

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**“TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS
GENERADOS EN EL ASENTAMIENTO HUMANO VILLA ALEJANDRO
ETAPA III DISTRITO DE LURÍN, UTILIZANDO LA TÉCNICA DE
COMPOSTAJE Y GENERACIÓN DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS
COMO ACELERADORES DE DESCOMPOSICIÓN”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR EL BACHILLER

OLAVE CHOQUECAHUANA, JOEL BRAULIO

**Villa El Salvador
2019**

DEDICATORIA

A mis padres, Mickey y Judith por ser mis ejemplos en la perseverancia, en la lucha de alcanzar mis objetivos, por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

A mi asesor el Dr. José Alfonso Apesteagua Infantes por su apoyo en la parte académica de la elaboración de mi trabajo de suficiencia profesional, por su paciencia hacia mi persona.

Al profesional técnico de laboratorio de la UNTELS, Sra. Jenny Benites y Srta. Jocelyn Gallardo, por su apoyo inmediato y por las facilidades brindadas para el desarrollo de mis ensayos de laboratorio.

A mi madre Judith, por ser la motivación de mis logros, por su apoyo incondicional, por estar a mi lado en los buenos y malos momentos, por sus valiosos consejos, gracias madre.

Un agradecimiento especial A mi padre Mickey; a mi hermana, Jessica; a mi pareja, Sandy y a mi amiga Rosselu ya que, sin su ayuda, este trabajo no se hubiera realizado en el tiempo estimado. Muchas gracias por su apoyo.

Un agradecimiento especial a los vecinos del Asentamiento Humano Villa Alejandro etapa III distrito de Lurín, por su apoyo en la participación de mi trabajo.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1. Descripción de la Realidad Problemática	4
1.2. Justificación del Problema	6
1.3. Delimitación del Proyecto	7
1.3.1. Teórico	7
1.3.2. Temporal.....	7
1.3.3. Espacial	7
1.4. Formulación del Problema	8
1.4.1. Problema General.....	8
1.4.2. Problemas Específicos.....	8
1.5. Objetivos.....	9
1.5.1. Objetivo general.....	9
1.5.2. Objetivos específicos	9
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	
2.1. Antecedentes	10
2.1.1. Antecedentes de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales.....	10
2.1.2. Antecedentes de Producción de Compost a partir de Residuos Sólidos municipales.....	12
2.1.3. Antecedentes de Producción de Microorganismos Benéficos.	14

2.2. Base legal	15
2.2.1. Constitución política del Perú.....	15
2.2.2. Ley General de Salud, Ley N° 26842.....	15
2.2.3. Ley General del Ambiente, Ley N° 28611	16
2.2.4. Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, D.L. N°1278	16
2.3. Bases Teóricas	17
2.3.1. El compost	17
2.3.2. Compostaje.....	17
2.3.3. Etapas del proceso compostaje aerobio	18
2.3.4. Parámetros de control durante el proceso de compostaje	23
2.3.5. Sistemas de compostaje	30
2.3.6. Diseño y operación de un sistema de compostaje.....	31
2.3.7. Problemas y soluciones en el proceso de compostaje	33
2.3.8. Beneficios del proceso de compostaje.....	34
2.3.9. Microorganismos benéficos	35
2.4. Definiciones de términos básicos	38
 CAPITULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL	
3.1. Modelo de solución propuesto	43
3.1.1. Etapas para la elaboración del estudio de caracterización de los residuos sólidos domiciliarios del AA. HH. Villa Alejandro etapa III, distrito de Lurín.	43
3.1.2. Procedimiento para la elaboración de la pila de compostaje	57
3.1.3. Descripción de los métodos empleados para la medición de los parámetros físico-químicos y biológicos del compost.	60

3.1.4. Método para la obtención y generación de microorganismos benéficos. .	66
3.2. Resultados.....	69
3.2.1. Resultados de la caracterización de los residuos sólidos domiciliarios del AA.HH Villa Alejandro etapa III distrito de Lurín.....	69
3.2.2. Resultados de análisis físico, químico y microbiológico del compost	70
CONCLUSIONES	75
RECOMENDACIONES.....	77
BIBLIOGRAFIA.....	78
ANEXOS.....	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema general del proceso de compostaje	18
Figura 2. Curva de las necesidades de oxigeno durante el compostaje	24
Figura 3. Evolución de la temperatura (—) y el pH (---) durante las diferentes etapas del compostaje.	27
Figura 4. Evolución del pH durante el proceso de compostaje.....	28
Figura 5. Dimensiones de una pila de compostaje.....	32
Figura 6. Presencia de microorganismos en la filósfera	36
Figura 7. Organigrama del equipo de planificación	44
Figura 8. Organigrama del equipo de campo	44
Figura 9. Vehículo de recolección y transporte de residuo sólidos.....	45
Figura 10. Desarrollo de capacitación al personal de campo.....	46
Figura 11. Participación de los vecinos del AA.HH. Villa Alejandro.....	47
Figura 12. Registro de los participantes del estudio.....	48
Figura 13. Recolección de las muestras.	48
Figura 14. Descarga de las muestras.....	49
Figura 15. Agrupación de las muestras.....	49
Figura 16. Pesaje de las muestras	50
Figura 17. Pesaje de latas.....	51
Figura 18. Medición de la altura libre en residuos de baño.	52
Figura 19. Medición de la altura libre en residuos de cocina.....	52
Figura 20. Toma de muestra de residuos orgánicos	55
Figura 21. Armado de la pila de compostaje	58
Figura 22. Aplicación de microorganismos benéficos	58
Figura 23. Medición de la temperatura.....	59
Figura 24. Conformación del equipo de campo.....	92
Figura 25. Transporte de baldes para la segregación de residuos sólidos orgánicos.....	92
Figura 26. Entrega de baldes para la segregación de residuos sólidos orgánicos....	92
Figura 27. Recolección de los residuos sólidos orgánicos segregados en la fuente.	92
Figura 28. Acopio de los residuos sólidos orgánicos.....	93

Figura 29. Pesaje de los residuos sólidos orgánicos.....	93
Figura 30. Almacenamiento de los residuos sólidos orgánicos.	93
Figura 31. Disposición de los residuos sólidos orgánicos.	93
Figura 32. Mezcla para homogenizar los materiales de partida	93
Figura 33. Conformación de la pila de compostaje	93
Figura 34. Microorganismos benéficos.....	93
Figura 35. Inoculación de microorganismos benéficos a la pila de compostaje	93
Figura 36. Volteo de la pila de compostaje.....	93
Figura 37. Tamizado del compostaje	93
Figura 38. Medición de conductividad eléctrica y pH del compost.	93
Figura 39. Determinación de la materia orgánica y ceniza.....	93
Figura 40. Determinación del porcentaje de humedad del compost.....	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición de la microflora mesófila	19
Tabla 2. Composición de la microflora termófila.....	20
Tabla 3. Temperatura y tiempo de exposición necesario para la destrucción de los parásitos y patógenos más comunes	21
Tabla 4. Composición de la microflora mesófila II	22
Tabla 5. Composición de la microflora de maduración.....	23
Tabla 6. Relación de C/N de diferentes materiales orgánicos.....	29
Tabla 7. Soluciones a problemas frecuentes en el proceso de compostaje	34
Tabla 8. Efectos más destacados de la materia orgánica en el suelo.....	35
Tabla 9. Composición de materiales de partida para el compostaje	57
Tabla 10. Código de las muestras vegetales.....	67
Tabla 11. Ingredientes y cantidades necesarias para preparar la solución madre de MOBS.....	68
Tabla 12. Resultados de la Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios AA. HH. Villa Alejandro etapa III distrito de Lurín.....	70
Tabla 13. Resultados de Humedad, cenizas, materia orgánica, relación C/N y tamaño de partícula.....	70
Tabla 14. Resultados de potencial de hidrógeno y conductividad eléctrica	71
Tabla 15. Resultados de Nitrógeno (N), Potasio (K ₂ O) y Fósforo (P ₂ O ₅)	71
Tabla 16. Resultados de Coliformes totales	72
Tabla 17. Resultados de Coliformes fecales	72
Tabla 18. Resultados de <i>Salmonella</i> sp	73
Tabla 19. Resultados de huevos de helmintos.....	73
Tabla 20. Resultados de metales pesados	74
Tabla 21. Variables para determinar la muestra poblacional	82

ÍNDICE DE GRAFICAS

Gráfica 1. Control de la temperatura durante el proceso de compostaje	60
Gráfica 2. Composición física de los residuos sólidos domiciliarios del AA.HH Villa Alejandro etapa III distrito de Lurín.....	69

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Determinación del tamaño de la muestra de viviendas.....	82
Anexo B. Informe de ensayo de metales pesados	83
Anexo C. Informe de ensayo de análisis microbiológico	84
Anexo D. Informe de ensayo de análisis fisicoquímico I	85
Anexo E. Informe de ensayo de análisis fisicoquímico II.....	86
Anexo F. Informe de ensayo de Solución madre (Planta de Altamisa)	87
Anexo G. Informe de ensayo de Solución madre (Planta de Café)	88
Anexo H. Informe de ensayo de Solución madre (Planta de Ruda)	89
Anexo I. Informe de ensayo de Solución madre (Planta de Romero).....	90
Anexo J. Informe de ensayo de Solución madre (Planta de Ruda)	91
Anexo K. Panel fotográfico	92

INTRODUCCIÓN

El tratamiento de los residuos sólidos domiciliarios de origen orgánico, a través de la técnica de compostaje y generación de microorganismos benéficos como aceleradores de la descomposición, es una forma de valorización, que permitió el reaprovechamiento de los residuos sólidos generados en el asentamiento humano Villa Alejandro etapa III del distrito de Lurín.

El objetivo principal de este trabajo fue establecer la técnica de compostaje en pilas con volteo mecánico y generación de microorganismos benéficos como tratamiento de los residuos sólidos domiciliarios de origen orgánico generados en el Asentamiento Humano Villa Alejandro etapa III del distrito de Lurín en los meses de febrero, marzo y abril del 2019 y los objetivos específicos son: Conocer la generación de residuos sólidos domiciliarios de origen orgánico mediante el estudio de caracterización de los residuos sólidos domiciliarios del Asentamiento Humano Villa Alejandro etapa III del distrito de Lurín, desde el día 03 hasta el día 10 de febrero del 2019, Obtener un compost estabilizado e higienizado para su aprovechamiento en áreas verdes de uso público del Asentamiento Humano Villa Alejandro etapa III del distrito de Lurín en los meses de febrero, marzo y abril del 2019 y Establecer la clasificación del compost como abono o acondicionador de suelo, tomando en cuenta los parámetros indicados en la Norma técnica peruana NTP 311.557:2013, Norma chilena NCh2880.Of2004 y Norma española Real decreto 506/2013.

El compostaje es una técnica de estabilización de residuos sólidos orgánicos biodegradables cuyo calor generado en el proceso, destruye a las bacterias patógenas, huevos de parásitos y muchas semillas de malas hierbas que están en el material de partida, dando lugar a un producto higienizado (Negro *et al.*, 2000)

El compost es el producto final del compostaje, presenta abundante materia orgánica y nutriente, la cual puede ser aprovechada como abono o como enmienda (Negro *et al.*, 2000).

Los microorganismos benéficos son un consorcio de microorganismos constituidos por: Levaduras, Bacterias ácido lácticas, Bacterias fotosintéticas, Actinomicetos, Bacillus spp. Pseudomonas y otros, que descomponen la materia orgánica evitando la generación de olores y la proliferación de poblaciones de moscas, a su vez transforman la materia orgánica en sustancias benéficas para las plantas como: fitohormonas, vitaminas, compuestos sideróforos, compuestos lipopéptidos, entre otros (Meza, 2018).

Los resultados obtenidos del estudio caracterización de los residuos sólidos domiciliarios del AA.HH Villa Alejandro etapa III distrito de Lurín fueron: generación per cápita 0.37 kg/hab./día, 362 kg residuos sólidos por día, volumen de residuos sólidos 1.72 m³ por día, densidad promedio 202.1 kg/m³ y la humedad de los residuos sólidos es de 48.8%. De acuerdo a la composición física de los residuos sólidos domiciliarios del AA.HH Villa Alejandro etapa III distrito de Lurín se tiene lo siguiente: 78.14% lo conforman los residuos orgánicos (residuos de cocina), 10.18% de residuos sanitarios, 2.79% de plástico (PET, PEAD.PEDB, PP y PS), 2.36% bolsas de un solo uso, 1.90% cartón, 1.64 % vidrio, 1.52% metal, 0.68% papel, 0.25% textiles, 0.23% tetrapack, 0.17% tecnopor y 0.14% envolturas de snack. La cual permitirá

Los resultados obtenidos en la estabilidad e higienización del compost fueron óptimos, siendo la presencia de Coliformes fecales 4 NMP/g, Coliformes totales 15 NMP/g y ausencia en 25 g de compost de *Salmonella* sp., y ausencia de huevos de helmintos.

Los resultados obtenidos para la clasificación del compost de acuerdo a las siguientes normas: Chilena NCh2880.Of2004, Normativa Técnica Peruana NTP 311.557:2013 y la Normativa Española Real decreto 506/2013, se determinó la clasificación de la muestra de compost para la normativa Chile: compost de clase B de acuerdo a los resultados de metales pesados, libre de microorganismos

patógenos y con valor nutricional alto; para la normativa peruana: compost como abono orgánico sólido de acuerdo a los resultados de metales pesados, microorganismos patógenos y valores nutricionales; y para la normativa española: compost de clase C de acuerdo a los resultados de metales pesados, libre de microorganismos patógenos y por los valores nutricionales le corresponde la pertenencia al grupo 2, en relación al tipo de fertilizante es denominado abono orgánico NPK de origen animal y vegetal.

La metodología que se utilizó para el estudio de caracterización de los residuos sólidos domiciliarios fue de trabajo preliminar, de gabinete, de campo y análisis de información, todo acorde con la guía de Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales, elaborado por el Ministerio del ambiente 2018.

La metodología que se utilizó para el tratamiento de los residuos sólidos de origen orgánico, fue el método compostaje de Pila-aireada con volteo, debido a su simple y versátil utilidad, realizando volteos cada cierto periodo para oxigenar a la pila, este método se utiliza para pilas de escala pequeña.

La metodología que se utilizó para la generación de microorganismos benéficos fue de laboratorio, acorde con el método aplicado en el V Curso práctico: Elaboración de abono mediante fermentación bacteriana a partir de residuos orgánicos.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la Realidad Problemática

Según la Evaluación Regional del Manejo de los Residuos Sólidos Urbanos en América Latina y el Caribe 2010 (EVAL 2010), varios países de América Latina y el Caribe han mejorado la gestión de los residuos sólidos urbanos en comparación con la EVAL 2002, la evaluación presenta un aumento en la cobertura de los servicios de limpieza pública, recolección y disposición final en toda la región. Sin embargo a pesar de los logros mencionados, existen actividades de la gestión de residuos sólidos urbanos en América Latina y el Caribe que aún son incipientes tales como la reducción, recuperación, reciclaje y aprovechamiento de residuos.

En el Perú el servicio de recolección de los residuos sólidos municipales generados en zonas urbanas tiene una cobertura del 85%, la recuperación de los residuos sólidos municipales reciclables en 205 municipalidades que desarrollan programas de segregación en la fuente, es en promedio 1.5% del total de los residuos sólidos municipales y de un total de 156 municipalidades encuestadas sólo 25 municipalidades cuentan con plantas de compostaje, donde sólo se composte en promedio el 1% de los residuos sólidos municipales (Según el Diagnóstico de residuos sólidos en el Perú 2013).

A nivel local, el municipio de Lurín elaboró la Agenda Ambiental Local (2015-2018), la cual tenía entre sus variables a los residuos sólidos, el objetivo estratégico era contar y ejecutar con una eficiente gestión integral de residuos sólidos. Esta variable presentaba cuatro líneas de acción: Promover el desarrollo de un eficiente plan de manejo de residuos sólidos, Optimización de recursos financieros para la gestión de los residuos sólidos, Promover el aprovechamiento de residuos sólidos mediante la separación y reciclaje y por ultimo promover el aprovechamiento de los residuos de construcción y demolición. En ninguna de las cuatro líneas de acción se promueve el tratamiento de los residuos sólidos municipales de origen orgánico.

Los gobiernos regionales, provinciales y locales consideran a la gestión de residuos sólidos como prioridad, pero con escasos recursos financieros y reducida cooperación pública con los sistemas de residuos sólidos, la gestión de residuos sólidos se vuelve un gran desafío. Las municipalidades prefieren disponer los residuos sólidos municipales en un relleno sanitario, porque a pesar del incremento en el costo, la disposición final sigue siendo más económica en comparación a otros métodos como el reciclaje, el compostaje y recuperación de energía mediante incineración.

Si no se reduce la cantidad de residuos sólidos municipales a través de la valorización según Decreto Legislativo N°1278 antes de su disposición final, el tiempo de duración de un relleno sanitario será más corto y se tendrá que ampliar o disponer de un nuevo relleno sanitario, este es el caso del distrito de Lurín con el relleno sanitario portillo grande. Otro problema sería el incremento de gases de efecto invernadero como el metano, dióxido de carbono y óxidos nitrosos que son generados en un relleno sanitario.

1.2. Justificación del Problema

Los problemas más comunes con los residuos sólidos son la quema y la mala disposición de los residuos sólidos, el primer problema ocurre por la combustión de los residuos sólidos, liberándose material partícula, monóxido de oxígeno, dióxido de azufre, dioxina, furanos entre otros, que causan enfermedades respiratorias a la población y el segundo problema genera focos de infección, atrayendo a los vectores como son las moscas, roedores y aves que en contacto directo con los alimentos, causan enfermedades gastrointestinales a la población.

Uno de los lineamientos de la gestión integral de residuos sólidos (Decreto Legislativo N°1278) es fomentar la valorización de los residuos sólidos y la adopción de prácticas de tratamiento y adecuada disposición final.

La valorización de los residuos sólidos municipales a través del compostaje es posible, debido a que la materia orgánica representa un alto porcentaje de los residuos sólidos y esto generaría un potencial recurso económico. Es debido a esta razón que se aplicó la técnica de compostaje en pilas con volteo mecánico y generación de microorganismos benéficos para el tratamiento de los residuos sólidos domiciliarios de origen orgánico, reduciendo la cantidad de residuos sólidos que van a disposición final y proporcionando al mismo tiempo un insumo orgánico para el acondicionamiento de suelos de parques y áreas verdes del asentamiento humano Villa Alejandro etapa III del distrito de Lurín.

1.3. Delimitación del Proyecto

1.3.1. Teórico

El presente estudio tuvo como finalidad, proponer la técnica de compostaje en pilas con volteo mecánico y generación de microorganismos benéficos como aceleradores de la descomposición como tratamiento para los residuos sólidos domiciliarios de origen orgánico generados en el asentamiento humano Villa Alejandro etapa III del distrito de Lurín en los meses de febrero, marzo y abril del 2019.

1.3.2. Temporal

El presente estudio se realizó en los meses de febrero, marzo y abril del 2019, desarrollándose la fase de gabinete I los días 01, 02 y 03 de febrero, la fase de campo I los días 04 y 17 de febrero, la fase de laboratorio I desde el 18 de febrero hasta 07 de marzo, la fase de campo II desde el 17 de febrero hasta el 30 de abril, la fase de laboratorio II desde 29 marzo hasta el 12 abril, fase de laboratorio III los días 27 y 29 de abril y la fase de gabinete II desde 01 de abril hasta el 30 de abril.

1.3.3. Espacial

El estudio ha sido desarrollado en el asentamiento humano Villa Alejandro etapa III del distrito de Lurín.

1.4. Formulación del Problema

1.4.1. Problema General

- ¿De qué manera la técnica de compostaje en pilas con volteo mecánico y generación de microorganismos benéficos influye en el tratamiento de los residuos sólidos orgánicos generados en el asentamiento humano Villa Alejandro etapa III del distrito de Lurín en los meses de febrero, marzo y abril del 2019?

1.4.2. Problemas Específicos

- ¿Cómo es la generación de residuos sólidos domiciliarios de origen orgánico en el asentamiento humano Villa Alejandro etapa III del distrito de Lurín, desde el día 03 hasta el día 10 de febrero del 2019?
- ¿Cómo es la calidad del compost en términos de estabilidad e higiene para su respectivo aprovechamiento en áreas verdes de uso público del asentamiento humano Villa Alejandro etapa III del distrito de Lurín en los meses de febrero, marzo y abril del 2019?
- ¿Cuál es la clasificación del compost con respecto a los parámetros indicados en la Norma técnica peruana NTP 311.557:2013, Norma chilena NCh2880.Of2004 y Norma española Real decreto 506/2013?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

- Establecer la técnica de compostaje en pilas con volteo mecánico y generación de microorganismos benéficos como influencia en el tratamiento de los residuos sólidos domiciliarios de origen orgánico generados en el asentamiento humano Villa Alejandro etapa III del distrito de Lurín en los meses de febrero, marzo y abril del 2019.

1.5.2. Objetivos específicos

- Conocer la generación de residuos sólidos domiciliarios de origen orgánico mediante el estudio de caracterización de los residuos sólidos domiciliarios del asentamiento humano Villa Alejandro etapa III del distrito de Lurín, desde el día 03 hasta el día 10 de febrero del 2019.
- Obtener un compost estabilizado e higienizado para su aprovechamiento en áreas verdes de uso público del asentamiento humano Villa Alejandro etapa III del distrito de Lurín en los meses de febrero, marzo y abril del 2019.
- Establecer la clasificación del compost como abono o acondicionador de suelo, tomando en cuenta los parámetros indicados en la Norma técnica peruana NTP 311.557:2013, Norma chilena NCh2880.Of2004 y Norma española Real decreto 506/2013.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales

2.1.1.1. Antecedentes Nacionales

Cachiche (2017), en el estudio de “Caracterización de residuos sólidos municipales del distrito de Caynarachi, Lamas 2016”. Tuvo como objetivo determinar el valor de cada parámetro de caracterización de residuos sólidos municipales del distrito de Caynarachi, Provincia de Lamas. Se usó la metodología que proporciona la guía de Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales, elaborado por el Ministerio del ambiente. Concluyó que la información adquirida de los parámetros de caracterización de los residuos sólidos, permitirá realizar una gestión y manejo adecuado de los mismos en el distrito de Caynarachi.

Alcas *et al.*, (2005), en el estudio de “Caracterización de residuos sólidos domiciliarios en los distritos de Ica, Los Aquijes, Parcona, y Subtanjalla (provincia de Ica), para el aprovechamiento de los residuos sólidos tipo plástico PET y tipo orgánico”, tuvieron como objetivos Caracterizar la producción de residuos sólidos domiciliarios (RSD) en los distritos de Ica, Los Aquijes, Parcona y Subtanjalla pertenecientes a la provincia de Ica, Evaluar la viabilidad técnica económica, para la implementación de un centro de procesamiento de residuos sólidos tipos plástico

poliestireno tereftalato (PET) y Desarrollar la posibilidad de implementación de una planta piloto de compostaje, como forma de tratamiento de los RSD orgánicos. La metodología utilizada estuvo comprendida entre Fases de Gabinete y Fases de Campo. Se concluyó que la composición física de los RSD generados en los cuatro distritos, son: materia orgánica (restos de comida y restos de jardín) un 42.4%, el PEBD un 5.42%, las latas de hierro un 2.32%, el papel periódico un 2.27%, el cartón un 1.97%, el PEAD un 1.53%, el PET un 1.33% y el resto de residuos como madera, textiles, cuero, tierra, rechazo entre otros representa un 42.76% del total de RSD.

Del total de PET generado (35 ton/mes) en los cuatro distritos, el 86% se encuentra en los distritos de Ica y Parcona (30 ton/mes), cifra considerable e interesante por la posibilidad de ser utilizada en la producción de Scrap de PET, la cual hace viable técnica y económicamente la implementación de un centro de procesamiento de residuos plásticos tipo PET.

Las 32.5 ton/mes de residuos orgánicos tipo resto de comida que se obtienen de las viviendas participantes, sumado a las 16.2 ton/mes de maleza que se generan de la poda de parques y jardines, la disponibilidad de un terreno, una fuente de agua accesible y la necesidad del distrito de Ica por la adquisición de compost para uso en bermas y parques, hacen posible la implementación de una planta piloto de compostaje como forma de tratamiento de estos residuos orgánicos.

2.1.1.2. Antecedentes Locales

Municipalidad Distrital de Lurín (2017), el presente “Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales”, se tuvo como objetivo generar información cuantitativa y cualitativa de los residuos sólidos domiciliarios, no domiciliarios y municipales del distrito de Lurín. La metodología aplicada al estudio fue trabajo preliminar, de gabinete, de campo, de sistematización y análisis de información. Se concluyó que los residuos sólidos domiciliarios del distrito de Lurín están compuestos

por 50.89% residuos orgánicos, 6.43% de residuos sanitarios, 5.65% residuos inertes, 4.85% de metal, 4.24% de madera y follaje, 4.14% de vidrio, 4.01% de plástico duro, 3.89% de papel, 3.86% de cartón, 3.76% de bolsas, 3.34 % plástico PET, 2.22% de telas y textiles, 0.86% de cartón mutilados, 0.56% de tecnopor y otros.

2.1.2. Antecedentes de Producción de Compost a partir de Residuos Sólidos municipales.

2.1.2.1. Antecedentes Internacionales

Jara (2016), en su tesis “ Oportunidad de valorización mediante compostaje de los residuos orgánicos de origen urbano y afines en Ecuador: Propuesta de gestión para la provincia de Chimborazo”, tuvo como objetivo realizar el estudio integral de la fracción orgánica de los residuos orgánicos de origen urbano y afines que se generan en varios cantones de la provincia de Chimborazo-Ecuador con la finalidad de brindar una alternativa a la actual disposición en vertedero mediante su valorización por medio del compostaje y determinar su valor agronómico y su potencial uso agrícola. La metodología aplicada consta de tres experimentos, experimento 1: determinación de la naturaleza y composición de la materia orgánica proveniente de los residuos orgánicos de origen urbano y afines, experimento 2: Procesos de compostaje y co-compostaje de residuos orgánicos de origen urbano y afines procedentes de recogida selectiva, experimento 3: Compostaje y co-compostaje de fracciones orgánicas procedentes de recogida no selectiva y validación como medio alternativo a la turba en semilleros hortícolas. Concluyendo que los residuos orgánicos de origen urbano presentan niveles aceptables de nutrientes, alta biodegradabilidad y baja concentraciones de metales pesados lo que los hace aptos para ser sometidos a procesos de compostaje.

2.1.2.2. Antecedentes Nacionales

Vargas (2017), en su tesis “Calidad del Compost Producidos a partir de Residuos Sólidos Orgánicos Municipales en el Centro de Protección Ambiental “Santa Cruz”, Ciudad de Concepción”, tuvo como objetivo determinar la calidad de compost a partir de residuos sólidos orgánicos municipales de la ciudad de concepción, en base a la norma chilena 2880 y la norma mexicana 020. Utilizó la metodología recomendada por la Comisión de Normalización y Acreditación de la Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo y llego a la conclusión que la calidad del compost por sus características físicas, químicas y microbiológicas según ambas normas clasifica como Clase B en 64% y 50% según las normas chilena y mexicana respectivamente.

Lescano (2015), manifiesta el “Efecto de Tres Aceleradores de Degradación en el Tiempo de Compostaje Utilizando Residuos Sólidos Orgánicos Urbanos en Huanchaco, Trujillo”, tuvo como objetivo acelerar el proceso de Compostaje de residuos sólidos urbanos orgánicos, la cual inocular tres tipos de aceleradores de descomposición en pilas formadas por estiércol vacuno, residuos de parques y residuos sólidos orgánicos urbanos. La metodología que aplico fue usar tres tratamientos con sus respectivos aceleradores y un testigo. Llego a la conclusión que la adición de aceleradores de descomposición, en conjunto con un buen manejo del proceso de compostaje reduce el tiempo de cosecha del compost en 36 días.

Leyva (2014), mediante los “Métodos de Compostaje de Residuos Sólidos Domiciliarios y su Efecto en la Obtención de Abonos Orgánicos Ecológicos en el Centro Poblado Cruz del Sur-Distrito de San Juan-Loreto”, tuvo como objetivo implementar métodos de compostaje de residuos sólidos orgánicos domiciliarios, conocer su efecto en la producción de abono y minimizar la contaminación que generan estos residuos. La metodología aplicada fue realizar dos tratamientos: T1 conformada por 30% carbón activado, 20% gallinaza, 20% cal y 30% residuos sólidos orgánicos; y T2 conformado 20% aserrín, 30% cal, 20% gallinaza, y 30% residuos sólidos orgánicos. Concluyo que el método T1 presenta mayor valor en las

características físico químicas debido al uso del carbón activado y la cal, los cuales actúan como enmienda, catalizadores y desinfectantes.

Ruiz (2003), en su tesis “Compostación de los Residuos Sólidos Orgánicos Generados en la Universidad de Piura”, tuvo como objetivo evaluar el proceso de compostaje usando como materia prima los residuos de comida, residuos de jardín, estiércol de oveja y residuos de algarroba. Utilizó las metodologías de cuantificación y del cuarteo, para la caracterización fisicoquímica de las materias primas del compost y las características fisicoquímicas del compost elaborado con residuos de jardín, residuos de algarroba y estiércol de oveja; y del compost elaborado con residuo de jardín, residuos de algarroba, residuos de comida y estiércol de oveja. Concluyendo que el compost que utilizo residuos de comida obtuvo el valor más alto de la relación C/N, indicador de la mejora de la calidad.

2.1.2.3. Antecedentes Locales

Altamirano y Cabrera (2006), en su investigación “Estudio comparativo para la elaboración de compost por técnica manual”, tuvo como objetivo comparar dos tipos de compost de elaboración manual en poza, uno con residuos sólidos orgánicos domiciliarios, estiércol de vaca y ceniza (poza 1) y el otro con rastrojos, estiércol de cuy, aserrín y ceniza (poza 2). Concluyendo que la poza 2 presenta mayor porcentaje en suma de N, P₂O₅, K₂O y tarda más en descomponerse en comparación con la poza 1.

2.1.3. Antecedentes de Producción de Microorganismos Benéficos.

2.1.3.1. Antecedente Nacional

Alvarez manuel *et al.*, (2018), en el estudio realizado “Potencial de la Flora de la Provincia del Azuay – Ecuador como Fuente de Microorganismos Benéficos”, tuvieron como objetivo recolectar muestras de plantas de diferentes pisos altitudinales para aislar y determinar en condiciones de laboratorio unidades

formadoras de colonias, utilizando la metodología de pruebas bioquímicas y amplificación 16S-PCR, concluyendo que el mejor potencial para UFC de levaduras, está en la planta de Altamisa (*Artemisia vulgaris*); el mejor potencial para UFC de *Bacillus spp.*, está en la planta de Ruda (*Ruta graveolens*); el mejor potencial para UFC de *Lactobacillus* está en la planta de café (*Coffea arabica L.*) y el mejor potencial para UFC de actinomicetos es la planta de romero (*Rosmarinus officinalis*)

2.2. Base legal

2.2.1. Constitución política del Perú

En el artículo 2º, inciso 22.- Toda persona tiene derecho: a la paz, a la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de la vida.

2.2.2. Ley General de Salud, Ley N° 26842

Decretada el 15 de julio de 1997, en el capítulo VIII: De la protección del ambiente para la salud establece lo siguiente:

En el artículo 104º, Toda persona natural o jurídica, está impedida de efectuar descargas de desechos o sustancias contaminantes en el agua el aire o el suelo, sin haber adoptado las precauciones de depuración en la forma que señalan las normas sanitarias y de protección del ambiente.

En el artículo 106º, Cuando la contaminación del ambiente signifique riesgo o daño a la salud de las personas, la Autoridad de Salud de nivel nacional dictará las medidas de prevención y control indispensables para que cesen los actos o hechos que ocasionan dichos riesgos y daños.

2.2.3. Ley General del Ambiente, Ley N° 28611

Publicada el 15 de octubre del 2005, establece los principios y normas básicas para asegurar el efectivo ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida.

En el artículo 66°, la prevención de riesgos y daños a la salud de las personas es prioritaria en la gestión ambiental. Es responsabilidad del Estado, a través de la Autoridad de Salud y de las personas naturales y jurídicas dentro del territorio nacional, contribuir a una efectiva gestión del ambiente y de los factores que generan riesgos a la salud de las personas.

En el artículo 119°, ordena la gestión de los residuos sólidos municipales (doméstico y comercial), es responsabilidad de los gobiernos locales, y la gestión de los residuos sólidos no municipales es responsabilidad del generador, los mismos que serán responsables de su adecuada disposición final, bajo las condiciones de control y supervisión establecidas en la legislación vigente.

2.2.4. Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, D.L. N°1278

Publicada el 23 de diciembre del 2016, establece derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, con el objetivo de asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos económica, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a las obligaciones, principios y lineamientos de este decreto legislativo.

En el artículo 2°, se establece los objetivos de la gestión integral de los residuos sólidos en el país.

- La prevención o minimización de la generación de residuos sólidos en origen, frente a cualquier otra alternativa.

- La recuperación y la valorización material y energética de los residuos, entre las cuales se cuenta la reutilización, reciclaje, compostaje, coprocesamiento, entre otras alternativas siempre que se garantice la protección de la salud y del medio ambiente.

2.3. Bases Teóricas

2.3.1 El compost

El compost es un producto estabilizado e higienizado, de variable contenido de nutrientes; la cual depende de la naturaleza y característica de la materia prima que se emplea, contiene alto porcentaje de materia orgánica y está libre de malos olores (Cantanhede *et al.*, 1993).

El compost se va transformando a medida que pasa por las diferentes etapas del proceso de compostaje; debido a ello se puede identificar dos tipos de compost. El compost inmaduro el cual ha pasado por la etapa mesófila y termófila, pero no ha alcanzado las etapas de enfriamiento y de maduración; y el compost maduro el cual ha pasado por todas las etapas del proceso de compostaje (Norma Chilena Oficial, 2005, p.4).

2.3.2. Compostaje

2.3.2.1. Compostaje o Compostación aerobio

Según Cantanhede *et al.*, (1993), el compostaje es un conjunto de procesos metabólicos originados por la acción de diversos microorganismos aerobios, que descomponen bioquímicamente la materia orgánica y generan humus, sales minerales, dióxido de carbono, agua y calor, bajo condiciones de aireación, humedad y temperatura controlada (figura 1).

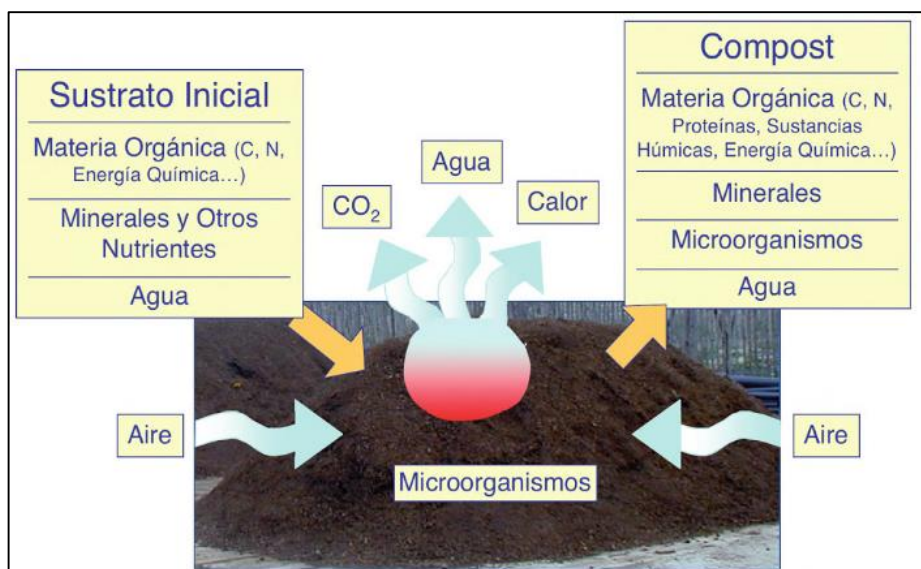


Figura 1. Esquema general del proceso de compostaje
Fuente: (Moreno y Moral, 2008)

El compostaje es una técnica de estabilización y tratamiento de residuos orgánicos biodegradables. El objetivo del compostaje es convertir la materia orgánica putrescible a una forma estable y eliminar los organismos patógenos perjudiciales para el hombre.

2.3.2.2. Compostaje anaerobio

Según Cantanhede *et al.*, (1993), el compostaje anaerobio es un proceso de descomposición del material orgánico en ausencia de oxígeno, causado por bacterias metanogénicas, acetogénicas y sulfuro reductoras entre las más representativas. Los compuestos formados en este proceso son metano, dióxido de carbono y ácidos orgánicos de bajo peso molecular.

2.3.3. Etapas del proceso compostaje aerobio

2.3.3.1. Etapa de latencia

Es la etapa inicial, considerada desde la conformación de la pila hasta que se

constaten incrementos de temperatura, con respecto al material partida. En esta etapa los microorganismos buscan aclimatarse a su medio y colonizar el material fresco. Si el material tiene ya un tiempo de acopio puede pasar inadvertida, la duración de esta etapa es muy variable y depende de diversos factores.

Con un balance adecuado de pH, C/N y concentración parcial de oxígeno, los factores que definirían la duración de esta etapa, serían la temperatura ambiente y la biomasa microbiana que contiene el material. Con temperaturas ambiente entre los 10 y 12 °C, en las pilas adecuadamente conformadas, esta etapa puede durar de 24 a 72h (Sztern y Pravia, 1999).

2.3.3.2. Etapa Mesófila (10-40°C)

En esta etapa, el material de partida, empieza a descomponerse a temperatura ambiente y en pocos días la temperatura se elevará hasta llegar a los 40 °C.

Los procesos metabólicos realizados por la microflora mesófila (Tabla 1) durante esta etapa son: las fermentaciones facultativas y la respiración aeróbica (oxidación de amonio y de compuestos reducidos de azufre, Fósforo, etc.).

Tabla 1
Composición de la microflora mesófila

Bacterias		Hongos
Gram negativas	Gram positivas	
	<i>Bacillus</i>	Ascomycota:
<i>Pseudomonas</i>	Lactobacillus	<i>Penicillium/ Aspergillus</i>
	actinomicetos	Zygomycota: <i>Mucor</i>

Fuente: Moreno C. y Moral H. (2008).

La falta de disipación del calor produce un incremento aún mayor y favorece el desarrollo de la microflora termófila que se encuentra en estado latente en los residuos. La duración de esta etapa es variable, depende también de numerosos factores (Sztern y Pravia, 1999).

2.3.3.3. Etapa termófila o de Higienización (40-75°C)

En esta etapa la microflora termófila sustituye a la mesófila, debido a la presencia de Bacilos y Actinomicetos termófilos (Tabla 2), estos microorganismos se asocian y combinan sus capacidades metabólicas.

Tabla 2
Composición de la microflora termófila

Bacterias
<i>Bacillus</i>
<i>Thermus</i>
<i>Hydrogenobacter</i>
Actinomicetos: <i>Streptomyces</i>

Fuente: Moreno C. y Moral H. (2008).

El calor generado por la actividad metabólica de la microflora termófila, elimina a todos los mesófilos patógenos, hongos, esporas, semillas y elementos biológicos indeseables (Tabla 3).

Tabla 3

Temperatura y tiempo de exposición necesario para la destrucción de los parásitos y patógenos más comunes

Microorganismos	Temperatura	Tiempo de exposición
<i>Salmonella typhosa</i>	55°C	30 min.
<i>Salmonella sp</i>	55°C	1 hora
	65°C	Entre 15 a 20 min
<i>Shingella sp</i>	55°C	1 hora
<i>Escherichia coli</i>	55°C	1 hora
	60°C	Entre 15 a 20 min.
<i>Tennia saginata</i>	55°C	En unos pocos minutos
<i>Larvas de Trichinella spiralis</i>	60°C	instantáneamente
<i>Brucella abortus</i>	55°C	1 hora
<i>Micrococcus pyogens var. Aureus</i>	50°C	10 min.
<i>Streptococcus pyogens</i>	54°C	10 min.
<i>Parvovirus bovino</i>	55°C	1 hora
Huevos de <i>Ascaris lumbricoides</i>	55°C	1 hora.

Fuente: Negro *et al.*, (2000) y Román *et al.*, (2013).

En esta etapa se producen volúmenes importantes de CO₂ y vapor de agua que se difunden desde el núcleo a la corteza. El CO₂, juega un papel fundamental en el control de larvas de insectos. La corteza y más en aquellos materiales ricos en proteínas, es una zona donde se produce la puesta de insectos. La concentración de CO₂ alcanzada resulta letal para las larvas (Sztern y Pravia, 1999).

Conforme el ambiente se hace totalmente anaerobio, los grupos termófilos que intervienen entran en fase de muerte. Como esta etapa es de gran interés para la higienización del material, es conveniente su prolongación hasta el agotamiento de nutrientes.

2.3.3.4. Etapa de mesófila II o Etapa de enfriamiento

Con el agotamiento de los nutrientes y la desaparición de microorganismos termófilos, la temperatura comenzara a descender. A partir de temperaturas iguales o inferiores a los 40°C, empieza nuevamente el desarrollo de los microorganismos mesófilos (Tabla 4), estos microorganismos utilizarán como fuente de nutrientes los materiales más resistentes a la biodegradación, tales como la celulosa y lignina restante en las parvas. La duración de esta etapa depende de numerosos factores.

Tabla 4
Composición de la microflora mesófila II

Bacterias	Hongos
Gram positivas	
actinomicetos	<i>Ascomycota</i>
	<i>Basidiomycota</i>

Fuente: Moreno C. y Moral H. (2008).

En esta etapa, la temperatura descenderá lentamente hasta llegar a igualarse a la temperatura ambiente. En estos momentos se dice que el material se presenta estable biológicamente y se da por culminado el proceso.

Para asegurar que toda la masa en compostaje llegue a su estabilidad biológica, es necesario, remover las pilas de material en proceso, de forma tal que el material que se presenta en la corteza, pase a formar parte del núcleo. Estas remociones y reconfiguraciones de las pilas se realizan en momentos puntuales del proceso, y permiten además airear el material, lo que provoca que la secuencia de etapas descritas se presenta por lo general más de una vez.

Desde un enfoque microbiológico la finalización del proceso de compostaje se evidencia, por la inactividad metabólica. Las poblaciones microbianas se presentan

en fase de muerte por agotamiento de nutrientes. Con frecuencia la muerte celular no va acompañada de lisis. La biomasa puede permanecer constante por un cierto periodo aun cuando la gran mayoría de la población se haya hecho no viable (Sztern y Pravia, 1999).

2.3.3.5. *Etapa de maduración*

Es un proceso que demora meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos (Román *et al.*, 2013).

La microflora presente en esta etapa son bacterias, hongos y algas (Tabla 5).

Tabla 5
Composición de la microflora de maduración

Bacterias	Hongos
Gram negativas	
actinomicetos	<i>Ascomycota</i>
	<i>Zygomycota</i>
	<i>Oomycota</i>

Fuente: Moreno C. y Moral H. (2008).

2.3.4. **Parámetros de control durante el proceso de compostaje**

2.3.4.1. *Aireación*

La aireación es uno de los principales parámetros a controlar en el proceso de Compostaje Aeróbico. El doble objetivo de la aireación es aportar por una parte el oxígeno suficiente a los microorganismos y permitir al máximo la evacuación del CO₂ producido (Negro *et al.*, 2000).

Según Román *et al.* (2013), la aireación adecuada (5-15%) mantiene los niveles

de oxígeno necesarios para el desarrollo de los microorganismos. Tener en cuenta que el requerimiento de oxígeno varía a lo largo del proceso de compostaje, siendo bajas en la fase mesófila, alcanzando el máximo en la fase termófila y disminuyendo de nuevo al final del proceso (Figura 2).

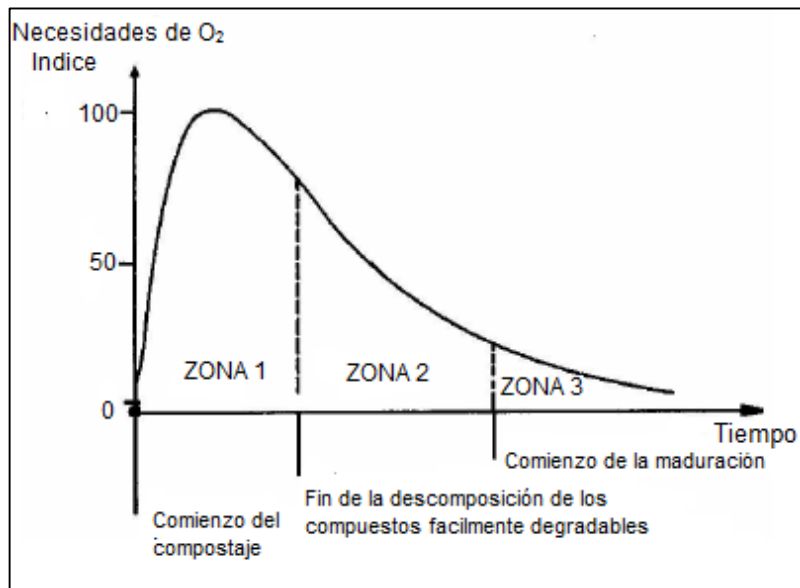


Figura 2. Curva de las necesidades de oxígeno durante el compostaje

Fuente: Negro *et al.* (2000).

- Zona 1. Actividad de máxima degradación aerobia
Necesidades de oxígeno: elevada ($0.5 \text{ m}^3/\text{min}/\text{t M.S.}$)
- Zona 2. Actividad media de degradación aerobia
Necesidades de oxígeno: media ($0.1 \text{ m}^3/\text{min}/\text{t M.S.}$)
- Zona 3. Actividad baja de degradación aerobia
Necesidades de oxígeno: baja ($0.1 \text{ m}^3/\text{min}/\text{t M.S.}$)

Según Román *et al.* (2013), una aireación excesiva ($>15\%$), produce el descenso de la temperatura y la pérdida del contenido de humedad. La evaporación del agua por exceso de aireación, causa la inhibición de la actividad microbiológica llegando a parar el proceso de compostaje, con lo que daría la impresión de que el proceso ha concluido. El exceso de aireación genera también un incremento en los gastos de producción. Por otra parte, Según Una aireación insuficiente ($<5\%$), impide la suficiente evaporación de agua, generando exceso de humedad y un ambiente de anaerobiosis. El desarrollo de microorganismos anaerobios produce malos olores y acidez por la presencia de compuestos como el ácido acético, sulfuro de hidrógeno

(H₂S) o metano (CH₄) en exceso.

2.3.4.2. Humedad

La humedad es otro parámetro a controlar en el proceso de compostaje aerobio. Siendo el compostaje un proceso biológico de descomposición de la materia orgánica, la presencia de agua es imprescindible para las necesidades fisiológicas de los microorganismos, ya que es el medio de transporte de las sustancias solubles que sirven de alimento a las células y de los productos de deshecho de las reacciones que tienen lugar durante dicho proceso (Bueno *et al.*, 2008).

La humedad es un factor muy relacionado con la aireación, por ejemplo en una pila de compostaje donde los valores de humedad son elevados se producirá el desplazamiento del aire entre las partículas de la materia orgánica, con lo que el medio se volvería anaerobio. La humedad óptima para el proceso de biodegradación se sitúa alrededor del 55%, aunque varía dependiendo del estado físico y tamaño del material de partida, así como del sistema empleado para realizar el compostaje (Bueno *et al.*, 2008).

Si la humedad es insuficiente (45%>), disminuye la actividad microbiana, sin dar tiempo a que se completen todas las fases de degradación, causando que el producto obtenido sea biológicamente inestable. Por el contrario, si la humedad es excesiva (60%<), el agua saturará los poros e interferirá con la distribución del aire a través del material biodegradable. En procesos en los cuales los principales componentes sean sustratos tales como aserrín, astillas de madera, paja hojas secas, se necesita una mayor humedad, mientras en materiales como los residuos de alimentación, etc., la humedad necesaria es mucho menor (Román *et al.*, 2013).

Una manera sencilla de monitorear la humedad del compost, es aplicar la “técnica del puño”.

2.3.4.3. Temperatura

Según Negro *et al.* (2000), la temperatura es un parámetro muy importante en el proceso de compostaje. De acuerdo a este parámetro, el proceso de compostaje se puede dividir en cuatro etapas: Mesofila, termófila, enfriamiento y maduración (Figura 3).

Al inicio del proceso de compostaje, el material de partida se encuentra a temperatura ambiente, enseguida los microorganismos empiezan a colonizar y descomponer la materia orgánica, provocando desprendimiento de calor. Este calor genera una variación de la temperatura de la pila, alcanzando los 40 °C e incrementándose hasta alcanzar valores comprendidos entre 60-70 °C, a esta temperatura la mayor parte de los microorganismos iniciales mueren y son reemplazados por otros resistentes a esa temperatura (Negro *et al.*, 2000).

Las temperaturas bajas (<35°C) en un proceso de compostaje, pueden darse por diversos factores como la falta de humedad, que provoca que los microorganismos disminuyan sus actividades metabólicas y por tanto, la temperatura sea baja, otro factor es el insuficiente material o la forma de la pila inadecuada para que alcance una temperatura idónea y por último el déficit de nitrógeno en el material de partida, por la cual los microorganismos no puedan sintetizar enzimas y proteínas, demorando el incremento de la temperatura en más de una semana. Por el contrario, las temperaturas elevadas (>70°C), determinan la destrucción de la mayor parte de los microorganismos (pasteurización), fenómeno que sólo debe permitirse al final del compostaje, para asegurar la eliminación de patógenos (Román *et al.*, 2013).

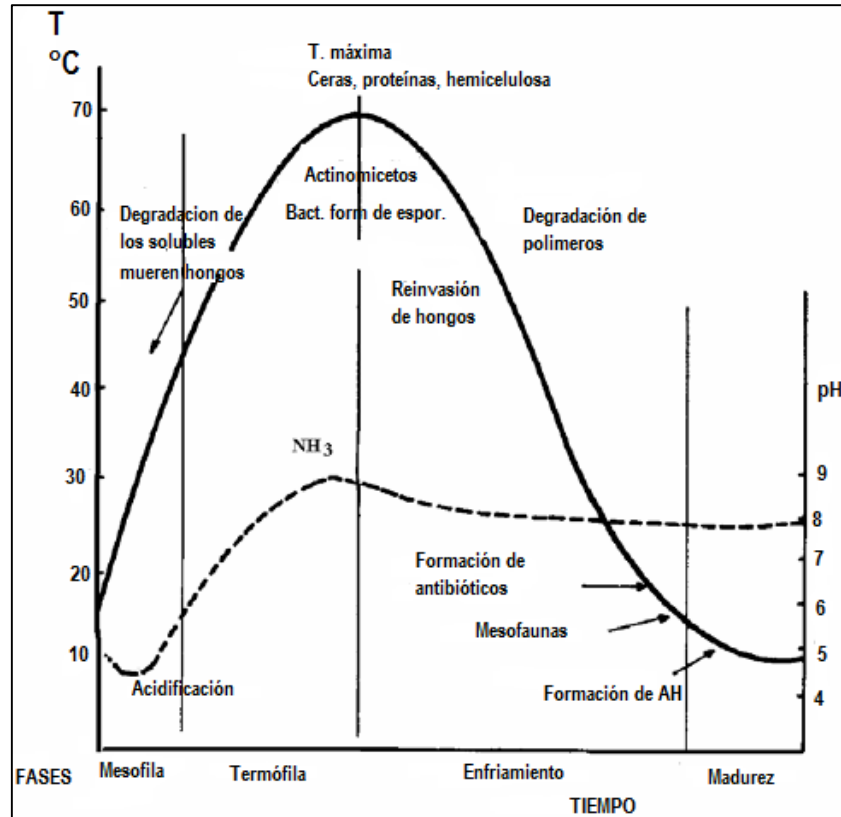


Figura 3. Evolución de la temperatura (—) y el pH (---) durante las diferentes etapas del compostaje.

Fuente: Negro *et al.* (2000).

2.3.4.4. Potencial de Hidrogeno (pH)

Según Negro *et al.* (2000), en el proceso de compostaje se producen diferentes fenómenos o procesos que hacen variar este parámetro. En la fase mesófila el proceso metabólico bacteriano transforma los complejos carbonados fácilmente descomponibles, en ácidos orgánicos, el pH desciende; seguidamente, el pH aumenta como consecuencia de la formación de amoníaco, alcanzando el valor más alto, alrededor de 8,5, coincidiendo con el máximo de actividad de la fase termófila. Finalmente, el pH disminuye en la fase de maduración (pH entre 7 y 8) debido a las propiedades naturales de amortiguador o tampón de la materia orgánica (figura 4).

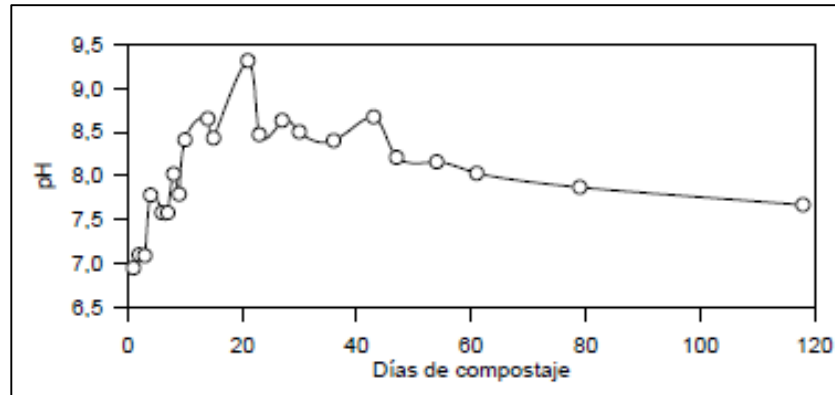


Figura 4. Evolución del pH durante el proceso de compostaje
Fuente: Bueno *et al.* (2008).

Cuando el pH es muy ácido (<4.5), enfrentamos un problema de exceso de ácidos orgánicos en el compostaje, ocasionado por el tipo de material de partida que se ha utilizado, en este caso los residuos vegetales como restos de cocina y frutas liberan muchos ácidos orgánicos y tienden a acidificar el medio. Una solución a este problema sería adicionar un material rico en nitrógeno hasta conseguir una adecuada relación C/N. Por el contrario, cuando el pH es muy básico (>8.5), enfrentamos un problema de exceso de nitrógeno, ocasionado por un exceso de nitrógeno en el material de partida, con una deficiente relación C/N, asociado a humedad y alta temperaturas, se produce amoníaco alcalinizando el medio. Una solución a este problema sería adicionar material seco y de alto contenido en carbono (restos de poda, hojas secas, aserrín) (Román *et al.*, 2013).

2.3.4.5. Relación C/N

La relación C/N, expresa las unidades de Carbono por unidades de Nitrógeno que contiene el material de partida. El Carbono es una fuente de energía para los microorganismos y el Nitrógeno es un elemento necesario para la síntesis proteica (Sztern y Pravia, 1999).

Según Vargas (2017), cuando se tienen dos o más residuos a compostar, el proceso de mezclado ayuda a equilibrar la relación C/N. La relación C/N óptima de los materiales de partida a compostar se encuentra entre valores de 25 a 30, esto

facilita el ataque apropiado por parte de los microorganismos. Por ejemplo una mezcla de un 40% residuo doméstico (15/1), 30% estiércol vacuno (20/1), 20% paja (80/1) y residuo de fruta (35/1) permite tener una relación C/N=31.5, en base a los diferentes materiales orgánicos (Tabla 2).

Según una relación C/N de los materiales de partida con valores mayores a 40, provoca que el proceso de compostaje presente un mayor tiempo de descomposición debido a que los microorganismos deben oxidar el exceso de carbono. Una forma para eliminar el exceso de carbono (en forma de CO₂) es un desarrollo o proliferación de diversas especies microbianas. Por el contrario, una relación C/N de los materiales de partida con valores menores a 19, provoca que el proceso de compostaje presente un menor tiempo de descomposición debido a la escasez de carbono y provoca la pérdida de nitrógeno que se desprende en forma de gas amoniac, lo que provoca una autorregulación de la relación C/N del proceso (Bueno *et al.*, 2008).

Tabla 6
Relación de C/N de diferentes materiales orgánicos.

Material orgánico	Relación C/N
Fracción orgánica recuperada de RSU	32/1
Residuos de fruta	35/1
Cáscara de arroz	49/1
Tallos de maíz	60/1
Hojarasca (Según el tipo de hoja)	Entre 40/1 y 80/1
aserrines	400/1
Restos de hortalizas	19/1
Estiércol ovino	20/1
Estiércol bovino	15/1
Estiércol suino	12/1
Estiércol de gallina	10/1
Estiércol equino	30/1

Fuente: Vargas (2017), Sztern y Pravia (1999)

La relación C/N ideal para un compost totalmente maduro es cercana a 10, similar a la del humus. En la práctica, se suele considerar que un compost es suficientemente estable o maduro cuando $C/N < 20$ aunque esta es una condición necesaria pero no suficiente (Bueno *et al.*, 2008).

2.3.5. Sistemas de compostaje

2.3.5.1. Sistema abierto o sistema en pilas

Un sistema abierto permite compostar residuos orgánicos a través de la conformación de estructuras llamadas parvas, camellones o pilas.

La metodología de este sistema consiste en la alternancia de capas de los diferentes materiales de partida, con el objetivo de conseguir una adecuada relación C/N y el control de la temperatura y humedad (Sztern y Pravia, 1999).

- Sistema abierto con aireación forzada

En este sistema la aireación se realiza por una bomba, el oxígeno es inyectado a la pila a través de canales.

- Sistema abierto con volteo mecanizado

En este sistema la aireación se realiza por un volteador lateral de tornillo adaptado a tractor, o una pala frontal.

2.3.5.2. Sistema cerrado o Sistema en reactores

Un sistema cerrado permite compostar residuos orgánicos sin la necesidad de conformar una pila o camellón. Este sistema utiliza reactores estáticos o dinámicos para la descomposición de los residuos orgánicos, donde los parámetros de humedad y aireación son controlados (Sztern y Pravia, 1999).

El sistema cerrado a nivel familiar es usado como iniciativa para promover el compostaje domiciliario (Román et al.,2013) y a nivel industrial es aplicado para el tratamiento de importantes volúmenes de residuos orgánicos. Por ejemplo las grandes plantas de triaje y selección de Residuos Sólidos Domiciliarios (RSU), donde a partir de la fracción orgánica recuperada de estos tipos de residuos producen compost industrial (Sztern y Pravia, 1999).

2.3.6. Diseño y operación de un sistema de compostaje

2.3.6.1. *Unidad de compostaje*

La unidad de compostaje, es la masa de residuos que nos permite conformar una pila de compostaje e ingresa al sistema como una unidad independiente de los demás residuos.

2.3.6.2. *Diseño de la pila o camellón*

Por lo general una pila de compostaje tiene una forma piramidal, las dimensiones de la pila, en especial la dimensión de la altura, está muy relacionada con los parámetros de humedad, de oxígeno y la temperatura. Por ejemplo una pila baja de altura y ancha de base, puede presentar adecuada humedad y relación C/N, pero el calor que se genera del proceso se disipa fácilmente.

Al no existir una especificación exacta sobre el diseño de una pila de compostaje, se considera como regla general lo siguiente: la medida de la altura debe ser la mitad de medida de la base, para que se pueda obtener una buena relación Superficie/Volumen (Figura 5).

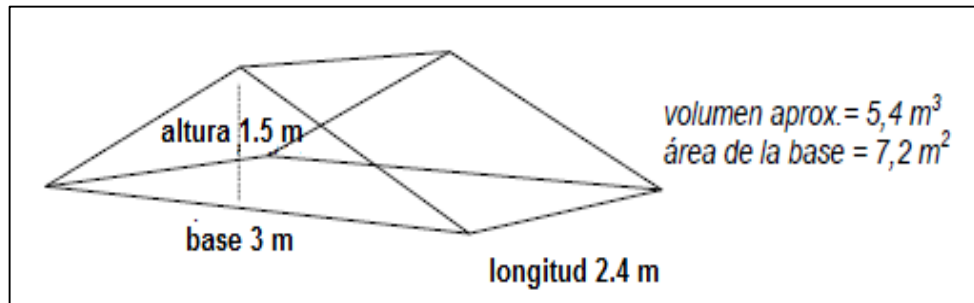


Figura 5. Dimensiones de una pila de compostaje
Fuente: Sztern y Pravia (1999).

2.3.6.3. El tiempo de compostaje (T_c)

Es el tiempo que transcurre desde la conformación de la pila hasta la obtención del compost estable.

El tiempo de compostaje, varía según las características del material de partida, las condiciones climatológicas (temperatura, % de humedad relativa, precipitaciones, etc.), manejo fisicoquímico; manejo microbiológico y características del producto final que desea obtener (Sztern y Pravia, 1999).

2.3.6.4. Área de compostaje

El área donde se conforman las pilas y se lleva a cabo el proceso de compostaje se denomina corrientemente canchas de compostaje o patios. Se deben considerar ciertos hechos antes de seleccionar la cancha de compostaje. Por ejemplo, un terreno elevado permitirá coleccionar los líquidos lixiviados que se generen durante el proceso, otro factor sería la impermeabilidad del terreno lo que provocaría la contaminación de aguas subterráneas por drenaje de lixiviados (Sztern y Pravia, 1999).

2.3.6.5. Preparación de las canchas

Una vez seleccionada el área de acuerdo a los criterios mencionados, se procederá a retirar todo objeto o elemento que interfiera con la operación del sistema. Posteriormente, se realiza la compactación y nivelación del terreno. Es importante diseñar el sistema de drenaje, necesario para la evacuación y recolección de los líquidos lixiviados (Sztern y Pravia, 1999).

2.3.6.6. Dimensión de la cancha

La dimensión de la cancha depende de la unidad de compostaje y del tiempo de compostaje.

Se debe considerar un espacio prudente entre los camellones para realizar adecuadamente las operaciones de remoción y aireación (Sztern y Pravia, 1999).

2.3.7. Problemas y soluciones en el proceso de compostaje

Según Cantanhede *et al.* (1993), uno de los problemas más comunes en el proceso de compostaje es el control de las moscas. La fracción orgánica recuperada de los RSU (restos de fruta, residuos de la cocina) y el estiércol, se presentan como medios excelentes para el desarrollo y la propagación de una gran población de moscas. La solución a este problema es el volteo de la pila agregando material seco.

Otro problema común en el proceso de compostaje es el enfriamiento de la pila, debido a que la cantidad de material de partida no es la adecuada, lo que lleva a que la pila se enfríe. Se recomienda hacer pilas no menor a media tonelada, este volumen garantizara la permanencia del calor en la pila de compostaje. Estos y otros problemas en el proceso de compostaje lo podemos ver en la tabla 7.

Tabla 7

Soluciones a problemas frecuentes en el proceso de compostaje.

Problema	Causa	Soluciones
	-Falta de aireación (oxígeno)	
Mal olor (Putrefacción, amoníaco)	- Predominancia del material verde (exceso de nitrógeno, poca porosidad y alta humedad) - La pila es muy compacta o grande	- Voltear la pila - Agregar hojas secas, aserrín o pajas - Disminuir el tamaño de la pila
Centro muy seco	Falta de agua.	- Voltear y humedecer
Temperatura no sube	- La pila es muy chica - Falta material verde - Tiempo frío	- Agregar materiales o aisle los lados. - Agregar cortes recientes de pasto o restos de vegetales o frutas. - Tapar con plástico, cuidar que se permita la aireación a través de hoyos.
Pila muy húmeda	- Excesiva lluvia - Excesivo riego	- Agregar material seco (hojas, aserrín, paja). Revolver
Hay muchas moscas	- Restos de cocina (comida)	- Cubrir los restos de cocina con tierra, compost viejo u hojas secas.

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2009) y Ruiz (2003)

2.3.8. Beneficios del proceso de compostaje

- Acondicionamiento del suelo:

El uso del compost como enmienda orgánica o producto restituidor de materia orgánica en tierras agrícolas o tierras usadas como áreas paisajísticas tiene una gran importancia, debido a que la materia orgánica permite el mejoramiento de las

propiedades del suelo, asegurando la fertilidad y evitando la desertificación.

Tabla 8

Efectos más destacados de la materia orgánica en el suelo.

Propiedades del suelo	Efectos de la materia orgánica
Físicas	<ul style="list-style-type: none">- Aumenta la estabilidad estructural- Reduce la erosión- Aumenta la capacidad de retención hídrica- Da soltura a los arcillosos y cohesión a los arenosos- Facilita el drenaje
Químicas	<ul style="list-style-type: none">- Aumenta el poder tampón- Regula el pH- Mantiene las reservas de nitrógeno- Forma quelatos
Biológicas	<ul style="list-style-type: none">- Favorece la respiración radicular- Regula la actividad microbiana- Mejora la nutrición mineral

Fuente: Negro *et al.* (2000).

2.3.9. Microorganismos benéficos

Los microorganismos benéficos son un consorcio de microorganismos constituidos por: Levaduras, Bacterias ácido lácticas, Bacterias fotosintéticas, Actinomicetos, Bacillus spp. Pseudomonas y otros, que no han sido identificados pero se reconocen sus efectos positivos en la naturaleza (Meza, 2018).

Los microorganismos benéficos varían su presencia de acuerdo a la planta que provienen, están influenciados por las condiciones ambientales de la zona, que es uno de los condicionantes para el éxito de desarrollo microbiano, ya que los

hábitats naturales de los microorganismos son extremadamente diversos (Meza, 2018).

Las partes aéreas de las plantas vivas, incluidas las hojas, los tallos, los brotes, las flores y las frutas, proporcionan un hábitat para los microorganismos denominado filósfera (Alvarez *et al.*, 2018). Según Vorholt (2012), la mayoría de los microorganismos que se encuentran en la filósfera son bacterias, no son patógenas y pertenecen a unos pocos grupos filogenéticos predominantes (Figura 6).

Una de las aplicaciones de los microorganismos benéficos es descomponer la materia orgánica en menos tiempo a través de la vía de la fermentación y no de la putrefacción. Dado que las moscas prefieren esta última para desarrollarse, la utilización de los microorganismos benéficos en el proceso de compostaje permite reducir la población de moscas (Meza, 2018).

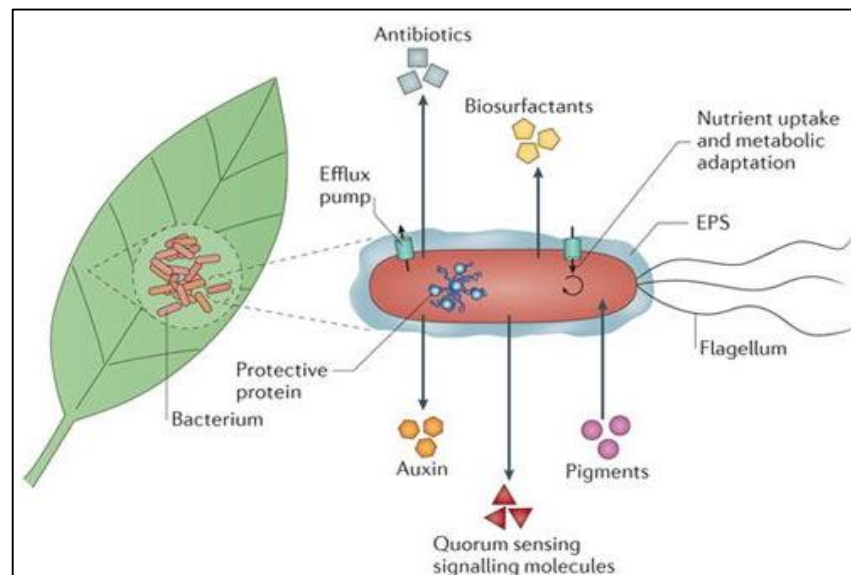


Figura 6. Presencia de microorganismos en la filósfera
Fuente: Vorholt (2012).

2.3.9.1. Bacterias del género *Lactobacillus* spp.

Las bacterias ácido lácticas producen ácido láctico de azúcares y otros carbohidratos.

El ácido láctico es un compuesto esterilizante fuerte que suprime microorganismos dañinos y ayuda a la descomposición de materiales como la lignina y celulosa fermentándolos, removiendo efectos no deseables de la materia orgánica no descompuesta.

2.3.9.2. Bacterias del género *Bacillus* spp.

Las bacterias del género *Bacillus* spp., se caracterizan por ser gram positivas, con forma bacilar, aerobias estrictos o anaerobias facultativas que en condiciones estresantes forman una endosporas central, que deforma la estructura de la célula.

El género *Bacillus* posee una amplia diversidad de propiedades bioquímicas y ejerce un efecto positivo en las plantas, tanto de manera directa como indirecta (De la Mora *et al.*, 2016).

Los beneficios directos se refieren a la capacidad de *Bacillus* para la producción de compuestos fitoestimulantes, la producción de lipopéptidos (biosurfactantes que permiten la solubilización de minerales como el fósforo), la síntesis de fitohormonas (el ácido indol acético) y la síntesis de sideróforos (compuestos quelantes de hierro).

Los beneficios indirectos se refieren a la capacidad de *Bacillus* para la síntesis de compuestos con actividad inhibidora de fitopatógeno (control de hongos patógenos) (De la Mora *et al.*, 2016).

2.3.9.3. Levaduras

Las levaduras sintetizan sustancias antimicrobiales y otras útiles, requeridas por las plantas para su crecimiento a partir de aminoácidos y azúcares que están en la materia orgánica.

Las sustancias bioactivas como las hormonas y las enzimas producidas por las levaduras promueven la división activa celular y radical. Estas secreciones también son sustratos útiles para bacterias ácido lácticas y actinomicetos.

2.3.9.4. Actinomicetos

Los actinomicetos son un extenso grupo de bacterias filamentosas, generalmente gram positivas, aerobias y principales degradadores de la materia orgánica, con capacidad de producir compuestos antimicrobianos, sustancias húmicas, pigmentos y vitaminas (Martin, 1980).

Las enzimas extracelulares como quitinasas y beta-1.3-glucanasas desempeñan una función significativa en la actividad antifúngica y biocontroladora, siendo responsables del micoparasitismo ejercido por ciertas cepas de *Streptomyces* y la supresión de enfermedades de las plantas. (Pérez *et al.*, 2015).

2.4. Definiciones de términos básicos

Aeróbico: Proceso que ocurre en presencia de oxígeno. Para que un compost funcione exitosamente se debe proporcionar suficiente oxígeno para que mantenga el proceso aeróbico.

Acondicionador de suelo: Toda sustancia cuya acción fundamental consiste en el mejoramiento, de por lo menos, una característica física, química o biológica del suelo.

Amonio: Es una forma inorgánica de nitrógeno. Se encuentra reducido y es soluble en la solución del suelo. Se pierde con más facilidad por volatilización.

Atracción de vectores: característica de los compost de atraer roedores, insectos voladores y rastreros, y otros organismos capaces de transportar agentes infecciosos a seres humanos y animales.

Bacterias termófilas: grupo de bacterias que pueden vivir, trabajar y multiplicarse durante el compostaje entre los rangos de temperatura de 40 °C a 70 °C.

Compost: Producto inocuo y libre de efectos fitotóxicos que resulta del proceso de compostaje. Esta constituido principalmente por materia orgánica estabilizada, donde no se reconoce su origen, puesto que se degrada generando partículas más finas y oscuras. Puede ser almacenado, sin alteraciones ni tratamientos posteriores, bajo condiciones ambientales adecuadas.

Compost inmaduro: Materia orgánica que ha pasado por la etapa mesófila y termófila del proceso de compostaje, pero no ha alcanzado las etapas de enfriamiento y maduración requeridas para obtener un compost maduro.

Compost maduro: Compost que ha finalizado todas las etapas del proceso de compostaje.

Compostaje: proceso controlado de transformación biológica aeróbica y termófila de materiales orgánicos biodegradables que da lugar a los tipos de abonos o enmiendas orgánicos.

Enmienda: materia orgánica o inorgánica, capaz de modificar o mejorar las propiedades y característica físicas, químicas o biológicas del suelo...

Enmienda orgánica: enmienda procedente de materiales carbonados de origen vegetal o animal, utilizada fundamentalmente para mantener o aumentar el

contenido en materia orgánica del suelo, mejorar sus propiedades físicas y mejorar también sus propiedades o actividad química o biológica.

Estiércol: todo excremento u orina de animales de granja o aves, con o sin cama, sin transformar o transformado...

Estudio de caracterización de Residuo Sólidos Municipales: Es una herramienta que permite obtener información primaria relacionada a las características de los residuos sólidos municipales, constituidos por residuos domiciliarios y no domiciliarios, como son: la cantidad de residuos, densidad, composición y humedad, en un determinado ámbito geográfico.

Etapas en el proceso de compostaje: Hitos del proceso que se identifican por características específicas propias de cada uno de ellos. De acuerdo a la secuencia en que ocurre el proceso, se reconocen las etapas mesófila, termófila, de enfriamiento y de maduración.

Fertilizante: Producto que, aplicado al suelo o a las plantas, suministra a estas uno o más nutrientes esenciales necesarios para su crecimiento y desarrollo.

Generación per cápita: Es la generación unitaria de residuos sólidos, normalmente se refiere a la generación de residuos sólidos por persona-día.

Humus: fracción orgánica coloidal del suelo, de alta estabilidad frente a cambios en las condiciones ambientales y de manejo.

Inoculante: Concentrado de microorganismos que, aplicado al compost, acelera el proceso de compostaje. Un compost semi-maduro puede funcionar de inoculante.

Nitrato: Es una forma inorgánica del nitrógeno, Se encuentra oxidado y es

soluble en la solución del suelo. Se pierde con más facilidad por lixiviación.

Nutriente: elemento químico esencial para la vida vegetal y el crecimiento de las plantas. Además del carbono (C), el oxígeno (O) y el hidrógeno (H), procedentes especialmente del aire y del agua, los elementos nutrientes se clasifican en: nutrientes principales, nutrientes secundarios y micronutrientes.

Nutriente principal: Exclusivamente los elementos Nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K).

Nutriente secundario: Los elementos Calcio (Ca), magnesio (Mg), Sodio (Na) y azufre (S).

Macro organismos: Organismos vivos que pueden ser observados a simple vista (arañas, lombrices, roedores, hormigas, escarabajos.). También se denomina meso-fauna.

Micronutriente: Los elementos Boro (B), cobalto (Co), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo) y zinc (Zn), esenciales para el crecimiento de las plantas, aunque en pequeñas cantidades si se compara con los nutrientes principales o secundarios.

Microorganismos: Organismos vivos microscópicos (hongos, incluyendo levaduras, bacterias incluyendo actinobacterias, protozoos como nematodos, etc.).

Mineralización: transformación de la materia orgánica mediante la acción de microorganismos y la liberación de formas inorgánicas esenciales para el desarrollo de las plantas.

Patógeno: Microorganismo capaz de producir una enfermedad. Puede ser fitopatógeno, cuando la enfermedad se produce en plantas, o patógenos humanos o animales.

Planta de compostaje: Establecimiento en el que se efectúa el proceso de compostaje. Su ubicación, diseño y operación están sujetos al cumplimiento de condiciones sanitarias y ambientales básicas establecidas por las autoridades sectoriales y locales competentes.

Residuos domiciliarios: Residuos generados en las actividades domésticas realizadas en los domicilios, constituidos por restos de alimentos, periódicos, revistas, botellas, embalajes, en general, latas, cartón, pañales desechables, restos de aseo personal y otros similares.

Residuos inorgánicos: Son aquellos residuos que no pueden ser degradados o desdoblados naturalmente, o bien si esto es posible sufren una descomposición demasiado lenta. Estos residuos provienen de minerales y productos sintéticos.

Residuos orgánicos: Se refiere a los residuos biodegradables o sujetos a descomposición. Pueden generarse tanto en el ámbito de gestión municipal como en el ámbito de gestión no municipal.

Residuos Sólidos: Son aquellas sustancias, productos o sub productos, en estado sólido o semisólido de los que su generador dispone, o de los riesgos que causan a la salud y el ambiente, para ser mejorados a través de un sistema que incluya, según corresponda, las siguientes operaciones o procesos: minimización de residuos, segregación en la fuente, reaprovechamiento, almacenamiento, recolección, comercialización, transporte, tratamiento y transferencia y disposición final.

Segregación: Término que comúnmente se usa para describir las actividades de selección y separación de las distintas fracciones de materiales reciclables presentes en los residuos sólidos.

CAPITULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

3.1. Modelo de solución propuesto

3.1.1. Etapas para la elaboración del estudio de caracterización de los residuos sólidos domiciliarios del AA. HH. Villa Alejandro etapa III, distrito de Lurín.

3.1.1.1. *Etapas de planificación*

Se realizó un trabajo de gabinete, planificando estrategias para un mejor desempeño del estudio de caracterización de los residuos sólidos domiciliarios, reduciendo los costos de imprevistos que se podían generar.

- El equipo de planificación

Se conformó un equipo de planificación la cual brindo la siguiente información: plano catastral del AA.HH. Villa Alejandro etapa III, base de datos de previos actualizado, condiciones de sectorización y base de datos de las personas que conforman el equipo de campo (Figura 7).

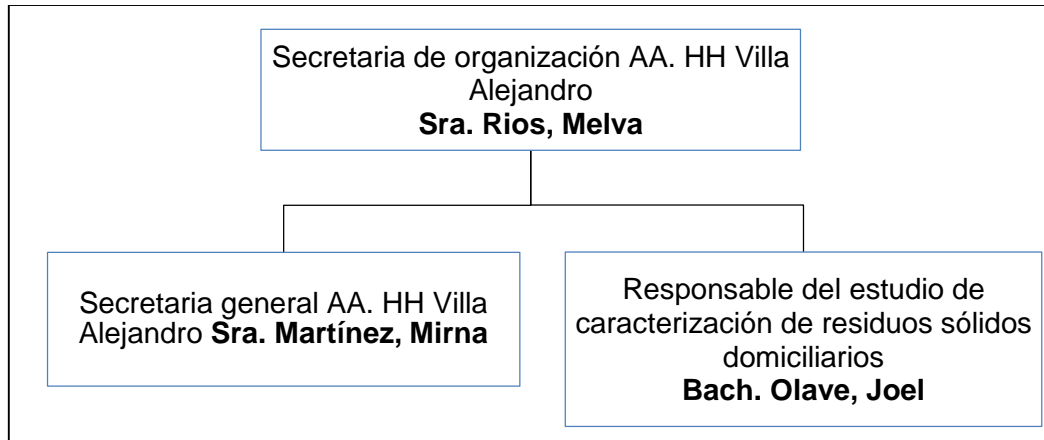


Figura 7. Organigrama del equipo de planificación
Fuente: Elaboración propia

- El equipo de campo

Se conformó el equipo de campo, el cual realizó la invitación formal del estudio de caracterización a los vecinos del AA.HH. Villa Alejandro y cuya tarea fue el recojo, transporte, almacenamiento de los residuos sólidos (Figura 8).

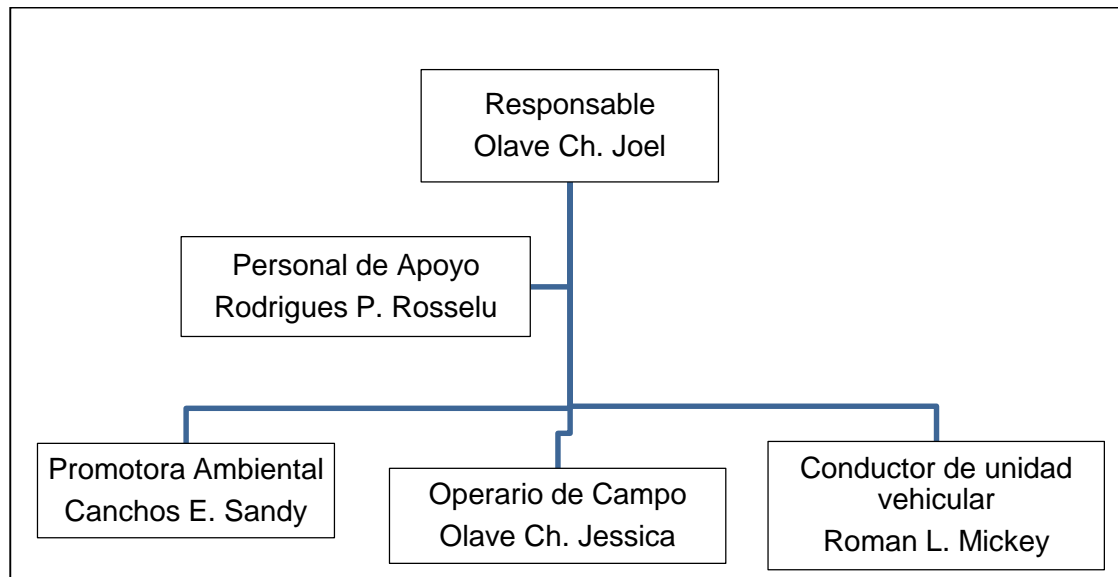


Figura 8. Organigrama del equipo de campo
Fuente: Elaboración propia

- **Espacio físico**

Se habilitó un espacio físico de 60 m² para el acopio de las muestras, donde se realizó el pesaje, determinación de volumen y clasificación de los residuos sólidos, con el fin de obtener los datos técnicos conforme a la metodología del estudio.

- **Unidad para la recolección y transporte de residuos sólidos**

Para la recolección y transporte de los residuos sólidos generados en el asentamiento humano Villa Alejandro, se utilizó un triciclo como unidad vehicular, la cual tenía capacidad de carga, conforme al volumen generado por todas las muestras de los residuos sólidos recolectados (Figura 9).



Figura 9. Vehículo de recolección y transporte de residuos sólidos
Fuente: Elaboración propia

- **Logística para la capacitación del equipo de campo**

Para lograr el desarrollo adecuado del estudio de caracterización de residuos sólidos, se realizó una capacitación dirigida al equipo de campo (Figura 10). Para el desarrollo de la capacitación se consideró lo siguiente:

- Ambiente adecuado
- Computadora
- Sillas
- Presentación didáctica en Power Point
- Materiales de trabajo (fichas de encuestas, balde de segregación, bolsas de colores, fotocheck).



Figura 10. Desarrollo de capacitación al personal de campo
Fuente: Elaboración propia

3.1.1.2. Etapa de trabajo de campo y operaciones

- Invitación para la participación en el estudio

La invitación a los vecinos del asentamiento humano Villa Alejandro etapa III para su participación en el estudio de caracterización de los residuos sólidos, se realizó personalmente y mediante una carta de invitación, la cual especificaba en qué consistía el estudio y su duración (Figura 11).



Figura 11. Participación de los vecinos del AA.HH. Villa Alejandro
Fuente: Elaboración propia

- **Asignación de muestras**

En función al total de las muestras, se conformaron dos grupos para la recolección de las muestras, con el objetivo de reducir el tiempo de recojo y familiarizar al vecino con su respectivo promotor ambiental.

- **Registro de los participantes del estudio**

Se registró a cada vecino del AA.HH. Villa Alejandro etapa III en un padrón de datos, el cual contenía la siguiente información: nombre de la persona que participará activamente en el estudio, su número de DNI, la dirección, el número de habitantes y su firma (Figura 12).



Figura 12. Registro de los participantes del estudio

Fuente: Elaboración propia

- Procedimiento para el manejo de las muestras

a) Recolección

Se recolectaron las muestras debidamente codificada y segregadas en la fuente, de las viviendas se obtuvieron 3 bolsas con residuos diferenciados, en la bolsa verde para residuos orgánicos, bolsa negra para residuos inorgánicos y bolsa roja para residuos sanitarios (Figura 13).



Figura 13. Recolección de las muestras.

Fuente: Elaboración propia

b) Traslado

Se colocaron todas las muestras a la unidad vehicular, encargada de transportar las muestras desde su generación hasta su descarga en el área de trabajo designado.

c) Descarga

Se descargaron todas las muestras de la unidad vehicular y se agruparon por el tipo de residuos que contenían (Figura 14 y 15).



Figura 14. Descarga de las muestras
Fuente: Elaboración propia



Figura 15. Agrupación de las muestras
Fuente: Elaboración propia

d) Pesaje

Se realizó el pesaje de todas las muestras codificadas y se corroboró el número de bolsas y registros obtenidos (Figura 16).



Figura 16. Pesaje de las muestras
Fuente: Elaboración propia

3.1.1.3. Etapa de análisis de información.

- Estimación de generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios.

Para estimar la generación per cápita de los residuos sólidos domiciliarios generados en el AA.HH. Villa Alejandro etapa III, se realizó el siguiente procedimiento.

- Se elaboró una matriz de datos, considerando el número de vivienda, código, N° de habitantes, generación de cada día en kg y la generación per cápita.
- Se verificó que en la matriz de datos no se encuentren ceros como datos, si no se recogen las muestras se deja en blanco.
- Se consideró el cálculo de la GPC a partir del día 1.
- Se obtuvo el promedio final o GPC domiciliaria, promediando todas las GPC de cada vivienda.

- **Estimación de la composición de residuos sólidos.**

Para determinar la composición de los residuos sólidos domiciliarios generados en el AA.HH. Villa Alejandro etapa III, se realizó el siguiente procedimiento.

- Se aseguró la disponibilidad y uso de equipos de protección personal.
- Se verificó que las bolsas se encuentren codificadas y separadas de acuerdo al tipo de generador y fuentes de generación de donde provienen.
- Se vertió el contenido de las bolsas en la manta de segregación dispersándolos de manera homogénea.
- Se dividió la muestra sucesivamente en 04 partes iguales, hasta tener montículos de muestra de no menos de 50 kg.
- Se separó por tipo de residuo sólido de acuerdo a lo señalado en la matriz de la tabla. (ficha de registro de pesos).
- Se pesó cada una de las bolsas que contienen los residuos segregados y registrar los datos en la ficha de registros de pesos (Figura 17).



Figura 17. Pesaje de latas
Fuente: Elaboración propia

- **Estimación del volumen de residuos sólidos.**

Para determinar el volumen de los residuos sólidos domiciliarios generados en AA.HH. villa Alejandro etapa III, se realizó el siguiente procedimiento.

- Se verificó la cantidad de bolsas y los pesos anotados.
- Se utilizó un tacho plástico de aproximadamente 200L con lados homogéneos y se tomó las medidas de su área y altura.
- Se colocó el contenido de las bolsas en un tacho plástico y se dejó un espacio libre 10 cm de altura para facilitar la manipulación del tacho.
- Se levantó el tacho hasta aproximadamente 10 a 15 cm de altura y se dejó caer, se repitió esta acción tres veces.
- Se midió la altura libre del cilindro (Figura 18 y 19)
- Se tomó nota de los datos de altura y los pesos de las bolsas en la hoja de registro.
- Se repitió el procedimiento con las bolsas seleccionadas restantes.



Figura 18. Medición de la altura libre en residuos de baño.
Fuente: Elaboración propia



Figura 19. Medición de la altura libre en residuos de cocina.
Fuente: Elaboración propia.

Cálculo:

$$V_r = A \times (H_f - H_o)$$

Donde:

A: Área del recipiente plástico o metálico (m²).

H_f: Altura total del cilindro (m).

H_o: Altura libre del cilindro (m)

- Estimación de la densidad y densidad promedio sin compactar de residuos sólidos

Para determinar la densidad de los residuos sólidos domiciliarios generados en el AA.HH. Villa Alejandro etapa III, se realizó el siguiente procedimiento.

- Se divide el peso de los residuos sólidos generados del día con el volumen que generan dichos residuos sólidos (repetir este procedimiento los ocho días que dura el estudio de caracterización).
- Consignar los datos en un cuadro de resultados.

Cálculo:

$$S = \frac{W}{V_r}$$

Donde:

S: Densidad de los residuos sólidos (kg/ m³).

W: Peso de los residuos sólidos (kg).

V_r: Volumen del residuo sólido (m³).

Para determinar la densidad promedio de los residuos sólidos domiciliarios generados en el AA. HH. Villa Alejandro etapa III, se realizó el siguiente procedimiento.

- Se promedian las densidades calculadas anteriormente (cada día presento una densidad distinta a las demás).
- Las densidades calculadas tienen que estar en kilogramo por metro cubico.

Cálculo

$$S_p = \frac{S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 + S_6 + S_7}{7}$$

Donde:

S_p : Densidad promedio (kg/m^3).

S_x : Densidad de día x (kg/m^3)

- Estimación de la humedad de los residuos sólidos.

Para determinar la humedad de los residuos sólidos domiciliarios generados en el AA. HH. Villa Alejandro etapa III, se realiza el siguiente procedimiento.

- Se consideró el peso total de residuos orgánicos e inorgánicos correspondiente a todas las muestras recolectadas del día.
- Se calculó la fracción porcentual que representan los residuos sólidos orgánicos.
- Se tomó una muestra representativa utilizando el método de cuarteo según la Norma Mexicana NMX-AA-15-1985 (Figura 20).
- Se determinó la humedad de los residuos sólidos de origen orgánico, utilizando el método gravimétrico indirecto por desecación en estufa según la Norma Mexicana-AA-016-1984.
- Se completó los cálculos y se determinó la humedad en base al total de residuos sólidos orgánicos.



Figura 20. Toma de muestra de residuos orgánicos por método de cuarteo
Fuente: Elaboración propia

Cálculo:

$$r (\%) = \frac{A}{(A + B)}$$

$$H_t = H \times r$$

Donde:

A: Peso de residuos sólidos orgánicos (kg).

B: Peso de residuos sólidos inorgánicos (kg).

r: Fracción de residuos orgánicos (%).

H: Humedad de residuos sólidos determinados en el laboratorio (%).

H_t: Humedad en base al peso total de residuos sólidos de A + B (%).

a) Método para determinación de la humedad de los residuos sólidos orgánicos.

Aparatos y Equipo

- Balanza analítica con sensibilidad de 0.001g
- Estufa con temperatura (150°C) con sensibilidad (1.5°C) capaz de mantener una temperatura constante
- Cajas de aluminio con tapa de 250 cm³
- Guantes de cuero
- Desecador con deshidratante
- Equipo usual de laboratorio

Procedimiento

- Se colocó la caja abierta y su tapa en la estufa a 120 °C durante dos horas, transcurrido ese tiempo, se tapó la caja dentro de la estufa, e inmediatamente se pasó al desecador durante dos horas como mínimo o hasta obtener peso contante.
- Se vertió la muestra sin compactar hasta un 50% del volumen de la caja.
- Se pesó la caja cerrada con la muestra y se introduce destapa a la estufa a 60°C durante 2 horas, se deja enfriar y se pesa nuevamente. Se repitió esta operación las veces que sean necesarias hasta la obtención de un peso constante (Se consideró peso constante cuando entre dos pesadas consecutivas la diferencia es menor al 0.01%).

Cálculo

$$H = \frac{G - G_1}{G} \times 100$$

Donde:

H: Humedad (%).

G: Peso de la muestra húmeda (g).

G₁: Peso de la muestra seca (g).

3.1.2. Procedimiento para la elaboración de la pila de compostaje

3.1.2.1. Selección del sistema de compostaje

Se optó por el sistema de compostaje en pilas por volteo debido a su simple manejo, pero que presenta una serie de limitaciones como el volteo cada cierto periodo, un área donde se pueda mover la pila para su volteo y un control de desinfección estricto.

El método de Pila aireada con volteo es una forma de este sistema, este método simple y versátil donde la materia orgánica es puesta en largas pilas y son físicamente volteadas de manera regular.

3.1.2.2. Armado de la pila de compostaje

El armado de la pila de compostaje fue de la siguiente manera:

- Se colocó una manta de plástico para evitar el derrame de lixiviados generados al momento de regar la pila.
- Se mezcló homogéneamente los residuos sólidos domiciliarios de origen orgánico con estiércol vacuno y hojarasca (tabla 9), conformando una pila de 1.30 m de ancho por 65 cm de altura y 1.2 m de largo (Figura 21).

Tabla 9
Composición de materiales de partida para el compostaje

Materiales de partida	Cantidad
Residuos sólidos domiciliarios de origen orgánico	490 kg ⁽¹⁾
Residuos de plantas (hojarasca)	60 kg ⁽²⁾
Estiércol vacuno	350 kg ⁽³⁾

⁽¹⁾ Se utilizaron 14 tachos de capacidad 35 kg de (RSDO)

⁽²⁾ Se utilizaron 6 bolsas de capacidad de 10kg de hojarasca

⁽³⁾ Se utilizaron 14 sacos de capacidad 25 kg de estiércol

Fuente: Elaboración propia



Figura 21. Armado de la pila de compostaje

Fuente: Elaboración propia

3.1.2.3. Volteo y riego

El volteo se hizo una vez a la semana, realizando un total de 8 volteos durante todo el proceso de compostaje, durante el volteo se aprovechaba para agregar una solución madre microorganismos benéficos diluida al 20%, para acelerar la descomposición de la materia orgánica (Figura 22).



Figura 22. Aplicación de microorganismos benéficos

Fuente: Elaboración propia

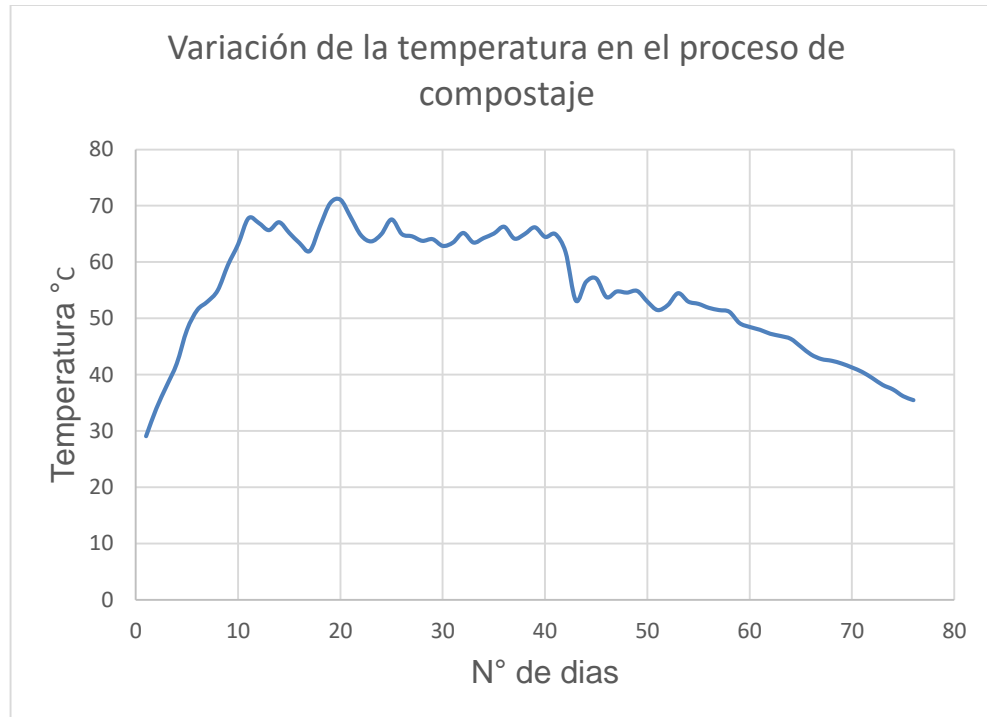
3.1.2.4. Evaluaciones durante el proceso de compostaje

Los controles que se realizaron a la pila de compostaje fueron: la determinación del porcentaje de humedad, la cual se determinó con el método del puño, la medición de la temperatura a través de un termómetro, la aireación por el volteo manual de la pila del compostaje y medición de pH a través de medición con un pHmetro (Figura 23).



Figura 23. Medición de la temperatura
Fuente: Elaboración propia.

El control de la temperatura es vital para un proceso de compostaje, porque nos refleja en qué etapa del proceso se encuentra nuestra pila, además que es un parámetro importante para garantizar la higienización del compost.



Gráfica 1. Control de la temperatura durante el proceso de compostaje
Fuente: Elaboración propia

3.1.3. Descripción de los métodos empleados para la medición de los parámetros físico-químicos y biológicos del compost.

3.1.3.1. Método para determinación de Sólidos Totales y Agua

Se realizó el método gravimétrico indirecto por desecación en estufa a $70 \pm 5^\circ\text{C}$ hasta masa constante, para determinar la cantidad de sólidos totales y el porcentaje de agua, presentes en una muestra de compost. Este método es aplicable a todos los tipos de compost y materias primas de compost.

Materiales y Equipo

- Balanza con una capacidad de 100 g y una exactitud de 0.001g.
- Vaso o cápsula de vidrio de 150 mL de capacidad.
- Estufa con circulación de aire capaz de mantener una temperatura de $70 \pm 5^\circ\text{C}$.
- Desecador con vacío con un agente secante activo.

Procedimiento

- Se pesó una alícuota de 50 cm³ de muestra preparada en un vaso beaker.
- Se secó la muestra a 70 ± 5°C en una estufa con aire forzado, hasta masa constante.
- Se colocó en un desecador y se dejó enfriar a temperatura ambiente durante 30 minutos.
- Se sacó del desecador y se pesó inmediatamente con exactitud de 0.001 g.

Cálculo

Se calculó el contenido de sólidos totales, expresado en base a muestra húmeda, según:

$$ST = \frac{b}{a} \times 100$$

Donde:

ST: Contenido de sólidos totales, en base a muestra húmeda (%).

a: Masa de muestra húmeda (g).

b: Masa de muestra seca a 70 ±5 °C (g).

Se calculó el contenido de agua, expresado en porcentaje en base a muestras húmedas, según:

$$\text{Agua (\%)} = \frac{a - b}{a} \times 100$$

Donde:

Agua: Contenido de agua en base a muestra húmeda (%).

a: Masa de muestra húmeda (g).

b: Masa de muestra seca a 70 ±5 °C (g).

3.1.3.2. Método para determinación de pH

Para este método se preparó una solución 1:5 de compost/ agua destilada y se realizó la medición directamente. Este método es aplicable para todo tipo de compost.

Materiales y Equipo

- Medidor de pH con ajuste de pendiente y control de temperatura
- Agitador reciproco
- Frascos agitables con tapa, de vidrio o plástico, de 250 ml.
- Baguetas de plástico
- Soluciones tampones de pH 7,00 y 10,0.
- Agua destilada

Procedimiento

- Se secó la muestra de compost humedad y se tamizo < 16 mm, a $70 \pm 5^{\circ}\text{C}$ en una estufa con aire forzado, hasta masa constante. (Como se indica en el Método ST y agua)
- Se calculó la masa del compost húmedo y tamizado < 16 mm que se requiere para la solución 1:5, reemplazando el valor de sólidos totales en la ecuación 1.
- Se calculó la cantidad de agua destilada que se requiere para la solución 1:5, reemplazando el valor de sólidos totales en la ecuación 2.
- Se colocó la cantidad de compost húmedo y tamizado < 16 mm y el volumen de agua calculado en un frasco de vidrio con tapa de 250 mL.
- Se colocó el frasco en el agitador magnético por 20 min a 180 golpes por minuto. Se mantuvo la temperatura entre 20 - 23°C.
- Se calibro el medidor de pH usando las soluciones tampones.
- Se destapo el frasco y se mezcló con una bagueta
- Se introdujo el electrodo en el frasco y se procedió a realizar la lectura del pH.
- Se agito suavemente el frasco sin levantarlo hasta obtener un valor de pH estable.

Cálculo

Ecuación 1

$$A = \frac{40}{ST} \times 100$$

Donde:

A: Masa de muestra húmeda y tamizada <16mm (g).

ST: Sólidos totales en base a muestra húmeda (%).

Ecuación 2

$$B = 200 - (A - 40)$$

Donde:

B: Volumen de agua destilada.

A: Masa de la muestra húmeda y tamizada <16mm (g).

3.1.3.3. Método para determinación de Conductividad Eléctrica

Para este método se preparó previamente una solución 1:5, y con una bomba de vacío se obtuvo un extracto la cual se midió la conductividad eléctrica.

Materiales y Equipo

- Papel filtro
- Embudo de vidrio
- Frascos agitables con tapa de 250mL.
- Agitador magnético
- Bomba de vacío
- Matraz Kitasato
- Conductímetro con exactitud de al menos 0.01 dS/m.

Procedimiento

- Se calculó la masa del compost húmedo y tamizado < 16 mm y la cantidad de agua destilada que se requiere para la solución 1:5. (como se indica en el Método de pH).
- Se colocó la cantidad de compost húmedo y tamizado < 16 mm y el volumen de agua calculado en un frasco de vidrio con tapa de 250 mL.
- Se colocó el frasco en el agitador magnético por 20 min a 180 golpes por minuto. Se mantuvo la temperatura entre 20 - 23°C.
- Se usó extracción al vacío para obtener el extracto.
- Se midió la conductividad eléctrica del extracto 1:5

3.1.3.4. Método para determinación de materia orgánica

Materiales y Equipo

- Pinzas de laboratorio
- Balanza con una capacidad de 100g y una exactitud de 0.001 g.
- Crisoles de cerámica libre de carbono de 25 – 50 mL de capacidad.
- Vasos de vidrio de 150 ml de capacidad.
- Estufa con circulación de aire capaz de mantener una temperatura de $70 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Desecador con vacío con un agente secante activo
- Mufla
- Mortero de porcelana
- Balanza con una capacidad de 100g y una exactitud de 0.001 g.

Reactivos

- Ácido clorhídrico, HCl, 0.05 mol/L.
- Diluir 4 mL de HCl 37% o 5 mL de HCl 32% con agua y llevar a 1L

Procedimiento

- Se pesó, en un crisol 10 g de muestra seca a 36 °C y tamizada < 16 mm, libre de inertes y molida.
- Se agregó HCl 0.05 mol/L para eliminar carbonatos, hasta el cese de burbujeos.
- Se secó a $70 \pm 5^\circ\text{C}$ hasta masa constante. Se registró la masa de la muestra seca.
- Se colocó en la mufla y se subió lentamente la temperatura a 550 °C, se mantuvo la temperatura durante dos horas y luego se disminuyó lentamente la temperatura hasta los 200 °C.
- Se sacó de la mufla, se colocó en el desecador y se dejó enfriar hasta temperatura ambiente.
- Se pesó y se registró la masa con una exactitud de 0.001 g.

Cálculo de materia orgánica y ceniza

$$\text{Materia Orgánica (\%)} = \frac{a - b}{a} \times 100$$

$$\text{Ceniza (\%)} = \frac{b}{a} \times 100$$

Donde:

a: Masa de la muestra seca, antes de la calcinación (g).

b: Masa de la muestra calcinada (g).

3.1.3.5. Método para determinación de carbono orgánico a partir de la materia orgánica

Se realizó este método considerando que la materia orgánica del compost tiene, en promedio, un 56% de carbono. Este método alternativo es aplicable a todos los tipos de compost.

Procedimiento

- Se determinó la concentración de materia orgánica de la muestra, expresada en porcentaje en base seca a $70 \pm 5^{\circ}\text{C}$ (según método de materia orgánica).

Cálculos

$$\text{Carbono Orgánico (\%)} = \frac{\text{MO}}{1.8}$$

Donde:

MO: Concentración de materia orgánica (%).

3.1.4. Método para la obtención y generación de microorganismos benéficos.

3.1.4.1. Selección de los microorganismos benéficos

Procedimiento

- Se recolectaron muestras de las siguientes plantas: Altamisa (*Artemisia vulgaris*), Ruda (*Ruta graveolens L.*), café (*Coffea arabica L.*) y romero (*Rosmarinus officinalis*), evitando el contacto directo entre ellas.
- Se identificaron y codificaron cada una de las muestras (Tabla 10).
- Se envolvieron en papel periódico seco y se colocaron en bolsas plásticas herméticas.

Tabla 10
Código de las muestras vegetales

Muestra	Nombre Común	Nombre Científico
M-1	Altamisa	Artemisia vulgaris
M-2	Ruda	Ruta graveolens L.
M-3	Café	Coffea arabica L.
M-4	Romero	Rosmarinus officinalis

Fuente: Alvarez, M. (2018)

3.1.4.2. Preparación de Cultivo Madre

Para la obtención de microorganismos benéficos a partir de muestras vegetales, en primer lugar, se preparó la Solución Madre; y se cumplió una serie ordenada de procedimientos a nivel de laboratorio (Meza, 2018).

Materiales y equipo

- Balanza analítica
- Vaso Beaker
- Bolsa Ziplot
- Placas Petri

Procedimiento

- Se codificó e identificó cada una de las muestras vegetales.
- Se seccionó cuidadosamente cada muestra vegetal en porciones más pequeñas.
- Se registró su peso y se colocó en bolsa ziplot que contenía sal, hígado, melaza y agua en proporciones que se especifican en la tabla 11.

Tabla 11

Ingredientes y cantidades necesarias para preparar la solución madre de MOBS

Descripción	Cantidad
Muestra vegetal	50g
Agua	50 cc
Hígado	10 g
sal	5 g
Melaza	20 cc

Fuente: Meza (2018).

3.1.4.3. Generación de microorganismos benéficos (MOBS)

La primera actividad previa a la generación de microorganismo benéficos consistió en un medio con agua, hígado, sal y melaza (Meza, 2018), en proporciones que se especifican en la tabla 11.

Materiales y Equipo

- Espátula de laboratorio
- Agua destilada
- Vaso Beaker de 100ml
- Botellas de plástico de 500ml
- Balanza analítica
- Autoclave
- pHmetro

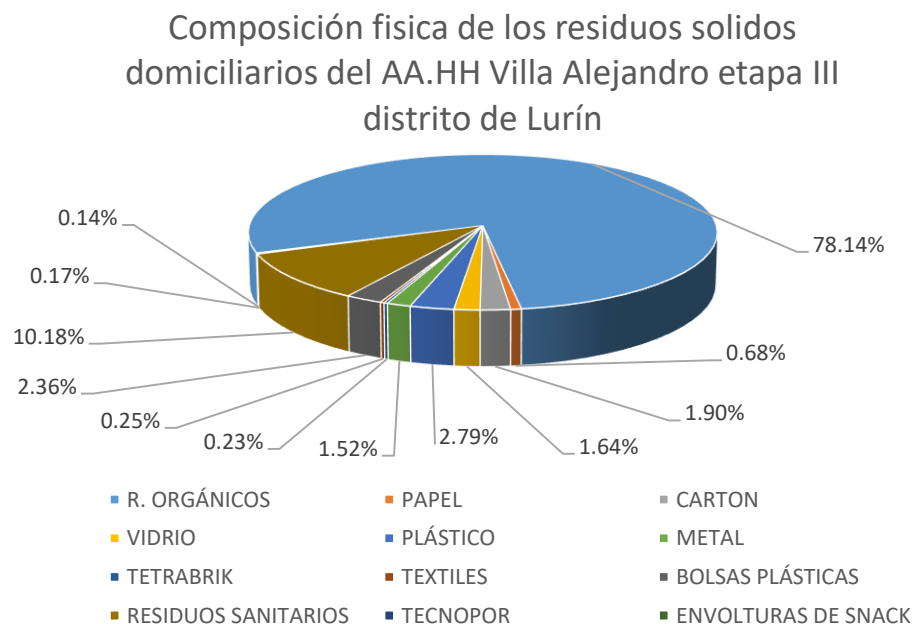
Procedimiento

- Se utilizaron 4 botellas plásticas de 500ml, como recipientes para la producción de microorganismos benéficos.
- Se preparó una solución con 400 ml de agua pura (libre de cloro), 40 g de hígado cocinado, 4 g sal y 40 ml de melaza.

- Se esterilizo el contenido en una autoclave durante 15 minutos a 121°C y una atmosfera de presión, luego se dejó enfriar a condiciones ambientales.
- Se extrajo de las bolsas plásticas, 40 ml de solución madre y se adicionó
- en cada uno de las botellas de acuerdo al tratamiento pertinente.
- Se homogenizo la mezcla y se dejó reposar por un lapso de diez días en condiciones ambientales sin incidencia directa del sol.
- Se registró el pH de cada una de las botellas, después de ocho días de iniciada la activación de los microorganismos benéficos.
- Se observaron capas blanquecinas en la parte superior de la solución, evidencia perceptible de comunidades microbianas benéficas.

3.2. Resultados

3.2.1. Resultados de la caracterización de los residuos sólidos domiciliarios del AA.HH Villa Alejandro etapa III distrito de Lurín.



Gráfica 2. Composición física de los residuos sólidos domiciliarios del AA.HH Villa Alejandro etapa III distrito de Lurín

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12

Resultados de la Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios AA.HH Villa Alejandro Etapa III distrito de Lurín

Generación per cápita	Cantidad Promedio (RSD)	Volumen promedio	Densidad promedio	% de humedad (RSD)	% de humedad (RSDO)
0.37 kg/hab./día*	362 kg	1.72 m ³	202.1 kg/m ³	48.8	62.64

RSD: Residuos sólidos domiciliarios

RSDO: Residuos sólidos domiciliarios de origen orgánico

Fuente: Elaboración propia

3.2.2. Resultados de análisis físico, químico y microbiológico del compost

Tabla 13

Resultados de Humedad, Cenizas, Materia orgánica, Relación C/N y tamaño de partícula.

Parámetro	Resultados obtenidos	Parámetros a garantizar			
		NCh2880.Of2004		Norma Técnica Peruana NTP 311.557:2013	Real Decreto 506/2013
		Tolerancia A	Tolerancia B		
Humedad (%)	49.05	30 a 45%		Humedad (%) + cenizas	30 a 40 %
Cenizas (%)	12.74	—		(%) + pérdida de	
M.O (%)	38.21	45 ≤	25 ≤	volatilización (%) = 100%	35% <
C/N	12	10 a 25	10 a 40		<20
Tamaño de partícula	<16mm	≤ 15mm		—	< 25 mm

Fuente: Boletín Oficial del Estado (2013), Instituto Nacional de Normalización (2004), Norma Técnica Peruana NTP 311.557 (2013) y Elaboración propia

Tabla 14*Resultados de potencial de hidrógeno y conductividad eléctrica*

Parámetro	Resultado obtenido 22/03/19	Resultado obtenido 30/04/19	Parámetros a garantizar			
			NCh2880.Of2004		Norma Técnica Peruana NTP 311.557:2013	Real Decreto 506/2013
			Tolerancia A	Tolerancia B		
pH	8.50	8.33	5<pH<7.5		4<pH<9	—
C.E dS/cm	16.75	19.52	≤ 5	5< C.E <12	N.A	—

Fuente: Instituto Nacional de Normalización (2004), Norma Técnica Peruana NTP 311.557 (2013) y Elaboración propia

Tabla 15*Resultados de Nitrógeno (N), Potasio (K₂O) y Fósforo (P₂O₅)*

Nutriente	22/03/19	30/04/19	Contenido mínimo de nutrientes (% en masa)		
			NCh2880.Of2004 Tolerancia	Norma Técnica Peruana NTP 311.557:2013	Real Decreto 506/2013
N (%)	1.79	2.26	0.5 ≤	N + K ₂ O + P ₂ O ₅ < 3%	N + K ₂ O + P ₂ O ₅ : 4%
K ₂ O (%)	2.61	2.40	—		
P ₂ O ₅ (%)	1.81	2.40	—		

Cada nutriente debe ser al menos un 1%

Fuente: Boletín Oficial del Estado (2013), Instituto Nacional de Normalización (2004), Norma Técnica Peruana NTP 311.557 (2013) y Elaboración propia

Tabla 16*Resultados de Coliformes totales*

Tipo de microorganismo	Enumeración de Coliformes totales (NMP/g)	Límites máximos de microorganismos		
		NCh2880.Of2004 Tolerancia	Norma Técnica Peruana NTP 311.557:2013	Real Decreto 506/2013
Coliformes totales	15	—	< 1000 NMP o UFC/g o ML	—

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 311.557 (2013) y Elaboración propia

Tabla 17*Resultados de Coliformes fecales*

Tipo de microorganismo	Enumeración de Coliformes fecales (NMP/g)	Límites máximos de microorganismos		
		NCh2880.Of2004 Tolerancia	Norma Técnica Peruana NTP 311.557:2013	Real Decreto 506/2013
Coliformes fecales	4	< a 1000 NMP/g de compost, en base seca	—	< 1000 NMP/g de producto elaborado*

* *Escherichia Coli* pertenece a los Coliformes fecales

Fuente: Boletín Oficial del Estado (2013), Instituto Nacional de Normalización (2004) y Elaboración propia

Tabla 18*Resultados de Salmonella sp.*

Tipo de microorganismo	Detección de Salmonella sp.	Límites máximos de microorganismos		
		NCh2880.Of2004 Tolerancia	Norma Técnica Peruana NTP 311.557:2013	Real Decreto 506/2013
Salmonella sp.	Ausente en 25 g	Ausencia	Ausente en 25 g	Ausente en 25 g de producto elaborado

Fuente: Boletín Oficial del Estado (2013), Instituto Nacional de Normalización (2004), Norma Técnica Peruana NTP 311.557 (2013) y Elaboración propia

Tabla 19*Resultados de huevos de helmintos*

Tipo de microorganismo	Conteo de huevos de helmintos	Límites máximos de microorganismos		
		NCh2880.Of2004 Tolerancia	Norma Técnica Peruana NTP 311.557:2013	Real Decreto 506/2013
Huevos de helmintos	Ausencia	Ausencia ^(*)	< 1 a 4g de muestra (base seca)	—

^(*) Si se verifica que la temperatura del compost es mayor a 55 °C por un periodo de, al menos, tres días consecutivos conseguidos antes de un volteo

Fuente: Instituto Nacional de Normalización (2004), Norma Técnica Peruana NTP 311.557 (2013) y Elaboración propia

Tabla 20*Resultados de metales pesados*

Metal pesado	Concentraciones de metales pesados en mg/kg de compost	Límites máximos de metales pesados (mg/kg)						
		NCh2880.Of2004			Norma Técnica Peruana	Real Decreto 506/2013		
		(*)	A	B	NTP 311.557:2013	A	B	C
Arsénico	2.86	10	15	20	41	—	—	—
Cadmio	0.06	1	2	8	39	0.7	2	3
Cobre	5.42	50	100	1000	—	70	300	400
Mercurio	1.97	1	1	4	17	0.4	1.5	2.5
Níquel	0.05	10	20	80	420	25	90	100
Plomo	1.20	50	100	300	300	45	150	200
Zinc	40.67	60	200	2000	—	200	500	1000

NCh2880.Of2004. En esta norma existen dos clases de compost: clase A y clase B

(*). Concentraciones máximas de metales pesados en compost para la agricultura orgánica.

Real Decreto 506/2013. En esta norma existen tres clases de compost: clase A, clase B y clase C.

Fuente: Boletín Oficial del Estado (2013), Instituto Nacional de Normalización (2004), Norma Técnica Peruana NTP 311.557 (2013) y Elaboración propia

CONCLUSIONES

1. La técnica de compostaje con volteo mecánico, permitió reducir la cantidad y volumen de residuos sólidos domiciliarios de origen orgánico, transformándolos a través de la utilización de microorganismos benéficos en productos más estables, higienizados y beneficiosos para la planta como es el compost.

2. La generación per cápita 0.37 kg/hab/día, 362 kg residuos sólidos por día, volumen de residuos sólidos 1.72 m³ por día, densidad promedio 202.1 kg/m³ y la humedad de los residuos sólidos es de 48.8%. De acuerdo a la composición física de los residuos sólidos domiciliarios del AA.HH Villa Alejandro etapa III distrito de Lurín se obtuvo lo siguiente: 78.14% lo conformaron los residuos orgánicos (residuos de cocina), 10.18% de residuos sanitarios, 2.79% de plástico (PET, PEAD.PEDB, PP y PS), 2.36% bolsas de un solo uso, 1.90% cartón, 1.64 % vidrio, 1.52% metal, 0.68% papel, 0.25% textiles, 0.23% tetrapack, 0.17% tecnopor y 0.14% envolturas de snack. Siendo los residuos sólidos domiciliarios de origen orgánico los de mayor porcentaje a comparación de los demás residuos, estos residuos representan una importante cantidad de materia prima, la cual se puede reaprovechar mediante la técnica de compostaje.

3. Un eficiente control de la temperatura en el proceso de compostaje permitió higienizar el compost correctamente, esto se puede evidenciar por la escasa presencia de microorganismos patógenos como son los Coliformes fecales, Coliformes totales, salmonella sp., y huevos de helmintos; y la estabilidad del compost se evidencio a través de la etapa de maduración del compost, donde ya no hay actividad microbiana que genere calor.

4. De acuerdo a los valores nutricionales $N (\%) + K_2O (\%) + P_2O_5 (\%)$ del compost, límites máximos de microorganismos patógenos permitidos en el compost y los valores de metales pesados permitidos en la muestra de compost, correspondientes a las normas: Chilena NCh2880.Of2004, Normativa Técnica Peruana NTP 311.557:2013 y la Normativa Española Real decreto 506/2013, se determinó la clasificación de la muestra de compost para la normativa chile: compost de clase B de acuerdo a los resultados de metales pesados, libre de microorganismos patógenos y con valor nutricional alto; para la normativa peruana: compost como abono orgánico sólido de acuerdo a los resultados de metales pesados, microorganismos patógenos y valores nutricionales; y para la normativa española: compost de clase C de acuerdo a los resultados de metales pesados, libre de microorganismos patógenos y por los valores nutricionales le corresponde la pertenencia al grupo 2, en relación al tipo de fertilizante es denominado abono orgánico NPK de origen animal y vegetal.

RECOMENDACIONES

Desarrollar la valorización de los residuos sólidos domiciliarios de origen orgánico como incentivo de proyectos municipales y establecer el costo por unidad de compost producido (costo beneficio) para su respectiva comercialización.

Realizar como mínimo dos veces el estudio de caracterización de residuos sólido para cualquier centro poblado, debido a que el hábito de consumo de la población cambia de acuerdo a la temporada climatológica, generándose diferentes cantidades y tipos de residuos sólidos en cada estación del año.

Para llegar a una adecuada higienización del compost, se recomienda el monitoreo de la temperatura tanto en la corteza como en el núcleo de la pila de compostaje, verificando que los valores de la temperatura no sean muy bajos y que no sobre pase a los 70°C.

Comparar con otras normas internacionales, para afianzar más los conocimientos de los parámetros que se consideran para la caracterización del compost.

BIBLIOGRAFIA

- Alcas, C., Casquino, D., Silva, M., & Melgar, J. (2005). *Caracterización de residuos sólidos domiciliarios en los distritos de Ica, los Aquijes, Parcona y Subtanjalla (Provincia de Ica), para el aprovechamiento de los residuos sólidos tipo plástico PET y tipo orgánico*. (Tesis de pregrado), Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. Obtenido de <https://es.calameo.com/books/001452011fe8b16424096>
- Altamirano, M., & Cabrera, C. (2006). Estudio comparativo para la elaboración de compost por técnica manual. *Revista del instituto de investigaciones FIGMMG*, 9(17), 76-84.
- Alvarez, M. (2018). *Caracterización de microorganismos benéficos provenientes de tres pisos altitudinales de Azuay-Ecuador y su influencia en el cultivo de fresa*. (Tesis Doctoral), Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Alvarez, M., Vazquez, J., Castillo, J., Tucta, F., Quispe, E., & Meza, V. (2018). Potencial de la flora de la provincia del Azuay (Ecuador) como fuente de microorganismos benéficos. *Scientia Agropecuaria*, 561-568. Obtenido de <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop>
- Boletín Oficial del Estado. (2013). *Real decreto 506/2013, sobre productos fertilizantes*. Recuperado el 12 de Marzo de 2019, de <https://www.boe.es/buscar/pdf/2013/BOE-A-2013-7540-consolidado.pdf>
- Bueno, P., Diaz, M., & Cabrera, F. (2008). *Factores que afectan al proceso de compostaje*. Recuperado el 15 de 03 de 2019, de <http://hdl.handle.net/10261/20837>
- Cachiche, R. (2017). *Caracterización de residuos sólidos municipales del distrito de Caynarachi, Lamas 2016*. (Tesis de pregrado), Universidad Peruana Unión, Tarapoto, San Martín, Perú.

Cantanhede, A., Monge, G., & Wharwood, G. (1993). *Compostificación de residuos de mercados*. Lima.

De la Mora, A., Vázquez, F., & Valero, J. (16 de Febrero de 2016). *Sucesión bacteriana del género Bacillus en el proceso de compostaje y lombricompostaje con diferentes fuentes de estiércol*. Recuperado el 15 de Marzo de 2019, de Tecnociencia UACH.: <http://tecnociencia.uach.mx/v10n1.php>

Instituto de investigaciones Agropecuarias. (2005). *Métodos de Análisis de compost*. Recuperado el 14 de Marzo de 2019, de <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR32184.pdf>

Instituto Nacional de Normalización. (2004). *Compost - Clasificación y requisitos*. Recuperado el 15 de Marzo de 2019, de <http://www.ingeachile.cl/descargas/normativa/agricola/NCH2880.pdf>

Jara, L. (2016). *Oportunidades de valorización mediante compostaje de los residuos orgánicos de origen urbano y afines en Ecuador: Propuesta de gestión para la provincia de Chimborazo*. (Tesis Doctoral), Universidad Miguel Hernández De Elche, Elche, España.

Lescano, C. (2015). *Efectos de tres aceleradores de degradación en el tiempo de compostaje utilizando residuos sólidos orgánicos urbanos en Huanchaco, Trujillo*. (Tesis de pregrado), Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.

Leyva, J. (2014). *Métodos de compostaje de residuos sólidos domiciliarios y su efecto en la obtención de abonos orgánicos en el centro poblado Cruz del Sur-districto de San Juan-Loreto*. (Tesis de pregrado), Universidad Nacional De La Amazonia Peruana, Iquitos, Perú.

Meza, V. (2018). *V Curso Práctico: Elaboración de abonos mediante fermentación bacteriana a partir de residuos orgánicos*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2009). *Manual de Compostaje*. Madrid, España.

Ministerio del Ambiente. (2018). *Guía para la Caracterización de Residuos Sólidos Municipales*. Recuperado el 1 de Febrero de 2019, de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-guia-caracterizacion-residuos-solidos-municipales>

Moreno Casco, J., & Moral Herrero, R. (2008). *Compostaje*. Madrid, España: Mundi-Prensa.

Municipalidad de Lurín. (2015). *Agenda Ambiental de Lurín (2015-2018)*. Recuperado el 15 de Marzo de 2019, de http://www.munilurin.gob.pe/_sislurin/sisnormas/_download/resoluciones/ResoI2016-006.pdf

Municipalidad de Lurín. (2017). *Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales*. Lurín, Lima, Perú.

Negro, M., Villa, F., Aibar, J., Alarcon, R., Ciria, P., Cristóbal, M., . . . Zaragoza, C. (2000). *Producción y gestión del compost*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10261/16792>

Norma Mexicana AA-16. (1984). *Protección al ambiente - Contaminación del suelo - Residuos sólidos municipales - Determinación de la humedad*. Recuperado el 15 de Marzo de 2019, de <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/aa/aa016.pdf>

Norma Mexicana NMX-AA-15. (1985). *Protección al Ambiente - Contaminación del suelo - Residuos sólidos municipales - muestreo - Método de cuarteo*. Recuperado el 15 de Marzo de 2019, de <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/aa/aa015.pdf>

Norma Técnica Peruana NTP 311.557. (2013). *FERTILIZANTES. Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas o*

acondicionadores de suelos.

Organización Panamericana de la Salud. (2010). *Informe de la Evaluación Regional del Manejo de los Residuos Sólidos Urbanos en América Latina y el Caribe.*

Pérez, F., León, J., & Galindo, N. (11 de Junio de 2015). *Actinomicetos aislados del compost y su actividad antagonista a fitopatógenos de la papa (Solanum tuberosum spp. andigena Hawkes).* Recuperado el 16 de Marzo de 2019, de Revista mexicana de Fitopatología: http://rmf.smf.org.mx/Contenido_Vol_33_2_2015.html

Román, P., Martínez, M., & Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor, Experiencias en América Latina.* FAO.Chile.

Ruiz, A. (2003). *Compostación de los residuos orgánicos generados en la Universidad de Piura.* (Tesis de pregrado), Universidad de Piura, Piura, Perú.

Sztern, D., & Pravia, M. (1999). *Manual para la elaboración de compost bases conceptuales y procedimientos.* OPS/HEP/HES/URU/02.99.69p.

Vargas, Y. (2017). *Calidad del compost producidos a partir de residuos sólidos orgánicos municipales en el centro de protección ambiental "Santa Cruz", ciudad de Concepción.* (Tesis Doctoral), Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.

Vorholt, J. (16 de Noviembre de 2012). *Vida microbiana en la filósfera.* Recuperado el 15 de Marzo de 2019, de Nature reviews microbiology: <https://www.nature.com/articles/nrmicro2910#f4>

ANEXOS

Anexo A. Determinación del tamaño de la muestra de viviendas

Lugar: AA.HH. Villa Alejandro etapa III distrito de Lurín

$$n = \frac{(Z_{1-\alpha/2})^2 \times N \times \sigma^2}{(N - 1) \times (E)^2 + (Z_{1-\alpha/2})^2 \times \sigma^2}$$

Donde:

n: Número de viviendas que participaron en el estudio de caracterización

N: Total de viviendas (se debe calcular el número de viviendas que existe en el periodo que se realizara el estudio).

σ : Cuando no se tiene información se puede usar una desviación estándar de 0.20 a 0.25.

$Z_{1-\alpha/2}$: Generalmente se trabaja con un nivel de confianza al 95% para lo cual tiene un valor de 1.96

E: El 10% del GPC nacional actualizada a la fecha de ejecución del estudio

Tabla 21

Variables para determinar la muestra poblacional

Variables	
N	236
σ	0.20
$Z_{1-\alpha/2}$	1.96
E	0.061
Porcentaje de contingencia	15%
Nº muestras (n)	35+5=40

Fuente: Elaboración propia

El número mínimo de muestras es: n + 15% de n igual a 40 viviendas.

Anexo B. Informe de ensayo de metales pesados



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA
CENPROFARMA
CENTRO DE CONTROL ANALÍTICO - CCA



PROTOCOLO DE ANÁLISIS N.º00158-CPF-2019

ORDEN DE ANÁLISIS : 005341/2019
SOLICITADO POR : JOEL OLAVE CHOQUECAHUANA
MUESTRA : COMPOST
LOTE : ---
CANTIDAD : 01 bolsa x 500g aprox.
FECHA DE RECEPCIÓN : 06 de Mayo del 2019
FECHA DE FABRICACION : ----
FECHA DE VENCIMIENTO : ----


ENSAYO	ESPECIFICACIONES	MÉTODO	RESULTADOS
CUANTIFICACIÓN :			
COBRE	---	AAS - F	5.42 mg/Kg
NIQUEL	---	AAS - F	0.05 mg/Kg
MERCURIO	---	AAS - GH	1.97 mg/Kg
ARSÉNICO	---	AAS - GH	2.86 mg/Kg
PLOMO	---	AAS - HG	1.20 mg/Kg
CADMIO	---	AAS - HG	0.06 mg/Kg
ZINC	---	AAS - F	40.67 mg/Kg

*AAS-F : Espectrometría de Absorción atómica - Flama

* AAS - GH: Espectrometría de Absorción Atómica - Generación de Hidruros

*AAS - HG: Espectrometría de Absorción Atómica - Horno de Grafito

Lima, 17 de Mayo del 2019


QF. Gustavo Guerra Brizuela
Director del Centro de Control Analítico



"FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓXICO"

Jr. Puno N° 1002 Jardín Botánico Lima 1 - Perú
☎ (511) 619-7000 anexo 4824 ✉ Ap. Postal 4559 - Lima 1
E-mail: cca.farmacia@unmsm.edu.pe <http://farmacia.unmsm.edu.pe>

ISO 9001

BUREAU VERITAS
Certification

N° BR233265



Anexo C. Informe de ensayo de análisis microbiológico



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú
Teléfono: 6147800 anexo 274



INFORME DE ENSAYO N° 1903125- LMT

SOLICITANTE : JOEL OLAVE CHOQUECAHUANA

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

MUESTRA : COMPOST
1903125)

PROCEDENCIA : Lurín
TIPO DE ENVASE : Bolsa de plástico
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 750 g. aprox.
ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado
FECHA DE MUESTREO : 2019 - 03 - 27
FECHA DE RECEPCIÓN : 2019 - 03 - 27
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2019 - 03 - 27
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2019 - 04 - 10

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA

Análisis Microbiológico	Muestra 1903125
¹Enumeración de coliformes totales (NMP/g)	15
¹Enumeración de coliformes fecales (NMP/g)	4
¹Detección de <i>Salmonella sp.</i> en 25 g.	Ausencia

Métodos:

¹International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acribia.

Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

La Molina, 12 de abril de 2019

DRA. DORIS ZÚNIGA DÁVILA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana
y Biotecnología "Marino Tabusso"
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 6147800 anexo 274

E-mail: lmt@lamolina.edu.pe



LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA "MARINO TABUSSO"

☐ (511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: lmt@lamolina.edu.pe
Anartario Postal 456 - Lima 12 - PERU

Anexo D. Informe de ensayo de análisis fisicoquímico I



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 015008

MATERIA ORGÁNICA

SOLICITANTE : JOEL OLAVE CHOQUECAHUANA
 PROYECTO : PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE DOMICILIOS DE ORIGEN ORGÁNICO
 A TRAVEZ DE COMPOSTAJE Y MICROORGANISMOS BENÉFICOS
 PROCEDENCIA : Lurín- AA.HH. Villa Alejandro
 RESP. ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
 FECHA DE ANALISIS : La Molina, 29 de marzo 2019

Número de muestra		C.E	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca O	MgO	N
Lab.	Campo	dS/m		%	%	%	%	%
15008	COMPOST	16.75	8.50	1.81	2.61	1.67	1.00	1.79

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO



Anexo E. Informe de ensayo de análisis fisicoquímico II



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe

Nº 015143

MATERIA ORGÁNICA

SOLICITANTE : JOEL OLAVE CHOQUECAHUANA
PROYECTO : PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS DEL
 AA.HH. VILLA ALEJANDRO DISTRITO DE LURIN
PROCEDENCIA : Lurín
RESP. ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 07 de mayo 2019

Número de muestra		C.E dS/m	pH	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	Ca O %	MgO %	N %
Lab.	Campo							
15143	COMPOST	19.52	8.33	2.40	2.40	3.45	1.41	2.26

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
 Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
 JEFE DE LABORATORIO



Anexo F. Informe de ensayo de Solución madre (Planta de Altamisa)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú
Teléfono: 6147800 anexo 274



INFORME DE ENSAYO N° 1905179 - LMT

SOLICITANTE : JOEL BRAULIO OLAVE CHAQUECAHUANA
DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO
MUESTRA : SOLUCIÓN MADRE (PLANTA DE ALTAMISA)
1905179)

PROCEDENCIA : Lima
TIPO DE ENVASE : Botella de Plástico
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 1 000 mL. aprox.
ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado
FECHA DE MUESTREO : 2019 - 05 - 03
FECHA DE RECEPCIÓN : 2019 - 05 - 03
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2019 - 05 - 06
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2019 - 05 - 08

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA

Análisis Microbiológico	Muestra 1905179
¹ Recuento de mohos y levaduras (UFC/mL)	41 x 10 ⁴

NOTA: Los valores < 3 y <10 indican ausencia de microorganismos en ensayo.

Métodos:

¹International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acribia.

Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

La Molina, 23 de mayo de 2019

DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA
Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana
y Biotecnología "Marino Tabusso"
Universidad Nacional Agraria La Molina
Teléfono: 6147800 anexo 274
E-mail: lmt@lamolina.edu.pe



LABORATORIO DE ECOLOGIA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGIA "MARINO TABUSSO"

☐ (511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: lmt@lamolina.edu.pe

Anexo G. Informe de ensayo de Solución madre (Planta de Café)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú
Teléfono: 6147800 anexo 274



INFORME DE ENSAYO N° 1905178 - LMT

SOLICITANTE : JOEL BRAULIO OLAVE CHAQUECAHUANA

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

MUESTRA : SOLUCIÓN MADRE (PLANTA DE CAFÉ)
1905178)

PROCEDENCIA : Lima
TIPO DE ENVASE : Botella de Plástico
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 250 mL. aprox.
ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado
FECHA DE MUESTREO : 2019 - 05 - 03
FECHA DE RECEPCIÓN : 2019 - 05 - 03
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2019 - 05 - 12
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2019 - 05 - 14

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA

Análisis Microbiológico	Muestra 1905178
¹ Recuento de bacterias ácido lácticas (UFC/ml.)	26 X 10 ⁵

NOTA: Los valores < 3 y <10 indican ausencia de microorganismos en ensayo.

Métodos:

¹International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acribia.

Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

La Molina, 23 de mayo de 2019

DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana
y Biotecnología "Marino Tabusso"
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 6147800 anexo 274

E-mail: lmt@lamolina.edu.pe



LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA "MARINO TABUSSO"

Teléfono: (511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: lmt@lamolina.edu.pe

Anexo H. Informe de ensayo de Solución madre (Planta de Ruda)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú
Teléfono: 6147800 anexo 274



INFORME DE ENSAYO N° 1905181 - LMT

SOLICITANTE : JOEL BRAULIO OLAVE CHAQUECAHUANA
DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO
MUESTRA : SOLUCIÓN MADRE (PLANTA DE RUDA)
1905181)

PROCEDENCIA : Lima
TIPO DE ENVASE : Botella de Plástico
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 1 000 mL. aprox.
ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado
FECHA DE MUESTREO : 2019 - 05 - 03
FECHA DE RECEPCIÓN : 2019 - 05 - 03
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2019 - 05 - 13
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2019 - 05 - 15

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA

Análisis Microbiológico	Muestra 1905181
¹ Recuento de bacterias ácido lácticas (UFC/ml.)	23 x 10 ³

NOTA: Los valores < 3 y <10 indican ausencia de microorganismos en ensayo.

Métodos:

¹International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acriba.

Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

La Molina, 23 de mayo de 2019

DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA
Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana
y Biotecnología "Marino Tabusso"
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 6147800 anexo 274

E-mail: lmt@lamolina.edu.pe



LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA "MARINO TABUSSO"

☐ (511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: lmt@lamolina.edu.pe

Anexo I. Informe de ensayo de Solución madre (Planta de Romero)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú
Teléfono: 6147800 anexo 274



INFORME DE ENSAYO N° 1905180 - LMT

SOLICITANTE : JOEL BRAULIO OLAVE CHAQUECAHUANA
DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO
MUESTRA : SOLUCIÓN MADRE (PLANTA DE ROMERO)
1905180)

PROCEDENCIA : Lima
TIPO DE ENVASE : Botella de Plástico
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 1 000 mL. aprox.
ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado
FECHA DE MUESTREO : 2019 - 05 - 03
FECHA DE RECEPCIÓN : 2019 - 05 - 03
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2019 - 05 - 06
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2019 - 05 - 11

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA

Análisis Microbiológico	Muestra 1905180
¹ Recuento de actinomicetos (UFC/mL)	<3

NOTA: Los valores < 3 y <10 indican ausencia de microorganismos en ensayo.

Métodos:

¹American Public Health Association. 1992. Compendium of methods for the Microbiological Examination of foods. 3rd Ed. Chapter 13.

Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento: *

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

La Molina, 23 de mayo de 2019

DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana
y Biotecnología "Marino Tabusso"
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 6147800 anexo 274

E-mail: lmt@lamolina.edu.pe



LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA "MARINO TABUSSO"

☎ (511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: lmt@lamolina.edu.pe

Anexo J. Informe de ensayo de Solución madre (Planta de Ruda)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú
Teléfono: 6147800 anexo 274



INFORME DE ENSAYO N° 1905181 - LMT

SOLICITANTE : JOEL BRAULIO OLAVE CHAQUECAHUANA

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

MUESTRA : SOLUCIÓN MADRE (PLANTA DE RUDA)
1905181)

PROCEDENCIA : Lima
TIPO DE ENVASE : Botella de Plástico
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 1 000 mL. aprox.
ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado
FECHA DE MUESTREO : 2019 - 05 - 03
FECHA DE RECEPCIÓN : 2019 - 05 - 03
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2019 - 05 - 24
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2019 - 05 - 26

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA

Análisis Microbiológico	Muestra 1905181
¹ Recuento de <i>Bacillus sp</i> (UFC/ml.)	50 x 10

NOTA: Los valores < 3 y <10 indican ausencia de microorganismos en ensayo.

Métodos:

¹International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acribia.

Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

La Molina, 28 de mayo de 2019

DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana
y Biotecnología "Marino Tabusso"
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 6147800 anexo 274

E-mail: lmnt@lamolina.edu.pe



LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA "MARINO TABUSSO"

☐ (511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: lmnt@lamolina.edu.pe

Anexo K. Panel fotográfico



Figura 24. Conformación del equipo de campo.

Fuente: Elaboración propia



Figura 25. Transporte de baldes para la segregación de residuos sólidos orgánicos

Fuente: Elaboración propia



Figura 26. Entrega de baldes para la segregación de residuos sólidos orgánicos.

Fuente: Elaboración propia



Figura 27. Recolección de los residuos sólidos orgánicos segregados en la fuente.

Fuente: Elaboración propia



Figura 28. Acopio de los residuos sólidos orgánicos.
Fuente: Elaboración propia



Figura 29. Pesaje de los residuos sólidos orgánicos.
Fuente: Elaboración propia



Figura 30. Almacenamiento de los residuos sólidos orgánicos.
Fuente: Elaboración propia



Figura 31. Disposición de los residuos sólidos orgánicos.
Fuente: Elaboración propia



Figura 32. Mezcla para homogenizar los materiales de partida
Fuente: Elaboración propia



Figura 33. Conformación de la pila de compostaje
Fuente: Elaboración propia

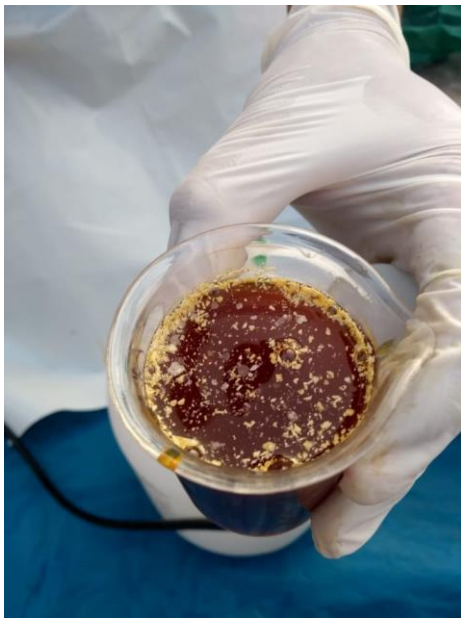


Figura 34. Microorganismos benéficos.
Fuente: Elaboración propia



Figura 35. Inoculación de microorganismos benéficos a la pila de compostaje
Fuente: Elaboración propia



Figura 36. Volteo de la pila de compostaje.
Fuente: Elaboración propia



Figura 37. Tamizado del compostaje
Fuente: Elaboración propia



Figura 38. Medición de conductividad eléctrica y pH del compost.
Fuente: Elaboración propia



Figura 39. Determinación de la materia orgánica y ceniza.
Fuente: Elaboración propia



Figura 40. Determinación del porcentaje de humedad del compost.
Fuente: Elaboración propia