Tabla 8.

ANOVA del contenido de fósforo

FV	SC	GL	CM	F	p-valor
Entre grupos	0.0092	3	0.0031	0.589	0.639
Dentro de los grupos	0.0417	8	0.0052		
Total	0.0509	11			

c) Potasio

En la Tabla 9, se muestra el análisis de varianza, para el contenido de potasio del compost. Se observa un $p\text{-valor} < 0.05$, es decir existe diferencia significativa entre los tratamientos. Al realizar la prueba Tukey, los tratamientos 0, 2 y 3, fueron estadísticamente iguales y tuvieron mayor porcentaje de potasio que el tratamiento 1.

Tabla 9.

ANOVA del contenido de potasio

FV	SC	GL	CM	F	p-valor
Entre grupos	0.3923	3	0.1308	27.243	0.000
Dentro de los grupos	0.0384	8	0.0048		
Total	0.4307	11			

4.1.4 Análisis de metales pesados

a) Contenido de cadmio

En la Tabla 10, se muestra el análisis de varianza, para el contenido de cadmio del compost. Se observa un $p\text{-valor} > 0.05$, lo cual indica que no existe diferencia significativa entre los tratamientos. Aunque los tratamientos 1, 2 y 3, superaron al testigo. Siendo el tratamiento 1, el que tuvo mayor contenido porcentual de cadmio (2.06%), mientras que el tratamiento 1, tuvo menor porcentaje (1.77%).

Tabla 10.

ANOVA del contenido de cadmio

FV	SC	GL	CM	F	p-valor
Entre grupos	0.1627	3	0.0544	0.931	0.469
Dentro de los grupos	0.4678	8	0.0585		
Total	0.6311	11			

4.1.5 Análisis de otros parámetros

a) Humedad

En la Tabla 11, se muestra el análisis de varianza, para el contenido de humedad del compost. Se observa un p -valor <0.05 , es decir existe diferencia significativa entre los tratamientos. Al realizar la prueba Tukey, se formaron tres grupos homogéneos. Siendo el tratamiento 1, con mayor contenido de humedad, los tratamientos 2 y 3 fueron estadísticamente iguales y en tratamiento 0, presentó menor humedad que todos.

Tabla 11.

ANOVA del contenido de humedad

FV	SC	GL	CM	F	p-valor
Entre grupos	188.54	3	62.85	71.84	0.000
Dentro de los grupos	7.00	8	0.87		
Total	195.54	11			

b) Materia orgánica

En la Tabla 12, se muestra el análisis de varianza, para el contenido de materia orgánica del compost. Se observa un p -valor <0.05 , lo cual indica que existe diferencia significativa entre los tratamientos. Al realizar la prueba Tukey, los tratamientos 1, 2 y 3, fueron estadísticamente iguales y tuvieron mayor contenido de materia orgánica que el tratamiento 0.

Tabla 12.

ANOVA del contenido de materia orgánica

FV	SC	GL	CM	F	p-valor
Entre grupos	44.52	3	14.84	13.12	0.002
Dentro de los grupos	9.05	8	1.13		
Total	53.57	11			

c) Carbono orgánico

En la Tabla 13, se muestra el análisis de varianza, para el contenido de carbono orgánico del compost. Se observa un $p\text{-valor} < 0.05$, lo cual indica que existe diferencia significativa entre los tratamientos. Al realizar la prueba Tukey, los tratamientos 1, 2 y 3, fueron estadísticamente iguales y tuvieron mayor contenido de carbono orgánico que el tratamiento 0.

Tabla 13.

ANOVA del contenido de carbono orgánico

FV	SC	GL	CM	F	p-valor
Entre grupos	8.99	3	3.00	4.85	0.033
Dentro de los grupos	4.95	8	0.62		
Total	13.94	11			

d) Relación C/N

En la Tabla 14, se muestra el análisis de varianza, para la relación C/N del compost. Se observa un $p\text{-valor} > 0.05$, lo cual indica que no existe diferencia significativa entre los tratamientos. Aunque el tratamiento 1, tuvo mayor relación de C/N. Siendo el tratamiento 3, el que tuvo menor relación de C/N.

Tabla 14.

ANOVA de la relación C/N

FV	SC	GL	CM	F	p-valor
Entre grupos	47.99	3	16.00	0.468	0.713
Dentro de los grupos	273.40	8	34.18		
Total	321.39	11			

4.2 Discusiones

Los parámetros temperatura, pH y humedad se mantuvieron en el rango óptimo. Cuando uno de estos parámetros se modificaba, como consecuencia de las interacciones físicas, químicas y biológicas que se desarrollan en el proceso de compostaje (Ansorena, Batalla & Merino, 2014), se procedía a su corrección de acuerdo con el manual del compostaje (FAO, 2013). Asimismo, se determinó la relación C/N, antes de iniciar el proceso de compostaje de los residuos sólidos, el cual tuvo un valor de 31.25. De acuerdo con Bohórquez, Puentes & Menjivar (2014), la relación C/N inicial de los residuos, es fundamental para obtener una buena calidad del compost.

Los parámetros, Nitrógeno, fósforo, potasio, cadmio, humedad, materia orgánica, carbono orgánico, no cumplen con la normativa chilena de calidad de compost. Únicamente la relación C/N, cumple dicha normativa en los cuatro tratamientos

En el tratamiento óptimo (T₂), al finalizar el proceso de compostaje, se encontraron valores de pH, humedad, materia orgánica, carbono orgánico, nitrógeno, fósforo, potasio y relación C/N, respectivamente: 8.1, 14.23%, 11.43%, 6.63%, 0.46%, 0.42%, 0.86% y 16.87. Resultados similares fueron obtenidos por Bohórquez, Puentes & Menjivar (2014) estos valores, respectivamente fueron: 7.0, 41.9%, 30.5%, 11.4%, 0.6%, 0.8%, 0.5% y 19. Por otro lado, Ansorena, Batalla & Merino (2014), indican algunas limitaciones que presenta el compost como abono orgánico por su bajo contenido de nitrógeno. Por otro lado, el contenido de cadmio, que se encontró en el T₂ fue 1.80%, este parámetro no cumple con la normativa de calidad de compost de España, ya que de acuerdo con Ansorena, Batalla & Merino (2014), el valor estándar del contenido de cadmio para la norma española es 7×10^{-5} %. Asimismo, de acuerdo con la norma chilena, este valor no debe ser superior a 0.012%. Por tanto el compost obtenido, no cumple con estos estándares.

En los cuatro tratamientos no hubo diferencia significativa para los siguientes parámetros: Nitrógeno, fósforo, cadmio y relación C/N, es decir el resultado es similar

utilizando o no microorganismos eficientes en el proceso de compostaje. Mientras que para el parámetro potasio los tratamientos 0, 2 y 3, fueron estadísticamente iguales y tuvieron mayor porcentaje de potasio que el tratamiento 1. Para la humedad el tratamiento 1, presentó mayor contenido de humedad, los tratamientos 2 y 3 fueron estadísticamente iguales y el tratamiento 0, presentó la menor humedad. En cuanto a la materia orgánica, los tratamientos 1, 2 y 3, fueron estadísticamente iguales y tuvieron mayor contenido de materia orgánica que el tratamiento 0. Finalmente, para el carbono orgánico, los tratamientos 1, 2 y 3, fueron estadísticamente iguales y tuvieron mayor contenido de carbono orgánico que el tratamiento 0.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Los parámetros temperatura, pH y humedad se mantuvieron en el rango óptimo. Cuando uno de estos parámetros se modificaba, como consecuencia de las interacciones físicas, químicas y biológicas que se desarrollaban en el proceso de compostaje, se procedió a su corrección de acuerdo con el manual del compostaje. La relación C/N, antes de iniciar el proceso de compostaje tuvo un valor de 31.25.

Los parámetros, Nitrógeno, fósforo, potasio, cadmio, humedad, materia orgánica, carbono orgánico, no cumplen con la normativa chilena de calidad de compost. Únicamente la relación C/N, cumple dicha normativa en los cuatro tratamientos.

Se concluye que los tratamientos óptimos fueron: T2 y T3, sin embargo en el tratamiento 2, se utilizó una menor concentración de EM (500 mL de EM activado por 10L de agua) que el tratamiento 3. Por lo tanto el tratamiento 2 es el que se debe utilizar como abono orgánico.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda realizar ensayos con concentraciones entre 50 y 100 mL/L de EM, para optimizar los parámetros nitrógeno, fósforo, potasio, cadmio, humedad, materia orgánica, carbono orgánico, ya que no cumplieron con la normativa chilena de calidad de compost.

Se recomienda utilizar este compost para jardinería, de la municipalidad distrital de Cacatachi, ya que cumple con la relación C/N.

Asimismo, se recomienda que en futuras investigaciones se analicen las variables microbiológicas del compost, como coliformes fecales.

Además, se recomienda sensibilización a la población mediante programas de educación ambiental de residuos sólidos.

Referencias

- Álvarez, J. M. (2014). *Manual de compostaje para la agricultura ecológica. Consejería de Agricultura y Pesca*. Retrieved from http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4493509%5Chttp://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/portal/comun/galerias/galeriaDescargas/cap/produccion-ecologica/produccion/boletines/boletin_compostajecompleto.pdf
- Andrade, G. M. O. (2014). *Trasformación de los lodos generados en el camal municipal en compost para uso en el cultivo de vicia*. Universidad Técnica de Ambato. Retrieved from <http://repo.uta.edu.ec/handle/123456789/7811>
- Ansorena, J., Batalla E. & Merino, D. (2014). *Evaluación de la calidad y usos del compost como componente de sustratos, enmiendas y abonos orgánicos*. Recuperado el 07 de enero de 2019 de https://www.blueberrieschile.cl/subidas/2015/07/pdf_000304.pdf
- Baltodano, P. (2002). Determinación de la actividad microbiológica del abono orgánico bocashi durante el proceso de fabricación y almacenamiento. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 39. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Bohórquez, A., Puentes Y. & Menjivar, J. (2014). Evaluación de la calidad del compost producido a partir de subproductos agroindustriales de caña de azúcar. *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu.*, 15 (1), 73-81. Recuperado el 07 de enero de 2019 de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0122-87062014000100007
- Brenes, L., Jiménez, M. F., & Fernández, P. (2013). *Informe Técnico Propuesta de estrategia de comercialización para el compost producido a partir de residuos sólidos orgánicos por la Municipalidad de Alvarado en Cartago, Costa Rica*.
- Céspedes, G., Cazorla, L., Gutiérrez, R., & Peñalver, L. C. P. (2014). Métodos y parámetros para determinar la madurez en el compost a nivel de fincas Methods and parameters to

determine the maturity of the compost at the farm level Introducción Calidad del compost, (26).

Consejo Nacional del Ambiente. (2006). *Guía Técnica para la Formulación e Implementación de Planes de Minimización y Reaprovechamiento de Residuos Sólidos en el Nivel Municipal Perú - 2006*. Retrieved from <http://sinia.minam.gob.pe/documentos/guia-tecnica-formulacion-implementacion-planes-minimizacion>

Costa, M. S. S. de M., Costa, L. A. de M., Decarli, L. D., Pelá, A., Silva, C. J. da, Matter, U. F., & Olibone, D. (2009). Compostagem de resíduos sólidos de frigorífico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13(1), 100–107. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662009000100015>

El Peruano. Decreto Legislativo N° 1278 MINAM, El Peruano § (2017). Retrieved from <https://busquedas.elperuano.pe/download/url/decreto-legislativo-que-aprueba-la-ley-de-gestion-integral-d-decreto-legislativo-n-1278-1466666-4>

Ferreira, M. G., Ferreira, S., Fátima, S. De, Pereira, P., Silva, C., Castro, D., ... Oliveira, G. R. (2015). Reciclagem De Resíduos Orgânicos : a Compostagem Na Produção De Alimentos Em Escolas De Medicilândia – Amazônia Brasileira Organic Waste Recycling : Composting in Food Production in Medicilândia Schools. *XV Safety, Health and Environment World Congress*, 1(1), 274–278. <https://doi.org/10.14684/SHEWC.15.2015.274-278>

Food and Agriculture Organization. (2013). *Manual de compostaje del agricultor, Experiencias en América Latina. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe*. <https://doi.org/10.1111/evo.12990>

Guerrero, J., & Monsalve, J. (2006). El compostaje como una estrategia de producción más limpia en los centros de beneficio animal del departamento de Risaralda, *XII*, 469–474. <https://doi.org/10.4270/ruc.2010216>

- Harir, A. I., Kasim, R., & Ishiyaku, B. (2015). Resource Potentials of Composting the Organic Wastes Stream from Municipal Solid Wastes Compositions Arising in Nigerian Cities. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 03(04), 10–15. <https://doi.org/10.4236/gep.2015.34002>
- Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2010). *Metodología de la investigación. Metodología de la investigación*. <https://doi.org/ISBN-978-92-75-32913-9>
- Jaramillo, G., & Zapata, L. (2008). *Aprochamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia*. Universidad de Antioquia. Retrieved from <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/45/1/AprovechamientoRSOUenColombia.pdf>
- López, J. R. (2014). Programa Alternativo para el Manejo y Gestión Integral - Participativa Eficiente de los Residuos Sólidos en la Ciudad de Tarma". *Tesis De Maestria*, 156.
- Lorang, A. G., Torrentó, M., & Huerta, O. (2005). *El mercado del compost en Cataluña Oferta y demanda*. Retrieved from [http://www20.gencat.cat/docs/arc/Home/Ambitsdactuacio/Recollida_selectiva/Residus_municipals/Materia_organica_\(FORM_FV\)/Jornades_estudis_i_enllacos/mercat_compost_es.pdf](http://www20.gencat.cat/docs/arc/Home/Ambitsdactuacio/Recollida_selectiva/Residus_municipals/Materia_organica_(FORM_FV)/Jornades_estudis_i_enllacos/mercat_compost_es.pdf)
- Majumder, N. (2017). *Compostaje de residuos orgánicos y de lenteja de agua (Lemma sp.) con aplicación microorganismos eficaces*. Universidad Nacional del Antiplano. Retrieved from <http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/446/EPG429-00429-01.pdf?sequence=1>
- Márquez, P., Díaz, M., & Cabrera, F. (2005). Factores que afectan al proceso de Compostaje. In *Universidad de Huelva. Facultad de Ciencias Experimentales* (p. 16). Retrieved from http://digital.csic.es/bitstream/10261/20837/3/Factores_que_afectan_al_proceso_de_compostaje.pdf
- Ministerio de Agricultura y Riego. Aprueban Reglamento de Manejo de los Residuos

- Sólidos del Sector Agrario, El Peruano § (2012). Retrieved from <http://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-reglamento-manejo-residuos-solidos-sector-agrario>
- Misra, R. V., Roy, R. N., & Hiraoka, H. (2003). On-farm Composting Methods. *Land and Water Discussion Paper*, 2(9), 51. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Montgomery, D. (2013). *Design and Analysis of Experiments by Douglas Montgomery: A Supplement for Using JMP*. Retrieved from https://support.sas.com/content/dam/SAS/support/en/books/design-and-analysis-of-experiments-by-douglas-montgomery/66584_excerpt.pdf
- Moreira, J. C. G. (2014). Usina de compostagem, 5. Retrieved from http://www.mma.gov.br/estruturas/secex_consumo/_arquivos/compostagem.pdf
- Municipalidad Distrital de Cacatachi. (2018). *Diseño de un Programa de Valorización de Residuos Sólidos Orgánicos de la localidad de Cacatachi*.
- Naranjo, E. (2013). *Aplicación de microorganismos para acelerar la transformación de desechos orgánicos en compost*. Retrieved from <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/5310/1/Tesis-52> Ingeniería Agronómica -CD 173.pdf
- Norma Chilena NCh 2880. (2009). Calidad del compost. Recuperado el 10 de febrero de 2019 de <https://es.scribd.com/document/349938983/NCh2880-Norma-Chilena-de-Calidad-de-Compost>
- Páez, A. B. (2013). Evaluación de la calidad del compost producido a partir de la molienda de caña de azúcar en la compañía Riopaila Castilla, Valle del Cauca, Colombia, 120. Retrieved from <http://bdigital.unal.edu.co/24599/1/7010005.2013.pdf>
- Platt, B., & Goldstein, N. (2014). Why Compost? *BioCycle*, 19–27.
- Renteria Sacha, J. M., & Zeballos Villarreal, M. E. (2014). *Propuesta de Mejora para la gestión estratégica del Programa de Segregación en la Fuente y Recolección Selectiva*

de Resíduos Sólidos Domiciliarios en el distrito de Los Olivos. Pontificia Universidad Católica Del Perú.

Rodrigues, A. C., França, J. R., Borth, R., Ferreira, R., Orlando, C., Ros, D., & Daniel, P. (2015). 759 2015, 11, 759–770. Retrieved from [http://www.conhecer.org.br/enciclop/2015c/agrarias/compostagem de residuos.pdf](http://www.conhecer.org.br/enciclop/2015c/agrarias/compostagem%20de%20residuos.pdf)

Romão, B. cardoso, Fortunato, F., & Venera, jean carlos. (2004). Otimização da compostagem de dejetos animais com o uso de microrganismos potencialmente eficientes, (X). Retrieved from <http://eventos.ifc.edu.br/wp-content/uploads/sites/22/2017/02/OTIMIZAÇÃO-DA-COMPOSTAGEM-DE-DEJETOS-ANIMAIS-COM-O-USO-DE-MICROORGANISMOS-POTENCIALMENTE-EFICIENTES.pdf>

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. (2009). *Escenarios Climáticos en la cuenca del Río Mayo*. Retrieved from https://www.senamhi.gob.pe/main_down.php?ub=cmn&id=Resumen_Cuenca_Mayo

Solis, V. C. C. (2015). *Estudio sobre la normalización del proceso de compostaje*. Instituto Politécnico Nacional. Retrieved from <http://148.204.210.201/tesis/1427392645810TESISCOBOSSOL.pdf>

Sombra, Francisco; Moreira, Hermínio; Paulo, J. (2004). *Uso da Compostagem em Sistemas Agrícolas Orgânicos*.

Soriano, J. (2016). *Tiempo y calidad del compost con aplicación de tres dosis de Microorganismos eficaces - Concepción*. Universidad Nacional del centro del Perú. Retrieved from [http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3487/Soriano Vilcahuman.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3487/Soriano%20Vilcahuman.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Viana, M. (2013). *Utilização De Micro-Organismos Eficazes (Em) No Processo De Compostagem*. Retrieved from [http://tede2.unifenas.br:8080/jspui/bitstream/jspui/13/1/Mario Viana Paredes](http://tede2.unifenas.br:8080/jspui/bitstream/jspui/13/1/Mario%20Viana%20Paredes)

FilhoDissertacao.pdf

Viável, E. E. (2010). Processamento de adubo orgânico, a partir de resíduos domésticos, em uma comunidade rural: uma proposta ecológica e viável. *Rempec*, 3, 137–150.

Retrieved

from

<http://ensinosaudeambiente.uff.br/index.php/ensinosaudeambiente/article/download/1>

34/132

ANEXOS

Anexo 1. Solicitud de autorización para la ejecución del estudio

Ing. Vanessa Del Pilar Gonzáles Arévalo

**Jefe de la división de la gestión integral de residuos sólidos
Municipalidad distrital de Cacatachi – San Martín**

Las investigadoras, Jhasely Sánchez Delgado identificada con DNI 77145705, y Nesli Areli Melendrez Moreto identificada con DNI 75756892 con domicilio en el Jirón Genaro Torres, SN, Morales, Bachilleres de Ingeniería Ambiental de la Universidad Peruana Unión, Tarapoto, me presento ante usted con el debido respeto y expongo:

Que teniendo el propósito de realizar la investigación titulada “Compostaje de residuos sólidos orgánicos utilizando microorganismos eficientes en el distrito de Cacatachi” para obtener el título de ingenieros ambientales, solicitan su autorización y consentimiento para poder ejecutar dicha investigación, en la cual se aprovechará los residuos orgánicos domiciliarios de su comunidad para la elaboración de compostaje con microorganismos eficientes.

Ante lo expuesto a Ud., agradezco su comprensión, ya que es importante aprovechar los residuos sólidos y contribuir de esta manera con el cuidado del ambiente.

Atentamente.

 MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CACATACHI

Ing. Vanessa del Pilar Gonzáles Arévalo
JEFE DE DIVISION DE
GESTION INTEGRAL RESIDUOS SOLIDOS

Anexo 2. Ficha de recolección de datos

Día	Temperatura	pH	Humedad	Carbono	Nitrógeno	C/N	Materia orgánica	Fósforo	Potasio
0									
3									
6									
9									
12									
15									
18									
21									
24									
27									
30									
33									
36									
39									
42									
45									

Anexo 3. Certificados de calibración de los instrumentos



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 018



LAB. FÍSICO QUÍMICA	
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LFQ - 218 - 2018	
Pág. 1 de 2	
EXPEDIENTE	E18111999
SOLICITANTE	CENTRO DE INVESTIGACION, GESTION Y CONSULTORIA AMBIENTAL SAC
DIRECCION	Cal. 17 N° 355 Urb. El Palomar, San Isidro - Lima
INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	MEDIDOR MULTIPARÁMETRO
INFORMACIÓN DE INDICADOR	
MARCA	HANNA
MODELO	ODEON
NUMERO DE SERIE	SN-ODEOA-1016
INTERVALO DE INDICACIONES	0,000 pH a 14,000 pH (*)
RESOLUCIÓN	0,001 pH (*)
INFORMACIÓN DE ELECTRODO	
MARCA	HANNA
MODELO	DIGISENS
NUMERO DE SERIE	SN-PPHRA-1194
PROCEDENCIA	Francia
LUBRICACIÓN	No indica (*)
FECHA DE CALIBRACIÓN	2018-11-13
TEMP. DE REFERENCIA	25 °C

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura de aproximadamente k=2. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la expresión de la incertidumbre de la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95% de confianza. Los resultados reportados son válidos sólo para el objeto calibrado y corresponden a las condiciones y momento en que se realizó la calibración y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de productos. Al solicitante y/c usuario le corresponde definir la frecuencia de calibración en función al uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición. Nuestros certificados de calibración sin firmas y sello del carecen de toda validez alguna.

Observaciones:
(*) Indicado según manual del fabricante

SELLO	FECHA DE EMISIÓN	JEFE DE LABORATORIO	GERENTE DE OPERACIONES
	2018-11-14	 Alexander Alza Zamudio	 Wilmer Mena Chávez

Jr. Antonio Cabo N° 596, Urb. el Trébol - Los Olivos/ Teléfono: 6224283, servicios@gesmin.pe, ventas@gesmin.pe/www.gesmin.pe
El certificado se publica o reproduce en forma completa y sin modificaciones

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LFQ - 218 - 2018

Pág. 2 de 2

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de Físico Química (Jr. Antonio Cabo N° 596, Los Olivos - Lima).

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Comparación directa con Material de Referencia Certificado (MRC), según PC-020 "Procedimiento para la calibración de medidores de pH", Primera edición, Junio del 2010, SNM - INDECOPI.

PATRONES DE REFERENCIA

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Análisis
Material de referencia: NIST- EEUU	MRC de pH 4,014 con valor de incertidumbre 0,011 unidades de pH (25 °C)	CONTROL COMPANY, Certificado N° 4287-6751319
Material de referencia: NIST- EEUU	MRC de pH 7,003 con valor de incertidumbre 0,011 unidades de pH (25 °C)	CONTROL COMPANY, Certificado N° 4288-8155735
Material de referencia: NIST- EEUU	MRC de pH 10,014 con valor de incertidumbre 0,012 unidades de pH (25 °C)	CONTROL COMPANY, Certificado N° 4289-9493481

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Calibración
Patrón de referencia del INACAL-DM	Termómetro digital con un valor de incertidumbre igual a 0,025 °C (en 25 °C)	INACAL-DM, Certificado N° LT-312-2018

CONDICIONES AMBIENTALES REGISTRADAS

	INICIAL	FINAL
Temperatura (°C)	24,4	24,3
Humedad Relativa (%HR)	70	69

RESULTADOS DE CALIBRACIÓN

Indicación del pHmetro (pH)	Valor de referencia (pH)	Error de indicación (pH)	Incertidumbre (pH)
3,858	4,014	-0,156	0,02
7,000	7,003	-0,003	0,02
9,992	10,013	-0,021	0,02

Notas

- La medición fue realizada en un medio isoterma a una temperatura de 25 °C

FIN DEL CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LFQ - 217 - 2018

Pág. 2 de 2

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de Físico Química (Jr. Antonio Cabo N° 596, Los Olivos).

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Método de comparación directa, Según el procedimiento PC-022 "Procedimiento para la Calibración de Conductímetros"; Primera edición, Setiembre 2014, ENM - INDECOPI.

PATRONES DE REFERENCIA

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Análisis
Material de referencia del NIST-EEUU	MRC de 98,8 $\mu\text{S/cm}$ con valor de incertidumbre de 2,2 $\mu\text{S/cm}$ (25 °C)	CONTROL COMPANY, Certificado N° 4176-9626950
Material de referencia del NIST-EEUU	MRC de 1413 $\mu\text{S/cm}$ con valor de incertidumbre de 4,7 $\mu\text{S/cm}$ (25 °C)	CONTROL COMPANY, Certificado N° 4176-9481809

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia del INACAL/DM	Termómetro digital con valor de incertidumbre de 0,025 °C (en 25°C)	INACAL/DM, Certificado N° LT-312-2018

CONDICIONES AMBIENTALES REGISTRADAS

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	24,5	24,9
Humedad Relativa (%HR)	55	57

RESULTADOS DE CALIBRACIÓN

Indicación del conductímetro	Valor de referencia	Error de indicación	Incertidumbre
105,5 $\mu\text{S/cm}$	98,8 $\mu\text{S/cm}$	6,7 $\mu\text{S/cm}$	2,4 $\mu\text{S/cm}$
1 414 $\mu\text{S/cm}$	1 413 $\mu\text{S/cm}$	1 $\mu\text{S/cm}$	6 $\mu\text{S/cm}$

Notas

- La calibración fue realizada a 25 °C sin utilizar el factor de compensación de temperatura.

FIN DEL CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN



SERVICIOS Y SUMINISTROS PARA LABORATORIO

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 018



Registro N° LC - 018

LAB. FÍSICO QUÍMICO

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Lfq - 217 - 2018

Pág. 1 de 2

EXPEDIENTE	E18111999
SOLICITANTE	CENTRO DE INVESTIGACION, GESTION Y CONSULTORIA AMBIENTAL SAC
DIRECCIÓN	Cal. 17 N° 355 Urb. El Palomar, San Isidro - Lima
INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	CONDUCTÍMETRO
INFORMACIÓN DEL INDICADOR	
MARCA	HANNA
MODELO	ODEON
NÚMERO DE SERIE	SN-ODEOA-1016
INTERVALO DE INDICACIONES	0 uS/cm a 2000 uS/cm (*)
RESOLUCIÓN	0,1 uS/cm; 1 uS/cm (**)
INFORMACIÓN DE LA CELDA	
MARCA	HANNA
MODELO	DIGISENS
NUMERO DE SERIE	SN-PC4EB-0950
PROCEDENCIA	Francia
UBICACIÓN	No indica
FECHA DE CALIBRACIÓN	2018-11-12
TEMP. DE REFERENCIA	25 °C

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura de aproximadamente k=2. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la expresión de la incertidumbre de la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95% de confianza. Los resultados reportados son válidos sólo para el objeto calibrado y corresponden a las condiciones y momento en que se realizó la calibración y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de productos. Al solicitante y/o usuario le corresponde definir la frecuencia de calibración en función al uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición. Nuestros certificados de calibración sin firmas y sello carecen de toda validez alguna.

Observaciones:

(*) Indicado según el manual del fabricante

(**) Resolución observada durante la calibración. El equipo posee múltiples resoluciones, según manual de fabricante

SELLO	FECHA DE EMISIÓN	JEFE DE LABORATORIO	GERENTE DE OPERACIONES
	2018-11-14		
	2018-11-14	Alexander Alza Zamudio	Wilmer Mena Chavez

Jr. Antonio Cabo N° 596, Urb. el Trébol - Los Olivos / Teléfono: 6224288, servicios@gesmin.pe, ventas@gesmin.pe, www.gesmin.pe. El certificado se publica o reproduce en forma completa y sin modificaciones



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



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : JHASELY SÁNCHEZ DELGADO
 PROCEDENCIA : SAN MARTÍN/ SAN MARTÍN/ TARAPOTO
 MUESTRA DE : COMPOST
 REFERENCIA : H.R. 66336
 BOLETA : 2311
 FECHA : 20/12/18

Nº LAB	CLAVES	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	Cd ppm
1185	T0A	0.47	0.85	1.85
1186	T0B	0.31	0.86	1.55
1187	T0C	0.43	0.79	1.90
1188	T1A	0.51	0.89	1.88
1189	T1B	0.50	0.96	2.00
1190	T1C	0.44	0.89	2.30
1191	T2A	0.34	0.74	2.13
1192	T2B	0.46	0.87	1.50
1193	T2C	0.47	0.97	1.78
1194	T3A	0.42	0.99	2.15
1195	T3B	0.55	1.00	1.70
1196	T3C	0.42	0.90	1.98



Dr. Sady García Bendezu
 Jefe de Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA
LABORATORIO DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO (LASAQ)



INFORME DE ENSAYOS
LASAQ N°32-2018-DQ

SOLICITANTE : Bach. Jhasely Sanchez Delgado
Bach. Nesli Areli Melendrez Moreto
PRODUCTO DECLARADO : Compost
NÚMERO DE MUESTRAS : 12
CANTIDAD RECIBIDA : 900 g
MARCA : sin marca
FORMA DE PRESENTACIÓN : En bolsa de plástico
MUESTREADO POR : Muestra proporcionada por el solicitante.
FECHA DE RECEPCIÓN : 06 de diciembre del 2018
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADO: 26 de diciembre del 2018
ENSAYOS SOLICITADOS : ANALISIS VARIOS DE COMPOST

CODIGOS	1.- Humedad (%)	2. Materia Orgánica (%MS)	3.- Carbono Orgánico Total (%MS)	4.- Nitrógeno (%MS)	5- Relación C/N
TOA	6.57	8.50	4.9	0.40	12.49
T3B	15.76	13.00	7.5	0.47	15.99
T1C	18.17	11.30	6.6	0.25	30.32
TOB	6.52	8.00	4.7	0.33	19.88
TOC	6.57	8.20	4.8	0.37	12.55
T1A	17.22	12.30	7.1	0.53	9.06
T2A	14.99	12.0	6.9	0.43	16.46
T1B	15.78	11.90	6.9	0.37	18.74
T3A	14.14	12.70	7.4	0.51	13.57
T3C	14.67	15.00	8.7	0.57	12.99
T2C	14.81	12.70	7.4	0.56	15.43
T2B	12.88	9.60	5.6	0.39	18.71

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO:

- 1.- BGBl. II Bundesgesetzblatt 2001-Nr. 292 parte 3.8.2
- 2.- BGBl. II Bundesgesetzblatt 2001-Nr. 292 parte 3.1.1 (Por Cálculo)
- 3.- BGBl. II Bundesgesetzblatt 2001-Nr. 292 parte 3.1.3 (Por Cálculo)
- 4.- BGBl. II Bundesgesetzblatt 2001-Nr. 292 parte 3.2
- 5.- BGBl. II Bundesgesetzblatt 2001-Nr. 292 parte 3.1.4 (Por Cálculo)

Atentamente:

Ing. Amb. Diego Suarez Ramos
JEFE DEL LABORATORIO DE
ANÁLISIS QUÍMICO

DIRECCIÓN DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA
Mg.Sc. Juan Carlos Palma
DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO
ACADÉMICO DE QUÍMICA

Departamento Académico de Química : Tlf. 6147800 Anexos (305-307)
Av. La Molina s/n La Molina Facultad de Ciencias (1er. Piso)
Email : dqquimica@lamolina.edu.pe

Anexo 5. Panel fotográfico

Anexo 5.1 Activación de los microorganismos eficientes



Anexo 5.2 Establecimiento de las doce pilas composteras



Anexo 5.3 Pilas de Compostaje en fase Mesófila



Anexo 5.4 Pilas de Compostaje en fase Termófila o de higienización



Anexo 5.5 Pilas de Compostaje en la fase de enfriamiento



Anexo 5.6 Pilas del compost en la fase de maduración



Anexo 5.7 Medición de Temperatura con un Termómetro Ambiental



Anexo 5.8 Medición del pH con el equipo Multiparámetro



Anexo 5.9 Medición de la Humedad por la técnica del puño



Anexo 5.10 Aplicación de Microorganismos eficientes a las Pilas de compostaje



Anexo 5.11 Realización de los volteos de las pilas de compostaje

