

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura, Ingeniería Civil y del Ambiente

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



**EVALUACIÓN DE DOS SISTEMAS DE COMPOSTAJE PARA LA
VALORIZACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS DE UN CENTRO DE
ABASTOS DEL DISTRITO DE ISLAY. AREQUIPA. 2019**

Tesis presentada por las Bachilleres:

García Gómez, Tatiana Maribel

Villanueva Velásquez, Karenn Silvia

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniera Ambiental

Asesor:

Dr. Arenazas Rodríguez, Armando

Jacinto

Arequipa-Perú

2021

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
INGENIERIA AMBIENTAL
DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR DE TESIS

Arequipa, 02 de Noviembre del 2020

Dictamen: 002038-C-EPIA-2020

Visto el borrador de tesis del expediente 002038, presentado por:

2013801792 - GARCIA GOMEZ TATIANA MARIBEL

2013600642 - VILLANUEVA VELASQUEZ KARENN SILVIA

Titulado:

**EVALUACIÓN DE DOS SISTEMAS DE COMPOSTAJE PARA LA VALORIZACIÓN DE RESIDUOS
ORGÁNICOS DE UN CENTRO DE ABASTOS DEL DISTRITO DE ISLAY. AREQUIPA. 2019**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**2829 - ARENAZAS RODRIGUEZ ARMANDO JACINTO
DICTAMINADOR**



**3124 - CAMPOS OLAZAVAL LIZBETH MARIANELLA
DICTAMINADOR**



**3246 - BEJARANO MEZA MARIA ELIZABETH
DICTAMINADOR**



DEDICATORIA

A Dios por estar siempre a mi lado, por ser mi guía y fortaleza.

A mi madre Rocío por su gran sacrificio, aliento y amor incondicional.

A mi padre Carlos por el enorme esfuerzo de sacar una familia adelante y ser el mejor ejemplo para mí.

A mis hermanos Leo y Carla por sus consejos y por todas las alegrías que me dieron.

A mis abuelitos y tíos por su gran interés, por apoyarme y alentarme en cada meta que me propuse.

A mis amigos por su gran apoyo y lealtad.

Tatiana García Gómez

A Dios quien ha forjado mi camino y me ha dirigido en el camino correcto.

A mis padres por ser mi fuerza, por haberme apoyado en cada uno de mis pasos y enseñarme buenos valores, por la motivación constante que permitieron que hoy en día sea la persona que soy y por su amor incondicional.

Karenn Villanueva Velásquez

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradecer al Dr. Armando Jacinto Arenazas Rodríguez, por su apoyo incondicional. Su constante guía fue fundamental en el logro del proyecto.

A la Dra. María Elizabeth Bejarano Meza, por sus aportes y enseñanzas desinteresadas durante el desarrollo de la tesis.

A la Municipalidad distrital de Islay por su confianza y aporte instrumental para el desarrollo del proyecto de valorización de residuos sólidos domiciliarios.

A la asociación de comerciantes del centro de Abastos “Virgen de Copacabana” por su activa participación con el proyecto.



RESUMEN

La presente investigación evaluó dos sistemas de compostaje a pequeña escala.

Se realizó la caracterización de residuos sólidos orgánicos generados en el centro de abastos “Virgen de Copacabana”, para conocer la generación por puesto o sección, así como también el volumen de éstos que son desechados diariamente.

Se realizó un solo tratamiento (60 % de residuos de frutas y verduras y 40% de residuos de poda), utilizando como inductor compost maduro y aserrín como agente estructurante.

El primer sistema de compostaje se realizó a base de pilas o camellones y el segundo sistema se elaboró en base a un contenedor cerrado (compostador).

Se evaluaron los siguientes parámetros: temperatura, humedad, pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo, relación carbono-nitrógeno y coliformes termo tolerantes. Todas estas mediciones experimentales se informaron como media en tres repeticiones.

Por otro lado, se evaluó el té de compost, producto de lixiviados en el sistema cerrado (compostador), los resultados fisicoquímicos fueron comparados con un fertilizante líquido (biol), sin embargo, los resultados obtenidos fueron muy bajos en nitrógeno (0.01%) y fósforo (0.0088%), determinando así la baja calidad de éste.

Los resultados obtenidos en los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de ambos sistemas muestran que para el sistema cerrado (compostador), el pH fue de 7.81, resultó moderadamente salino en C.E (8.36 dS/m) y alto en materia orgánica (26.61 %). El sistema abierto (pilas) presentó un pH (7.93), moderadamente salino con C.E. (8.96 dS/m) y muy alto en contenido de materia orgánica (24.82%). Dichos resultados fueron comparados con las especificaciones de la Norma Chilena (NCh2880.Of2004) y la FAO, concluyendo que la calidad de compost es buena y apta para ser utilizada como abono natural. Cabe resaltar que el factor tiempo fue determinante para definir la eficacia de los sistemas, ya que el sistema de pilas duró 84 días y el sistema en compostadores duró 49 días.

Palabras clave: sistemas de compostaje, compost, residuos sólidos orgánicos, té de compost

ABSTRACT

The present investigation evaluated two small-scale composting systems.

The characterization of solid organic waste generated in the “Virgen de Copacabana” supply center was carried out, to know the generation by position or section, as well as the volume of the same that are discarded daily.

A single treatment was carried out (60% of fruit and vegetable residues and 40% of pruning residues), using mature compost as an inducer.

The first composting system was made on a pile base or ridges and the second system was made on the basis of a closed container (composter).

The following parameters will be evaluated: temperature, humidity, pH, electrical conductivity, organic matter, total nitrogen, phosphorus, carbon-nitrogen ratio and thermo-tolerant coliforms. All of these experimental measurements are reported averaged over three replicates.

On the other hand, compost tea, a product of leachates in the closed system (composter), was evaluated, the physicochemical results were compared with a liquid fertilizer (biol), however, the results obtained were very low in nitrogen (0.01%) and phosphorus (0.0088%), thus determining its low quality.

The results obtained in the physicochemical and microbiological analyzes of both systems show that for the closed system (composter), the pH was 7.81, it was moderately saline in C.E (8.36 dS / m) and high in organic matter (26.61%). The open system (batteries) presented a pH (7.93), moderately saline with C.E. (8.96 dS / m) and very high in organic matter content (24.82%). These results were compared with the specifications of the Chilean Standard (NCh2880.Of2004) and the FAO, concluding that the quality of compost is good and suitable to be used as natural fertilizer. It should be noted that the time factor was decisive in defining the efficiency of the systems, since the pile system lasted 84 days and the composter system lasted 49 days.

Keywords: composting systems, compost, organic solid waste, compost tea

INTRODUCCIÓN

El manejo de residuos sólidos en el Perú ha venido siendo realizada bajo la atención de servicios que demanda la población, sin tener en cuenta una planificación futura. El incremento de residuos sólidos generados en el Perú origina una situación desfavorable para el correcto desarrollo de las actividades humanas, ya que produce problemas ambientales.

La evaluación del desarrollo poblacional manifiesta una tendencia al aumento, lo que ocasionaría que la generación per cápita de residuos sólidos aumente, si es que no se aplican políticas de minimización o reutilización de los mismos.

Un manejo integral de residuos sólidos puede lograrse a través de la adopción de iniciativas sostenibles, como el compostaje, proceso biológico que permite valorizar residuos sólidos orgánicos (Municipalidad distrital de Islay, 2019).

El Decreto Legislativo N° 1278 que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, en su artículo N° 36 determina que la valorización de residuos sólidos debe priorizarse frente a la disposición final de los mismos. Es por eso, que la implementación de tecnologías como el compostaje permitiría valorizar dichos residuos, permitiendo su reciclaje (Ministerio del Ambiente, 2017). El compostaje se presenta como una ecotecnología fácil y de bajo coste, para el aprovechamiento de todo tipo de residuo biodegradable (Roben, 2002).

El producto final del proceso de compostaje al ser aplicado en un suelo puede mejorar la infiltración y retención del agua, disminuir las fluctuaciones de temperatura, reducir la erosión, mejorar la sanidad de los cultivos al favorecer un control natural de plagas y aportar nutrientes para el sustento de las plantas.

Por ser el compostaje un tipo de tratamiento denominado “natural” y tan antiguo como la agricultura se le considera “intrínsecamente bueno” y relativamente fácil de llevar a cabo (Moreno & Moral, 2008).

Considerando que, las labores de comercio del centro de abastos “Virgen de Copacabana” genera considerables volúmenes de residuos orgánicos y que, el compostaje es una eco tecnología simple cuyo objetivo es la conversión de la materia orgánica en un mejorador o restaurador de suelos; la presente investigación tiene la finalidad de proponer el mejor sistema de compostaje, generando un producto inocuo, con valor agregado y a su vez, reduciendo los costos por disposición final en rellenos sanitarios y evaluando su calidad.

ÍNDICE

RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
INTRODUCCIÓN	vii
CAPITULO I.....	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Diagnóstico situacional.....	1
1.2. Formulación del problema	2
1.3. Justificación	2
1.3.1. Aspectos Generales.....	2
1.3.2. Aspecto Social	2
1.3.3. Aspecto Económico	2
1.3.4. Aspecto Ambiental	3
1.3.5. Aspecto Tecnológico	3
1.4. Hipótesis	3
1.5. Objetivos	4
1.6. Exposición de las variables	4
1.6.1. Variable independiente (definición conceptual y operativa).....	4
1.6.2. Variable dependiente	5
1.6.3. Operacionalización de variables	5
CAPÍTULO II.....	6
2. FUNDAMENTO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes de la investigación	6
2.2. Marco Legal	11
2.3. Marco teórico	12
2.3.1. Gestión de residuos solidos	12
2.3.2. Generación por puesto	12
2.3.3. Estimación de la densidad de residuos solidos	13
2.3.4. Estimación de la composición de residuos sólidos.....	13

2.3.5. Compostaje	14
2.3.6. Té de compost.....	30
2.4. Marco conceptual.....	30
CAPÍTULO III	31
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	31
3.1. Tipo de investigación.....	31
3.2. Diseño de la investigación	31
3.2.1. Campo de verificación.....	31
3.2.2. Caracterización de los Residuos Sólidos Orgánicos provenientes de Áreas Verdes Públicas y los generados en el Centro de Abastos de Islay; Distrito de Islay.	32
3.2.3. Implementación de dos sistemas de compostaje: pilas y contenedores cerrados; Distrito de Islay	37
3.2.4. Determinación fisicoquímica de la calidad del compost obtenida en los dos tipos de sistema.....	39
CAPÍTULO IV	43
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES	43
4.1. Línea base de la investigación	43
4.1.1. Ubicación geográfica distrito de Islay	43
4.1.2. Clima del distrito de Islay.....	43
4.2. Caracterización de los Residuos Sólidos Orgánicos provenientes de Áreas Verdes Públicas y los generados en el Centro de Abastos de Islay; Distrito de Islay. 44	
4.2.1. Áreas verdes	44
4.2.2. Determinación de la generación total diaria de residuos orgánicos del centro de abastos “Virgen de Copacabana”	47
4.3. Implementación del proceso de compostaje a pequeña escala a través de un sistema abierto (pilas) y un sistema cerrado (compostador) en el distrito de Islay	52
4.3.1. Selección del lugar.....	52
4.4. Determinación fisicoquímica de la calidad del compost obtenida en los dos tipos de sistema.....	60
4.4.1. Seguimiento de los parámetros de control.....	60
4.4.2. Parámetros establecidos en laboratorio	65

4.4.3. Té de compost.....	82
CAPÍTULO V	84
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	84
5.1. Conclusiones	84
5.2. Recomendaciones	85
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
ANEXOS	91
ANEXO 1: Matriz de tipo de residuos sólidos	92
ANEXO 2: Resultado del análisis de laboratorio de la humedad de residuos sólidos ...	94
ANEXO 4: Características iniciales del sustrato en el sistema abierto (pilas) 2° Repetición.....	96
ANEXO 5: Características iniciales del sustrato en el sistema abierto (pilas) 3° Repetición.....	97
ANEXO 6: Características iniciales del sustrato en el sistema cerrado (compostador) .	98
ANEXO 7: Características iniciales del sustrato en el sistema cerrado (compostador) .	99
ANEXO 8: Características iniciales del sustrato en el sistema cerrado (compostador)	100
ANEXO 9: Datos de los parámetros de evaluación del compost	101
ANEXO 10: Resultados del análisis de laboratorio del té de compost	103
ANEXO 11: Características finales del sustrato en el sistema abierto (pilas) 1° Repetición.....	104
ANEXO 12: Características finales del sustrato en el sistema abierto (pilas) 2° Repetición.....	105
ANEXO 13: Características finales del sustrato en el sistema abierto (pilas) 3° Repetición.....	106
ANEXO 14: Características finales del sustrato en el sistema cerrado (compostador) 1° Repetición.....	107
ANEXO 15: Características finales del sustrato en el sistema cerrado (compostador) 2° Repetición.....	108

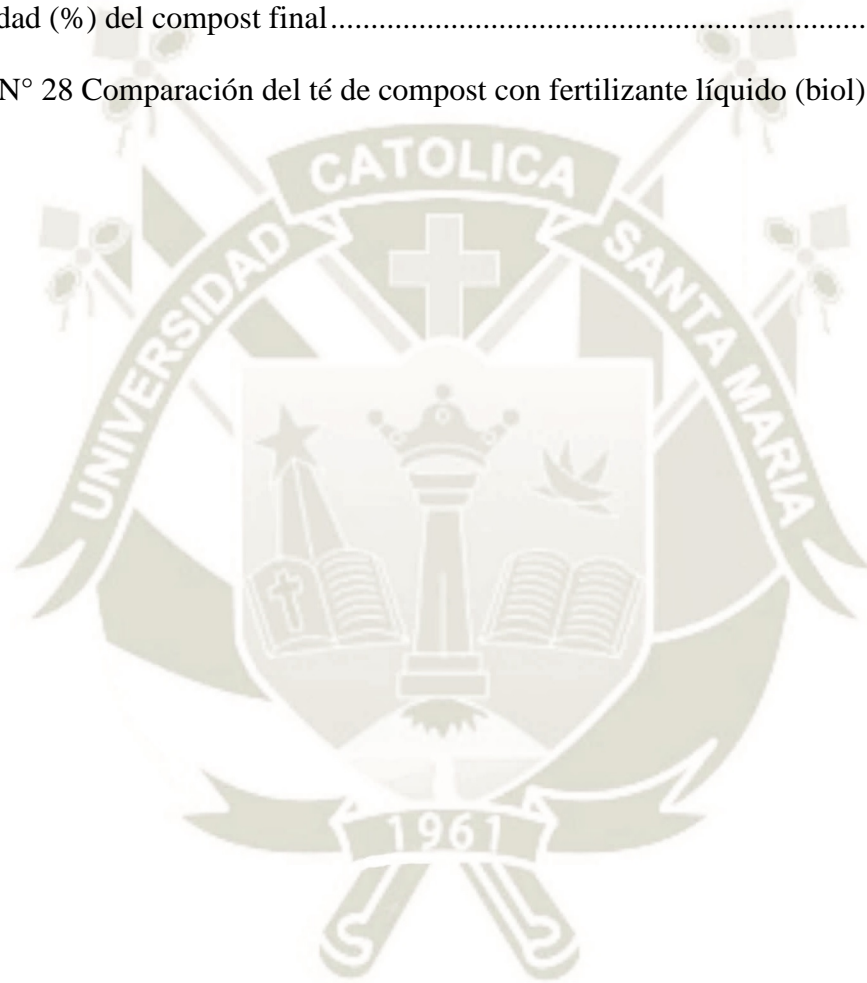
ANEXO 16: Características finales del sustrato en el sistema cerrado (compostador) 3° Repetición.....	109
ANEXO 17: Análisis microbiológico sistema abierto (pilas)	110
ANEXO 18: Análisis microbiológico sistema cerrado (compostador)	111
ANEXO 19: Galería de fotos	112



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 Operacionalización de las variables	5
Tabla N° 2 Relación C:N de algunos materiales usados en el compostaje	17
Tabla N° 3 Parámetros del compostaje	18
Tabla N° 4 Parámetros fisicoquímicos y sanitarios del compost	19
Tabla N° 5 Tipo de Compost.....	20
Tabla N° 6 Relaciones de mezcla de compostadores y pilas.....	32
Tabla N° 7 Tipos de residuos solidos	36
Tabla N° 8 Estadísticas climatológicas de Islay	44
Tabla N° 9 Distribución de áreas verdes en el distrito de Islay.....	45
Tabla N° 10 Composición porcentual de residuos provenientes de áreas verdes	46
Tabla N° 11 Generación de residuos de poda	47
Tabla N° 12 Distribución de puestos y tiendas del centro de abastos “Virgen de Copacabana”	47
Tabla N° 13 Generación total de residuos sólidos por día	48
Tabla N° 14 Proyección de residuos solidos	48
Tabla N° 15 Generación de residuos solidos por rubro.....	49
Tabla N° 16 Densidad aparente de residuos orgánicos	52
Tabla N° 17 Ingreso y salida de material para ambos sistemas	60
Tabla N° 18 Parámetros evaluados al inicio y final en pilas y compostadores.....	65
Tabla N° 19 Análisis de varianza para Materia orgánica (%) del compost final	66
Tabla N° 20 Análisis de varianza para Nitrógeno total (%) del compost final	69
Tabla N° 21 Análisis de varianza y comparaciones múltiples post hoc de Tukey de Nitrógeno Total (%) del Sistema de Pilas: inicial y final	69
Tabla N° 22 Análisis de varianza para Fósforo (P ₂ O ₅) (ppm) del compost final.....	72
Tabla N° 23 Análisis de varianza y comparaciones múltiples post hoc de Tukey de Fósforo (P ₂ O ₅) (ppm) del Sistema de Composteras: inicial y final	72

Tabla N° 24 Análisis de varianza para la Conductividad eléctrica (CE ds/m) del compost final	74
Tabla N° 25 Análisis de varianza y comparaciones múltiples post hoc de Tukey de pH del compost final	76
Tabla N° 26 Análisis de varianza para la Relación C/N del compost final.....	78
Tabla N° 27 Análisis de varianza y comparaciones múltiples post hoc de Tukey de Humedad (%) del compost final.....	80
Tabla N° 28 Comparación del té de compost con fertilizante líquido (biol).....	82



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1 Flujograma del proceso de compostaje	15
Figura N° 2 Proceso de compostaje.....	15
Figura N° 3 Simplificación de los métodos de Compostaje.....	27
Figura N° 4 Sistema cerrado de compostaje, compostera rotatoria.....	30
Figura N° 5 Medidas tomadas para el cálculo de la densidad.	33
Figura N° 6 Método de cuarteo (Sakurai, 1982)	35
Figura N° 7 Diseño del Compostador	38
Figura N° 8 Vista lateral del diseño del Compostador	38
Figura N° 9 Dimensiones de la pila.....	39
Figura N° 10 Puntos de medida en el compostador	40
Figura N° 11 Equipo utilizado para medir la temperatura de la mezcla	40
Figura N° 12 Equipo utilizado para medir el pH de la mezcla.....	41
Figura N° 13 Medición de la humedad mediante la técnica del “puño cerrado”	42
Figura N° 14 Ubicación Geográfica del Distrito de Islay	43
Figura N° 15 Distribución de áreas verdes en el distrito de Islay	45
Figura N° 16 Composición porcentual de residuos provenientes de áreas verdes	46
Figura N° 17 Porcentaje de generación de residuos sólidos totales (%)	49
Figura N° 18 Determinación de la composición total	51
Figura N° 19 Planta de valorización de residuos solidos	53
Figura N° 20 Acondicionamiento del lugar.....	54
Figura N° 21 Trituración del material	58
Figura N° 22 Material orgánico triturado	59
Figura N° 23 Toma de Temperatura.....	61
Figura N° 24 Temperatura monitoreada en ambos sistemas	61
Figura N° 25 pH monitoreado	62

Figura N° 26 Medición del pH	63
Figura N° 27 Técnica del puño cerrado.....	63
Figura N° 28 Medición de la Conductividad.....	64
Figura N° 29 Conductividad eléctrica monitoreada en sistema abierto y cerrado	64
Figura N° 30 Materia orgánica (%) inicial y final de los dos tratamientos.....	66
Figura N° 31 Balance de materia del proceso	68
Figura N° 32 Nitrógeno total (%) inicial y final de los dos tratamientos.....	70
Figura N° 33 Fósforo (P ₂ O ₅) (ppm) inicial y final de dos tratamientos	73
Figura N° 34 Conductividad eléctrica (CE ds/m) inicial y final de dos tratamientos	75
Figura N° 35 pH inicial y final de dos tratamientos	77
Figura N° 36 Relación C/N inicial y final de dos tratamientos	79
Figura N° 37 Humedad (%) inicial y final de dos tratamientos	81

ÍNDICE DE FÓRMULAS

Fórmula N° 1 Generacion diaria de residuos por puesto.....	13
Fórmula N° 2 Determinación de la densidad de los residuos solidos	13
Fórmula N° 3 Relación C/N	16
Fórmula N° 4 Balance de materia	24
Fórmula N° 5 Determinación de humedad de residuos solidos	34



CAPITULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Diagnóstico situacional

Según el Ministerio del Ambiente (2014), el inadecuado manejo de los residuos sólidos orgánicos en el Perú representa una problemática ambiental. De acuerdo con el sexto informe del estado actual de la gestión de los residuos sólidos municipales en el Perú (año 2010-2011), se generan por día 20.000 toneladas de ellos. Por su composición, estos residuos son, en mayor cantidad restos orgánicos, de cocina y alimentos (47%), de dicho porcentaje apenas el 1% se valoriza.

Por otro lado, habiendo analizado el Informe de manejo de residuos sólidos municipales por parte del Organismo de Evaluación y Fiscalización ambiental OEFA (2015), presentado en febrero del 2016, señala que ninguna de las municipalidades provinciales realiza el tratamiento y reaprovechamiento de sus residuos orgánicos e inorgánicos.

Según el PIGARS de la provincia de Islay, la mayor composición de residuos sólidos que conforma el distrito de Islay son orgánicos, siendo éste el 47.58%. En el distrito se generan aproximadamente 8378.35 kg. de residuos sólidos al día, los cuales tienen como destino final un botadero a cielo abierto, que propicia la emisión de gases de efecto invernadero (gas metano), lixiviados que contaminan el suelo, presencia de vectores y animales que se alimentan de desechos (chanchos, perros), así como la presencia de recicladores (Municipalidad distrital de Islay, 2019).

Actualmente la municipalidad distrital de Islay no cuenta con un adecuado manejo de residuos sólidos, debido a la falta de concientización de la población.

El centro de abastos “Virgen de Copacabana” genera 153.85 kg de residuos orgánicos por día, los cuales son desaprovechados llevados al botadero del Distrito de Islay.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo evaluar la calidad de los dos sistemas de compostaje abierto y cerrado para la valorización de residuos sólidos orgánicos del Centro de abastos del distrito de Islay-Arequipa 2019?

1.3. Justificación

1.3.1. Aspectos Generales

La investigación planteada contribuirá a la implementación de un sistema que permita el reciclaje de residuos sólidos orgánicos generados en el centro de abastos, a partir de la elaboración del compost, estableciéndose como una tecnología sostenible de bajo coste, que permite aportar nutrientes y microorganismos benéficos, mejorando la capacidad de retención de agua y de intercambio catiónico, ayudando así a la recuperación del suelo, situación que puede ser aprovechada para el mantenimiento de áreas verdes en el distrito de Islay, permitiendo el establecimiento de un flujo circular.

De este modo se puede colaborar en la reducción de residuos llevados directamente a los botaderos, así como también con el establecimiento de un sistema que permita valorizar los residuos sólidos orgánicos en el distrito.

1.3.2. Aspecto Social

Se creará un impacto social sustentable para el desarrollo de la población. Como parte de esto, se podrá realizar la reforestación de las áreas verdes, situación con la cual la población podrá beneficiarse ya que está comprobado que la presencia de áreas verdes en el entorno mejora el estado emocional, reducen el estrés, fomentan la creatividad y mejora las relaciones sociales. De este modo se puede disminuir la probabilidad de contraer enfermedades debido a la acumulación o a la mala disposición de los residuos.

1.3.3. Aspecto Económico

El presente proyecto permitirá el reciclaje de residuos sólidos orgánicos a través de la elaboración de compost; representa una ecotecnología de bajo costo, ya que no demandará de un gran porcentaje de recursos económicos, puesto que se cuenta con el apoyo logístico de la Municipalidad distrital de Islay (Gerencia de Medio Ambiente), haciéndolo aún más factible.

Por otro lado, el tipo de residuos a manejar podrían ser reutilizados y reaprovechados, disminuyendo gastos en la Municipalidad.

1.3.4. Aspecto Ambiental

Este proyecto ofrece importantes beneficios para medio ambiente, fomentando el desarrollo sostenible a partir del reciclaje de residuos sólidos orgánicos, permitiendo darles una valoración a los residuos orgánicos a partir de su degradación y estabilización de su capacidad en materia orgánica.

La disminución de los impactos ambientales, sobre todo la parte de disposición final (competencia de la gestión ambiental), se aprovecharía de tal modo, que los planes de manejo se verían mejor implementados para la gestión municipal.

El compost permite el reciclaje de residuos orgánicos, reduciendo la contaminación y pudiendo ser utilizados como fertilizantes para el mantenimiento de áreas verdes públicas.

1.3.5. Aspecto Tecnológico

El compostaje representa una ecotecnología de bajo costo, se presenta como una tecnología sostenible para el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. Se quiere dar a conocer las ventajas que posee dicha ecotecnología, pues representa un método sencillo y fácil de implantar para minimizar los residuos orgánicos del mercado del Distrito de Islay.

“La elaboración del compost convierte los residuos en insumos que pueden regresar al suelo, aportándole nutrientes y microorganismos benéficos, mejorando la capacidad de retención de agua y de intercambio catiónico (CIC), ayudando así a la recuperación del suelo” (Lombricultura barquisimeto de Venezuela, 2017).

1.4. Hipótesis

Es probable determinar la eficacia del proceso de compostaje a través de dos sistemas de compostaje: pilas con aireación y compostadores.

1.5. Objetivos

a. Objetivos General

- Evaluar dos sistemas de compostaje para la valorización de residuos sólidos orgánicos del Centro de abastos del distrito de Islay-Arequipa. 2019.

b. Objetivos Específicos

- Caracterizar los Residuos Sólidos Orgánicos provenientes de Áreas Verdes Públicas y los generados en el Centro de Abastos de Islay; Distrito de Islay.
- Implementar el proceso de compostaje a pequeña escala a través de un sistema abierto (pilas) y un sistema cerrado (compostador) en el distrito de Islay.
- Determinar fisicoquímicamente la calidad de compost obtenido en el sistema abierto (pila) y en el sistema cerrado (compostador).

1.6. Exposición de las variables

1.6.1. Variable independiente (definición conceptual y operativa)

Sistema de compostaje

- **Definición Conceptual:** Según lo establecido por Craviotto & Rossi (2000), Los sistemas más comunes utilizados en el compostaje son: sistemas abiertos y sistemas cerrados.
- **Operatividad:** Los sistemas más comunes utilizados en el compostaje son: sistemas abiertos y sistemas cerrados. Dichos sistemas varían en el modo de introducción del aire, verificación de la temperatura, volteo de material y periodo del proceso. Así mismo se diferencian en inversión inicial y costos de operación.

1.6.2. Variable dependiente

Evaluaciones del sistema

- **Definición Conceptual:** los parámetros a evaluar en el proceso del compostaje son los siguientes: temperatura, pH, conductividad eléctrica, humedad, relación C: N, porcentaje de materia orgánica, nitrógeno y fósforo.
- **Operatividad:** Se refiere al proceso que se lleva cabo para obtener el compost y estos indican como resultado final los parámetros o indicadores los cuales dan a conocer si es un abono de buena calidad.

1.6.3. Operacionalización de variables

Tabla N° 1 Operacionalización de las variables

VARIABLES	DIMENSION	INDICADOR	ESCALA
Variable Independiente Sistemas de compostaje	Diseño	Área	M2
		Volumen	M3
		Tiempo de madurez	Días
Variable Dependiente Evaluaciones de sistema	Características Físicas	Temperatura	°C
	Características químicas	PH	Acidez/alcalinidad
		Densidad	Kg/m3
		Conductividad eléctrica	dS/m
		Humedad	%
		Relación C: N	10-15
	Materia orgánica, Nitrógeno, fósforo	%	
Características Microbiológicas	Coliformes termo tolerantes	Análisis en el laboratorio	

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Cabrera & Rossi (2016), en su proyecto de investigación desarrollaron a escala piloto compost a partir de residuos vegetales provenientes de las áreas verdes públicas. Se realizaron dos tipos de tratamiento con su respectiva réplica; la primera consistió en utilizar por cada dos volúmenes de residuos vegetales utilizar un volumen de compost (Tratamiento 1 y 2). La segunda utilizó por cada tres volúmenes de residuos vegetales utilizar un volumen de compost (Tratamiento 3 y 4). Del mismo modo, se utilizó melaza (1%) como fuente de carbono en los tratamientos 1 y 3, para comprobar si promovía una mayor actividad microbiana en los tratamientos.

Se realizó el armado de pilas, cuyas dimensiones fueron 1.7 metros de largo, 0.6 metros de ancho y 1 metro de altura. Los parámetros humedad, temperatura y pH se midieron semanalmente. Finalmente los resultados para humedad fueron: tratamiento 1 (2:1 c/melaza) contiene 47.2%, tratamiento 2 (2:1 s/melaza) contiene 48.8%, tratamiento 3 (3:1 c/melaza) contiene 49.5% y el tratamiento 4 (3:1 s/melaza) contiene 51.1 %. Los valores registrados para el pH del compost final se encuentran en el rango de 7.1 a 7.2 cumpliendo con lo señalado en la normativa chilena. La conductividad eléctrica en el primer grupo (T1 y T2), obtuvo mayor salinidad respecto al segundo grupo (T3 y T4). Los valores de materia orgánica obtenidos para los diferentes tratamientos fueron: tratamiento 1 (2:1 c/melaza) con 34.1 %, tratamiento 2 (2:1 s/melaza) con 33.8 %, tratamiento 3 (3:1 c/melaza) con 33.3 % y para el tratamiento 4 (3:1 s/melaza), 33.1 %. Los resultados encontrados en nitrógeno superan considerablemente al mínimo recomendado (0.5 % de nitrógeno total) por la norma chilena. Los resultados obtenidos para la relación C:N en los diferentes tratamientos fueron: tratamiento 4 (3:1 s/melaza) con 12.71, tratamiento 2 (2:1 s/melaza) con 12.42, tratamiento 3 (3:1 c/melaza) con 12.24 y tratamiento 1 (2:1 c/melaza) con 11.56. Para el índice de germinación se obtuvo valores mayores al 80 %, indicando que las sustancias fito tóxicas son mínimas.

Cueto (2017), en su estudio acerca de la evaluación de tecnologías para la reutilización, valorización y disposición de residuos orgánicos describe que en

Chile se genera 16 millones de toneladas de residuos al año, de los cuales 6.5% son residuos municipales y de estos más del 50% son residuos orgánicos.

Debido a esto se evaluaron las diferentes tecnologías para el manejo de residuos sólidos orgánicos los cuales fueron: Compostaje en un reactor PFR vertical, biodigestión seca termofílica y gasificación. Se evaluaron los aspectos económicos (mediante flujo por caja), sociales (grupos de interés del proyecto) y ambientales (mediante indicadores de emisión de gases de efecto invernadero y uso de agua en el proceso); concluyendo que la mejor alternativa para tratar los Residuos Orgánicos de poda es el Compostaje en un Reactor, ya que éste implica menos impactos relativos.

Jara (2016), en su investigación titulada “Oportunidades de Valorización mediante Compostaje de los Residuos Orgánicos de origen Urbano y afines en Ecuador”, propone que para mejorar la gestión de residuos sólidos en Chimborazo, se realice la identificación y caracterización de materia orgánica y esta permitió conocer que los residuos alta biodegradabilidad y baja concentración de metales pesados y son aptos para el proceso de compostaje. Se establecieron 2 escenarios: El primero en condiciones ideales y el otro en condiciones reales. El resultado en ambos escenarios fue correcto proceso de compostaje con una alta actividad biodegradativa, alcanzando una calidad promedio en los compost finales. Se planteó la validación con semillas en contenedores y se observó la germinación y la producción de biomasa que aumento con la adición del compost. Por lo tanto, se concluyó una reducción económica.

Choque (2015), evaluó la descomposición de la biomasa de residuos orgánicos bajo un sistema de compostaje abierto y cerrado. La investigación tuvo como principal objetivo la determinación del porcentaje de la descomposición de la biomasa de los residuos orgánicos en dos tipos de sistemas, uno abierto y el otro cerrado. Para el sistema abierto se utilizaron cajas de madera y para el sistema cerrado contenedores de 0.025 m³ de capacidad. La composición del material fue 1Kg de tierra, 1/2Kg de aserrín, 1Kg de residuos orgánicos (frutas y verduras), cabe resaltar que cada tratamiento tuvo tres réplicas para la obtención de datos estadísticos. Se evaluaron los siguientes parámetros: Temperatura, pH y biomasa, de manera diaria. No hubo diferencias significativas para el pH y la temperatura,

sin embargo para la biomasa, la descomposición del sistema abierto fue de un 48%, mientras que en el sistema cerrado que fue de 26%.

Cruz & García (2016), en su estudio evaluaron el compostaje de residuos de poda y de alimentos crudos y procesados generados en la Universidad Industrial de Santander. Dicho estudio comprendió la recolección de residuos, la cual duró una semana, donde los mismos fueron caracterizados y segregados según la norma. Se realizaron dos tipos de tratamiento, el primero conformado por 40% de alimentos sin procesar y 60% de residuos de poda designado A y tratamientos conformados por 50% residuos de poda, 30% de residuos de alimentos sin procesar y 20% de residuos de alimentos procesados, denominado tratamiento B.

Posterior a ello se implementaron 4 pilas con los tratamientos establecidos y sus réplicas. Cada pila tuvo 100 kg de mezcla aproximadamente, las medidas fueron 3 metros de largo, 01 metro de ancho y 01 metro de altura. Los parámetros (pH, humedad, temperatura) fueron monitoreados diariamente. Finalizado todo el proceso se realizó un análisis de laboratorio por cada muestra de tratamiento, donde no se observó diferencias en la calidad fisicoquímica de los dos tipos de tratamientos estudiados. Estos se caracterizaron por tener altos valores de humedad, bajas relaciones C/N, pH neutro y conductividad baja, aptos para ser utilizados como abonos orgánicos.

Céspedes & Jiménez. (2018), desarrollaron el proceso de compostaje para el aprovechamiento de lodos de una planta de tratamiento de agua potable. El estudio se basó en la construcción de tres reactores de tambor rotatorio para compostaje para el tratamiento de lodos de una PTAP, de los cuales dos utilizaron el mismo tratamiento; el tercer reactor contuvo solo lodo para demostrar que dichos lodos por sí solos no son capaces de producir abono orgánico. El material de los reactores fue a base de canecas de polietileno, con volumen de 45 m³, en la parte inferior se abrieron orificios para el drenaje de lixiviados. Posteriormente los reactores fueron envueltos con un aislante aluminizado térmico Thermolon Poylon, debido a las bajas temperaturas del lugar. El tratamiento consistió en 3,88 kg de césped y 3,49 kg de lodo en el experimento, se observó un incremento máximo de 35°C en la temperatura y un decrecimiento en el porcentaje de humedad de 58,24% y 55,67% en el reactor 1 y reactor 2 por otro lado en el reactor 3 durante los 44 días disminuyó a un 69.3%.

Según los resultados, se observó que el césped favoreció la fase mesófila del compostaje, sin embargo no se logró llegar a la fase termófila puesto que no se alcanzaron las temperaturas deseadas ($>45^{\circ}\text{C}$) mayores a 45°C en el reactor 1 y 2. El reactor 3 alcanzó una temperatura máxima de 19°C manteniéndose muy cercana a la temperatura ambiente, evidenciando que éste por sí solo no es capaz de llevar a cabo un proceso de compostaje.

Suni. (2018), en su investigación, pretende aprovechar residuos sólidos orgánicos de un centro de abastos en la ciudad de Arequipa. El presente estudio se basó en la elaboración de compost mediante sistema abierto de pilas, donde se utilizaron residuos sólidos orgánicos provenientes del mercado mayorista metropolitano Río Seco – La Parada. En primer lugar se realizó la cuantificación de residuos sólidos del centro de abastos, realizando un muestreo al azar en dicho centro, en total se recolectaron 4 toneladas de residuos durante 2 meses. En segundo lugar se realizó el tratamiento, el cual constó de 50% de insumos vegetales (0.45 t de frutos en descomposición, 0.14 t césped de poda de jardín y 0.01 de cartón) y 50% de insumos animales (0.45 t de residuos ruminales y 0,15 t de estiércol de vacuno), que fueron repartidos en capas alternadas. Posteriormente se realizó el armado de pilas, cuyas dimensiones fueron 2.2 metros de largo y ancho y 1.20 metros de altura. Se midieron los siguientes parámetros: temperatura, densidad, humedad, materia seca, pH, conductividad eléctrica, nitrógeno, materia orgánica, carbono y relación C/N durante el proceso de compostaje.

El rendimiento del compost elaborado resulto ser de 57.25%, y la calidad del compost medidos mediante análisis físico químicos y organolépticos fueron óptimos.

Finalmente se concluye que la cantidad de residuos orgánicos generados en el centro de abastos fue de 80,779.1 toneladas/mes proyectándose a 969,348.7 toneladas/año con lo que se podría obtener la cantidad de compost de 46,260.4 toneladas/mes proyectándose a 555,124.8 toneladas/año.

Ortíz, D. & Gonzales, T. (2015), en su estudio de Tratamiento de los residuos sólidos orgánicos del Mercado Central buscan la optimización del tratamiento de residuos sólidos orgánicos del centro de abastos, mejorando las condiciones del compostaje. Se realizó la caracterización de residuos sólidos por puesto en el centro de abastos. Posterior a ello se realizaron tres tipos de tratamientos de compostaje: convencional, con microorganismos eficaces y con inóculo. Los

procesos se optimizaron, realizando una mejora en la estructura y humedad de la materia prima. Se midieron los parámetros establecidos periódicamente en todo el proceso. Finalmente se compararon los tres tratamientos y se obtuvo como resultado que con mejorar la estructura de la ruma y añadir un inóculo se optimiza el proceso: se tiene menor tiempo de degradación: Inóculo (42 días), EM (48 días) y convencional (54 días); mejor calidad nutricional: Inóculo (MO 40%, N 1.85%, P₂O₅ 1.94%, K₂O 0.8%); EM (MO 38%, N 1.6%, P₂O₅ 1.6%, K₂O 0.7%); convencional (MO 36.5%, N 1.7%, P₂O₅ 1.7%, K₂O 0.6%); microorganismos patógenos en el compost (coliformes termotolerantes < 2 NMP/100ml, en los tres tratamientos) ausencia de malos olores y baja generación de lixiviados además de no tener la presencia de vectores durante el proceso.

Arrigoni, Juan (2016), en su investigación busca la optimización de un diseño de un compostador y su proceso a pequeña escala en zonas con bajas temperaturas, en la ciudad de Córdoba.

La construcción del compostador se basó en materiales reciclados, con una base con canilla para la recolección de lixiviados.

Se completó la capacidad volumétrica de tres compostadores y se monitoreó la temperatura de forma diaria. Las medidas del compostador fueron 0.80 m de diámetro y 1.20 metros de altura. Se añadió una entrada para el ingreso de materiales, así como también dos paletas de doble ala para la mezcla de materiales. Se utilizó como materia prima residuos orgánicos de comedor, combinados con viruta de pino como agente estructurante en una relación 1,5:1 (v:v) respectivamente.

Finalmente se comprobó que la recirculación de los lixiviados no tuvo efectos negativos marcados sobre la evolución de la temperatura ni evolución de CO₂. Asimismo, se comprobó que los residuos de origen animal alcanzaron niveles de pH menores (mayor calidad) frente a los tratamientos que utilizaron residuos de origen vegetal.

Vera, Sheyla. (2018), en su investigación titulada “Elaboración de compost a partir de los residuos orgánicos generados en la limpieza de planta de la empresa COPEINCA S.A.C.”, busca alternativas de mejora en el proceso de elaboración de compostaje, a través de la búsqueda de mejores variables de controlan los procesos tanto químicos como biológico y a buscar a la vez, nuevos materiales.

Durante el proceso se evaluó los distintos factores climatológicos como la humedad, la temperatura y otras variables tanto físicas como químicas, y también se optó por mejorar la calidad del abono, mediante el uso de otros materiales orgánicos como la pajilla de arroz, entre otros, a través del uso de nuevos materiales y mejorando las condiciones de mezcla, a través del control del PH y la temperatura, los cuales fueron medidos periódicamente, obteniéndose un producto de características físicas y químicas de excelente calidad. Mediante el uso del compost, se permitió evaluar su efectividad como abono, resultando ser un abono de excelente calidad, ya que actuó como nutriente del suelo, fortaleciéndolo y a la vez permitiendo que las plantas, aumenten su eficiencia en la producción de diferentes productos agrícolas de excelente calidad.

2.2. Marco Legal

- **Ley N° 28611: Ley General del Ambiente**

Dispone la normativa básica para consolidar el derecho a un entorno saludable y conveniente para el pleno desarrollo de la vida, así como la contribución a una adecuada gestión del medio ambiente, teniendo como finalidad la mejora de la calidad de vida de las personas y alcanzar un desarrollo sustentable en pro al país (Ministerio del Ambiente, 2005).

- **Decreto Legislativo N° 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos**

El presente decreto legislativo busca prevenir o minimizar la producción de residuos sólidos, si esto no se logra se opta por la recuperación y valorización de éstos, en los cuales se incluye al compostaje, garantizando la protección de la salud y el medio ambiente.

Como última opción en la gestión de residuos sólidos se establece la disposición final, la cual se desarrollará en condiciones ambientalmente correctas (Ministerio del ambiente, 2017).

- **Ley N° 26842: Ley General de Salud**

Dicha ley señala que está prohibido la descarga de residuos o sustancias contaminantes en los distintos componentes ambientales, ya sea agua, aire o suelo, sin haber aplicado sistemas de depuración, señaladas en la normativa sanitaria vigente. Si como consecuencia de la contaminación ambiental se genera exposición o daño a la salud de las personas, la autoridad pertinente

establecerá las medidas de control para mitigar dichos hechos (Ministerio de salud, 1997).

- **Ley N° 27972: Ley Orgánica de Municipalidades**

La presente ley indica que toda municipalidad tiene la función de controlar el sistema de disposición final de residuos sólidos, líquidos y vertimientos de tipo industrial en el entorno de su provincia correspondiente (Sistema Peruano de Información Jurídica, 2003).

- **Resolución de Contraloría N° 155-2005-CG**

A través de la presente norma legal, se suma las normas de control interno ambiental, con el fin de ayudar al reforzamiento de la gestión ambiental por parte de las entidades gubernamentales, la protección del medio ambiente y los recursos naturales (Contraloría General de la República del Perú, 2006).

2.3. Marco teórico

2.3.1. Gestión de residuos sólidos

Según el Decreto Legislativo N° 1278 Ministerio del ambiente, (2017), la gestión de los residuos sólidos en el Perú tiene como principal objetivo minimizar o prevenir la generación de estos en su origen, sin embargo, en relación a la generación de residuos se prefiere la recuperación y valorización material y energética, entre las cuales se encuentra el compostaje.

“Las municipalidades deben valorizar, prioritariamente, los residuos orgánicos provenientes del mantenimiento de áreas verdes y mercados municipales, así como, de ser factible, los residuos orgánicos de origen domiciliario” (Ministerio del Ambiente, 2017).

La caracterización de residuos consiste en determinar la generación de los mismos por cada habitante/puesto/sección por día, la densidad que permite dimensionar diversos sistemas de almacenaje, transporte y disposición final; la composición por tipo de residuos que permite recomendar diversos tipos de intervención como la valorización orgánica e inorgánica. (Ministerio del Ambiente, 2019)

2.3.2. Generación por puesto

Para el cálculo de la producción de residuos sólidos en cada puesto se utilizó la siguiente fórmula:

Fórmula N° 1 Generación diaria de residuos por puesto

$$GPP = \frac{\text{Día 1} + \text{Día 2} + \text{Día 3} + \text{Día 4} + \text{Día 5} + \text{Día 6} + \text{Día 7}}{7 \text{ días}}$$

Dónde: GPP= Generación por puesto (kg/puesto/día.)

Para la generación total se multiplica la GPP por el número total de puestos.

2.3.3. Estimación de la densidad de residuos solidos

Se define como la masa de suelo por unidad de volumen. Describe la compactación del suelo, representando la relación entre sólidos y espacio poroso. La densidad o peso específico se define como el peso de un material por unidad de volumen (kg/m³). Los datos del peso específico son necesarios para realizar su valorización y calcular el volumen total de los residuos que tienen que ser gestionados. (Keller & Hakansson, 2010)

La densidad se calcula, utilizando la siguiente formula:

Fórmula N° 2 Determinación de la densidad de los residuos solidos

$$\text{Densidad (S)} = \frac{W}{V_r} = \frac{W}{\pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times (H_f - H_0)}$$

Donde:

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

W: Peso de los residuos solidos

V_r : Volumen de residuo solido

D: Diámetro del cilindro

H_f : Altura total del cilindro

H_0 : Altura libre del cilindro

π : Constante ($\pi = 3.1416$)

2.3.4. Estimación de la composición de residuos sólidos

“El estudio de composición física de residuos sólidos domiciliarios permite definir el tipo de tratamiento y/o formas de aprovechamiento que deberá emplearse para manejar los residuos sólidos” (Meza Olmedo, M. E, 2012).

Según la Guía para la caracterización de residuos sólidos municipales el muestreo de residuos sólidos para la composición física deberá tener en cuenta lo siguiente:

- Revisar que las bolsas o residuos provenientes del análisis de densidad, se encuentren codificadas y separadas de acuerdo con el tipo de generador y fuentes de generación de donde provienen.
- Si se trabaja con un volumen de residuos muy grande, se realizará el método de cuarteo, el cual consiste en dividir en cuatro partes, escogiendo las dos partes opuestas, para formar un nuevo montón más pequeño. La nueva muestra vuelve a ser mezclada y dividida en cuatro partes, se escogen dos opuestas y se forma otra muestra más pequeña. Esta tarea se repite hasta alcanzar una muestra que sea manejable. Esta tarea tiene que ser repetida hasta tener una muestra no menor de 50 kg.
- Segregar cada tipo de residuo sólido de acuerdo con lo señalado en la matriz (ver anexo N°1) clasificándolos en las bolsas utilizadas para la recolección de residuos sólidos.
- Pesar cada una de las bolsas que contienen los residuos segregados y registrar los datos en la ficha de registros de pesos. (Ministerio del Ambiente, 2019)

2.3.5. Compostaje

Considerado lo descrito por Roman, Martinez, & Pantoja, (2013), refiere que “compost es la combinación de elementos orgánicos en descomposición con presencia de oxígeno, es un mejorador de suelos, puesto que brinda nutrientes y mejora la estructura del suelo” (págs. 22,23).

Por otro lado, Mazzarino & Satti, (2012) afirma que etimológicamente, compost proviene de la palabra “componere”, que quiere decir “unir”. A partir de ese momento, se puede decir que el compost representa la asociación de residuos orgánicos, que, a través de la descomposición de microorganismos, genera un nuevo elemento. En el ámbito de la física, un residuo se origina por el cambio y transformación de la energía y la materia. Como se señaló, el compost es el resultado de la transformación por organismos microscópicos de productos orgánicos generados en diferentes sistemas (págs. 3,6).

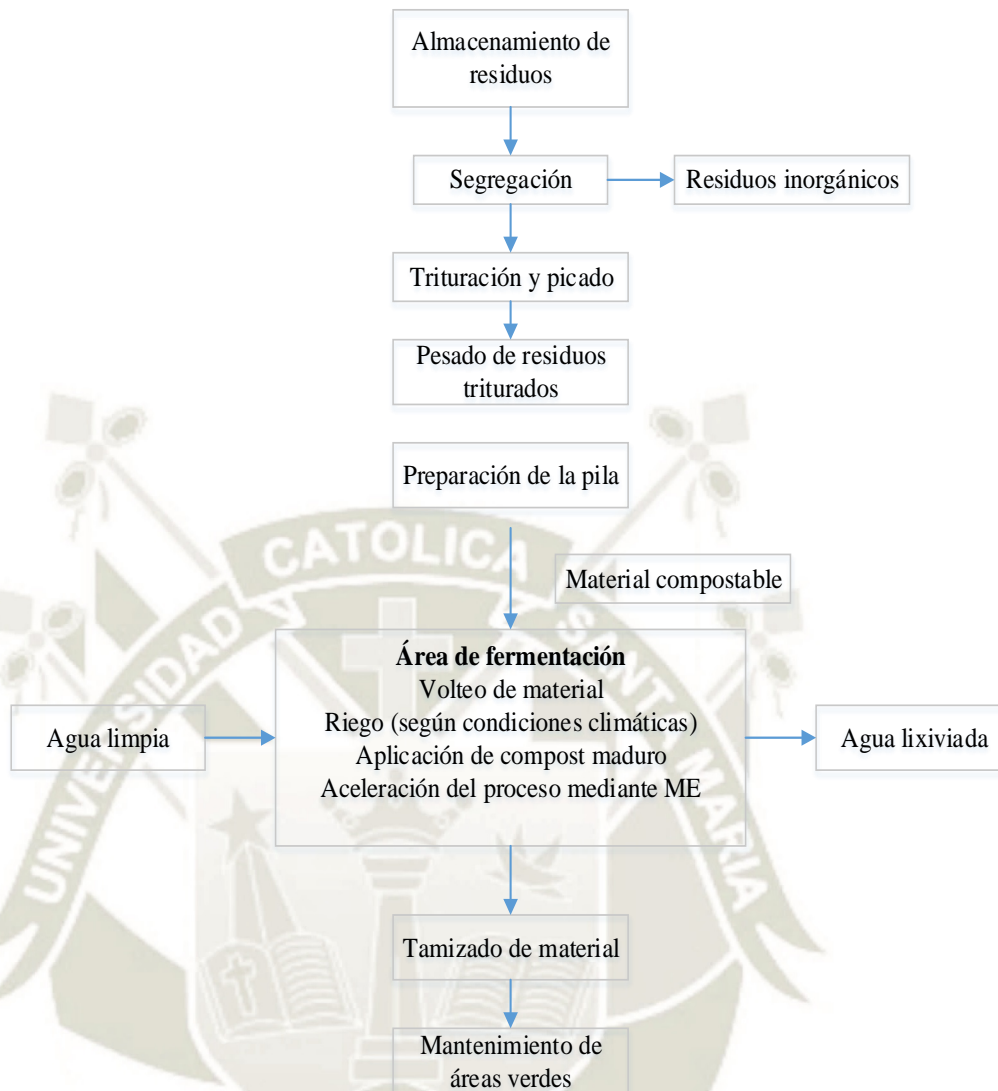


Figura N° 1 Flujograma del proceso de compostaje

Fuente: Elaboración propia

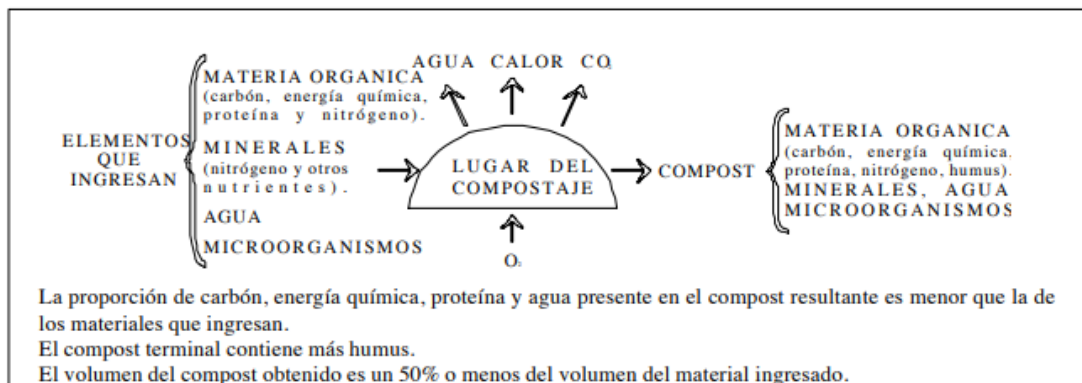


Figura N° 2 Proceso de compostaje

Fuente: Craviotto & Rossi, (2000) pág. 65

Antes de empezar con el proceso de compostaje se debe realizar una mezcla de materiales con todos los materiales en las proporciones adecuadas.

Fórmula N° 3 Relación C/N

$$\text{Relación (en volumen)} \frac{C}{N} = 30 = \frac{\text{material seco (rico en carbono)}}{\text{material fresco y/o húmedo (más rico en nitrógeno)}}$$

Según Roman, Martinez, & Pantoja, (2013) una manera sencilla para estimar las proporciones de los materiales es considerando componentes ricos en carbono (material seco) y componentes ricos en nitrógeno (material fresco)

En la Tabla N°2 se expresan las relaciones C/N de algunos materiales compostables.

El rango ideal de relación C/N para iniciar el compostaje es de 25:1 a 35:1. Para el cálculo, se selecciona de la Tabla N°2 los componentes a utilizar y se calcula la relación C/N de forma separada; posteriormente se realiza un cálculo de proporcionalidad, obteniendo la cantidad de cada componente que luego se agregará a las pilas y compostadores.

Dicho cálculo es referencial, habiendo un margen de error en éste, debido a que no existen ajustes para la humedad o disponibilidad de carbono o nitrógeno

(Para ejemplificar, el cartón tiene cantidades elevadas de C, sin embargo, su degradación es progresivo).

Tabla N° 2 Relación C:N de algunos materiales usados en el compostaje

Nivel alto de nitrógeno 1:1 – 24:1		C:N equilibrado 25:1 – 40:1		Nivel alto de carbono 41:1 – 1000:1	
Material	C:N	Material	C:N	Material	C:N
Purines frescos	5	Estiércol vacuno	25:1	Hierba recién cortada	43:1
Gallinaza pura	7:1	Hojas de frijol	27:1	Hojas de árbol	47:1
Estiércol porcino	10:1	Crotalaria	27:1	Paja de caña de azúcar	49:1
Desperdicios de cocina	14:1	Pulpa de café	29:1	Basura urbana fresca	61:1
Gallinaza camada	18:1	Estiércol ovino/caprino	32:1	Cascarilla de arroz	66:1
		Hojas de plátano	32:1	Paja de arroz	77:1
		Restos de hortalizas	37:1	Hierba seca (gramíneas)	81:1
		Hojas de café	38:1	Bagazo de caña de azúcar	104:1
		Restos de poda	44:1	Mazorca de maíz	117:1
				Paja de maíz	312:1
				Aserrín	638:1

Fuente: Roman, Martínez, & Pantoja, (2013)

Los factores medidos en el desarrollo del compostaje según Ilarri, Rodrigo, & Fernandez, (2014) son divididos por dos tipos de constantes, éstas son:

- Parámetros de seguimiento del desarrollo del compost: son aquellos que deben ser evaluados a lo largo del mismo e inspeccionados para que se sitúen en los valores apropiados para que cada etapa presente un óptimo desenlace. Estos parámetros son la humedad, temperatura, el pH y la aireación.
- Parámetros relacionados a la condición del sustrato: son aquellos que tienen que ser medidos y aptos para que sus valores sean los más adecuados al comienzo del proceso. Estos parámetros son la relación Carbono-Nitrógeno y el tamaño de partículas.

Recientemente se hace imprescindible un control y evaluación, tanto del desarrollo de elaboración (compostaje), así como también el bien último

(compost), para asegurar una excelente calidad y reducción de costos (págs. 21-25).

2.3.5.1. Parámetros para evaluar al compost

Roman, Martinez, & Pantoja, (2013) refiere los siguientes parámetros para las distintas etapas en la elaboración del compost:

Tabla N° 3 Parámetros del compostaje

Parámetro	Rango ideal al comienzo (2-5 días)	Rango ideal para compost en fase termofílica II (2-5 semanas)	Rango ideal de compost maduro (3-6 meses)
C:N	25:1 35:1	15/20	10:1 15:1
Humedad	50-60 %	45-55 %	30-40 %
Concentración de Oxígeno	10 %	10 %	10 %
Tamaño de partícula	<25 cm	15 cm	<1.6 cm
Ph	6.5-8	6-8.5	6.5-8.5
Temperatura	45°-60°C	45°C (Temperatura ambiente)	Temperatura ambiente
Densidad	250-400 kg/m ³	<700 kg/m ³	<700 kg/m ³
Materia orgánica (Base seca)	50-70 %	>20 %	>20 %
Nitrógeno total (Base seca)	2.5-3 %	1-2 %	1 %

Fuente: Roman, Martínez, & Pantoja (2013), pág. 31

Según lo considerado por Roben, (2002) los requisitos establecidos para la elaboración del compost son los siguientes:

Tabla N° 4 Parámetros fisicoquímicos y sanitarios del compost

Requisitos físico-químicos y sanitarios

Característica	Límites
pH	6.5-8.0
Materia orgánica	> 15%
Relación carbono-nitrógeno	< 12
Fósforo	> 0.10%
Potasio	> 0.25%
Relación potasio-sodio	> 2.5
Hongos fitopatógenos	ausente
Huevos de helmintos/g en base seca	< 10
Coliformes fecales NMP/g en base seca	< 1000
Salmonella spp/g en base seca	< 3
Plástico película o flexibles. Tamiz ASTM 3.5 (5.6 mm)	< 0.05 % (seco)
Vidrio, metales o plásticos rígidos. Tamiz ASTM 10 (2.00 mm)	< 0.5 % (seco)
Arsénico	< 5.0 ppm
Cadmio	< 1.0 ppm
Cromo hexavalente	< 5.0 ppm
Cobre	< 30.0 ppm
Plomo	< 5.0 ppm
Níquel	< 5.0 ppm
Zinc	< 90.0 ppm

Fuente: adaptado de *Gaceta de Gobierno* del Gobierno del Estado de México 2006.

Fuente: Roben (2002)

Según la Norma chilena de calidad de compost, de acuerdo con el nivel de calidad, el compost se clasifica en los siguientes tipos:

- a) Compost Clase A: producto de alto nivel de calidad que cumple con las exigencias establecidas en esta norma para el compost clase A. Este producto no presenta restricciones de uso, debido a que ha sido sometido a un proceso de humificación.
- b) Compost Clase B: producto de nivel intermedio de calidad que cumple con las exigencias establecidas en esta norma para compost clase B. Este producto presenta algunas restricciones de uso. (Comisión nacional del medio ambiente, 2000)

Tabla N° 5 Tipo de Compost

Tipo de compost	Clase A	Clase B
Coliformes fecales	<1000 NMP por gr de compost, base seca	
Humedad	>30%	
Conductividad eléctrica	<=5 dS/m	5-12 dS/m
Relación C/N	10-25	10-40
pH	7-8	6.5-8.5
Materia orgánica	>=25%	
Fósforo total	<=0.1%	
Nitrógeno total	>=0.8%	
Materia orgánica	>=45 %	>=25 %

Fuente: Instituto Nacional de Normalización-INN (2003)

Así mismo según Ilarri, Rodrigo, & Fernandez, (2014), consideró como los parámetros más importantes:

a. Temperatura

La transformación de este parámetro señala la evolución del compostaje, ya que se ha demostrado que los pequeños cambios de temperatura involucran de forma determinante a la acción de microorganismos en mayor medida que otros parámetros como la relación Carbono-Nitrógeno, pH o humedad. De igual forma se encuentra un vínculo directo entre el periodo durante el cual la temperatura ha permanecido elevada y la degradación. Sin embargo, cuando dicho parámetro resulta muy elevado, puede frenar el desarrollo de microorganismos, originando una anomalía llamada suicidio microbiano. (Ilarri, Rodrigo, & Fernandez, 2014, págs. 21-25)

b. Humedad

Este parámetro no debe permitir que el agua llene completamente los poros de la mezcla del compostaje, para que de esta forma se posibilite una adecuada aireación de gases y O₂ generados en la reacción. La humedad óptima para el crecimiento microbiano está entre el 50-70%; la actividad biológica decrece mucho cuando la humedad está por debajo del 30%; y por encima del 70% el agua consigue desplazar al aire en los espacios libres existentes entre las partículas, reduciendo la transferencia de oxígeno y generando condiciones anaerobias, que dan lugar a malos olores y a una disminución de la velocidad del proceso. (Iarri, Rodrigo, & Fernandez, 2014, págs. 21-25)

c. PH

La evolución de este parámetro implica tres etapas importantes:

- Etapa inicial mesofílica, donde el pH decrece a niveles de 5-8, produciendo la liberación de ácidos orgánicos.
- Segunda etapa, la cual representa la disminución de la acidez del recurso (6-7.5), a causa de la separación de ácidos orgánicos y producción de NH₃, originado por la descomposición de aminoácidos.
- La tercera etapa se inclina hacia la neutralidad (7-8), a causa de la formación última de combinaciones húmicas que tienen propiedades tampón.

Es recomendable que el desarrollo del compostaje se trabaje entre pH 6.5-8.5, dichos valores cercanos a la neutralidad, levemente alcalino o levemente ácido, garantiza un proceso óptimo de gran parte de los grupos fisiológicos.

La inhibición del desarrollo de microorganismos se da entre valores menores a 5.5 y valores claramente alcalinos, de igual forma pueden frenar el crecimiento de microorganismos, ya que reduce la disponibilidad de nutrientes para los mismos. (Iarri, Rodrigo, & Fernandez, 2014, págs. 21-25)

d. Aireación

Los niveles ideales se encuentran entre el 5 y 15 %.

Valores de O₂ bajos o menores que el 5% podrían originar situaciones anaerobias, por lo contrario, valores mayores al 15%, pueden producir disminución de calor y una ligera destrucción de agentes infecciosos.

La falta de aireación puede desencadenar propiedades anaerobias, descomposición de la materia, componentes tóxicos, malos olores, lixiviados, reemplazo de microorganismos por otros característicos del proceso anaerobio, generando la acumulación de ácidos orgánicos, debido a que los mismos en lugar de O₂ usan carbonatos, nitratos y sulfatos la producir energía, generando ácido sulfhídrico y CH₃ aplazando así el desarrollo de 4 a 6 meses. (Ilarri, Rodrigo, & Fernandez, 2014, págs. 21-25)

e. Tamaño de la partícula

Es conveniente prevenir condiciones extremas en el rango de fragmentación de componentes a compostar. Por eso, es conveniente resumir los residuos grandes, triturándolos y combinarlos con componentes auxiliares (menor dimensión), con el propósito de alcanzar una preparación porosa apta para lograr un mejor desarrollo de intercambio gaseoso e impedir la compactación del material. (Ilarri, Rodrigo, & Fernandez, 2014, págs. 21-25)

f. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica de un compost está determinada por la naturaleza y composición del material de partida, fundamentalmente por su concentración de sales y en menor grado por la presencia de iones amonio o nitrato formados durante el proceso. (Moreno & Moral, 2008)

Según lo estudiado por Bueno, Diaz, & Cabrera, (2008) la conductividad eléctrica tiende al aumento en el proceso de compostaje, a causa de la mineralización de la materia orgánica, aumentando la concentración de nutrientes. Por otro lado, la conductividad eléctrica

puede disminuir, debido a lixiviación en la masa, ocasionados por la humedad abundante.

g. Materia orgánica

El conocimiento del contenido de los compost en materia orgánica es fundamental, pues se considera como el principal factor para determinar su calidad agronómica. Durante el compostaje la materia orgánica tiende a descender debido a su mineralización y a la consiguiente pérdida de carbono en forma de anhídrido carbónico; estas pérdidas pueden llegar a representar casi el 20% en peso de la masa compostada. (Moreno & Moral, 2008)

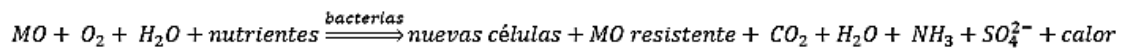
Según lo establecido por Tomati, Madejon, & Galli, (2000) y Castaldi, Alberti, Merella, & Melis, (2005) este decrecimiento de la materia orgánica ocurre en dos fases. En la primera fase los carbohidratos sufren un rápido descenso; las cadenas carbonadas largas se transforman en otras más cortas; algunas se vuelven a asociar formando moléculas complejas, obteniendo compuestos húmicos. En la segunda fase, ya consumidos los compuestos lábiles, las ligninas (material más resistente), se van degradando de manera lenta y/o se convierten en compuestos húmicos.

Algunos compuestos procedentes de la materia orgánica son utilizados por los microorganismos para formar sus tejidos y otros son transformados en anhídrido carbónico y agua. Los nuevos materiales formados poseen unas propiedades distintas a las de los materiales originales, confiriéndole a la masa unas características físicas y químicas distintas. (Bueno, Diaz, & Cabrera, 2008)

“Tanto las pérdidas de peso por mineralización de la materia orgánica, como las de otros nutrientes durante el compostaje, pueden ser evaluadas mediante un balance de materia” (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1994).

La transformación aerobia general de residuos orgánicos puede describirse con la siguiente ecuación:

Fórmula N° 4 Balance de materia



h. Balance de Materia

La ley de conservación de la materia establece que ésta no puede ser creada ni destruida, lo cual conduce al concepto de masa, y la ley correspondiente puede establecerse afirmando que la masa de las sustancias que intervienen en un proceso cualquiera permanece constante. Como se sabe, esta ley no es válida cuando la materia se mueve a velocidades próximas a la velocidad de la luz o cuando las sustancias sufren reacciones nucleares; en estas circunstancias la materia y la energía son inconvertibles, de forma que solamente la suma de ambas es constante, y no a cada una de ellas por separado, sin embargo, en la mayor parte de los procesos ingenieriles, esta transformación es demasiado pequeña para ser detectada, y, en consecuencia, se supone que la materia y la energía son independientes. La conservación de la masa exige que los materiales que entran en un proceso tienen que acumularse o salir del mismo, o lo que es equivalente: no puede haber pérdidas ni ganancias durante el proceso, de forma que la ley de conservación de la materia se reduce simplemente a que la entrada es igual a la salida. Esta ley se aplica muy frecuentemente en formas de balances de materia. El proceso es deudor con respecto a lo que entra y acreedor con respecto a lo que sale. La suma del deber tiene que ser igual a la suma del haber. Los balances de materia son válidos para todo el proceso o aparato, así como para cualquier parte de estos. Son igualmente aplicables a todo el material que entra y sale del proceso o a un determinado material que pasa a través del proceso sin sufrir transformación. (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1994)

i. Relación C-N

Este parámetro es un indicador de la rapidez de degradación, y representa un determinante del periodo de compostaje, teniendo en

cuenta que las condiciones de aireación, temperatura y humedad sean las mejores.

Si este parámetro presenta niveles mayores a 35, decrece el desarrollo biológico, el proceso de descomposición se prolonga hasta que el exceso de C es oxidado y la relación carbono-nitrógeno disminuye su nivel, dando lugar a un metabolismo óptimo. Si esta relación presenta niveles muy bajos, el nitrógeno es perdido en forma de NH_3 .

Si en un principio, el material compostable no tiene niveles óptimos de relación Carbono-Nitrógeno, es necesario combinarlo con otro tipo de elementos, como, por ejemplo, residuos vegetales, ya que éstos poseen una mayor relación Carbono-Nitrógeno y es muy común su uso.

El proceso para la obtención del compostaje pasa por una serie de etapas, según lo descrito por Mazzarino & Satti, (2012), estas son:

- **Fase Inicial:** Se considera como la fase que inicia desde el establecimiento de la pila hasta que se comprueba el aumento de temperatura con relación a la temperatura de la mezcla original. En esta fase, se evidencia cuando la mezcla ingresa fresca al compostaje, sin embargo, si la misma tiene un tiempo prolongado de acumulación puede pasar desapercibida. Esta desigualdad se presenta debido a la aparición de elementos carbonados de baja masa molecular, y por ende velozmente atacados por microorganismos.

Esta fase, suele durar de 1 a 3 días, dependiendo de la temperatura, la relación carbono-nitrógeno, la proporción de oxígeno, el pH y el número y tipo de microorganismos.

- **Fase Mesotérmica o Mesófila:** Esta etapa se caracteriza por tener temperatura entre 10-45 °C, la formación aeróbica de nitratos, oxidación de compuestos carbonados por hongos y bacterias (flora micro orgánica mesotérmica) y oxidación de sustancias carentes de azufre. El desarrollo metabólico y, por ende, el aumento de calor, aumentan lentamente la temperatura y como consecuencia la microflora termófila presente en una etapa latente en residuos.

La permanencia de esta fase varía y obedece a distintos parámetros, siendo de manera exclusiva susceptible a condiciones de aireación y humedad.

- **Fase Termogénica o Termófila:** Se caracteriza por sus elevadas temperaturas, entre 45-75°C. La flora micro orgánica mesófila es reemplazada por la termófila y comúnmente, en este ciclo se eliminan agentes infecciosos mesotérmicos, larvas de insectos, esporas, semillas y gran parte de elementos no deseados. A medida que se consume los compuestos degradables y se incrementa el nivel de dióxido de carbono, se aminora la flora termófila participante. Este nivel es crucial y sumamente importante para la reducción de patógenos en el material, ya que se ha regularizado la temperatura mínima a obtener y su permanencia.
- **Segunda Fase Mesófila:** Esta etapa inicia con la disminución de la temperatura, niveles menores a 40°C. Esta fase es característica porque nuevamente los microorganismos mesófilos, emplean elementos más fuertes a la biodegradación, como por ejemplo residuos de lignina y celulosa.
- **Fase de Maduración:** Esta etapa se caracteriza porque la temperatura desciende drásticamente hasta niveles muy próximos a la temperatura ambiente. En esta etapa se genera reacciones como la condensación y polimerización, dando lugar a la creación de componentes del tipo húmicas y se disminuyen el material fitotóxico.

Su permanencia depende de varias causas y finalmente los componentes se establecen biológicamente y el proceso concluye. El fin del proceso se caracteriza por la disminución de la acción metabólica, desde el punto de vista microbiológico. Las cualidades del compost se evalúan mediante distintos parámetros. (Mazzarino & Satti, 2012, págs. 6,7 y 8)

2.3.5.2. Métodos de compostaje

Los tipos de compostaje considerando lo descrito por Mazzarino & Satti, (2012), pág. 10 se resumen en la siguiente figura:

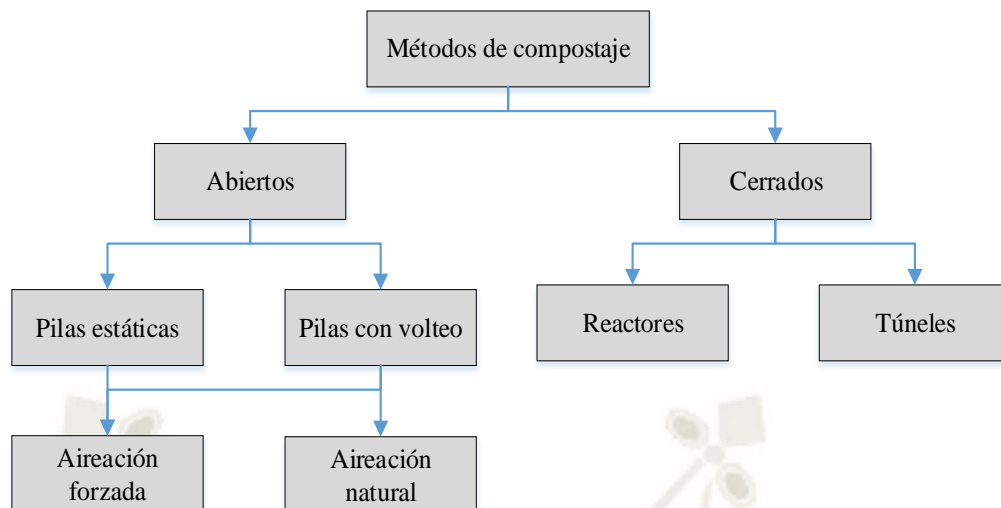


Figura N° 3 Simplificación de los métodos de Compostaje

Fuente: Mazzarino & Satti (2012) pág. 10)

Según lo establecido por Craviotto & Rossi, (2000), los sistemas más comunes utilizados en el compostaje son: sistemas abiertos y sistemas cerrados. Dichos sistemas varían en el modo de introducción del aire, verificación de la temperatura, volteo de material y periodo del proceso. Así mismo se diferencian en inversión inicial y costos de operación.

Las técnicas de compostaje se dividen en:

- Sistemas abiertos o en pilas: (pilas estáticas con aireación). Este sistema se establece en la aireación mecánica.

Según lo establecido por la Universidad Nacional de Colombia, (2014) la técnica de compostaje en sistemas abiertos es simple, económico y el más utilizado. Consiste en el amontonamiento de los residuos sobre el suelo o pavimento, considerando la forma y dimensiones de la pila.

Según Roman, Martinez, & Pantoja, (2013) para la composición de la pila se alternan capas de material, con el fin de lograr una apropiada relación C: N (30:1), así como también un adecuado control de temperatura y humedad. En industrias, se emplea tecnología como aireación forzada, donde se suministra aire mediante canales construidos en el suelo, de modo que se conserva los niveles óptimos de oxígeno.

Rodriguez & Cordova, (2006) afirman que el proceso en un sistema de pilas es recomendable para sectores rurales y es utilizado para la producción en grandes cantidades.

- Sistemas cerrados: Esta técnica encierra el material en una cámara o contenedor, donde existe un mayor control de los parámetros. La mejor ventaja de este tipo de sistema es la rapidez del proceso, debido al control de las condiciones en que se realiza.

Ya que el material se voltea frecuentemente para homogenizar la mezcla e impulsar el flujo de O₂, el tratamiento termina en periodos de 1 a 4 semanas, con una baja obtención de lixiviados y malos olores. Según lo explicado por Rodriguez & Cordova, (2006) este tipo de sistema presenta una producción más elaborada con un costo preliminar alto, sin embargo, la calidad de la mezcla final puede ser altamente controlada.

Según lo establecido por la Universidad Nacional de Colombia, (2014) el área que ocupan en general no supera los 2 m², su instalación es simple, en el interior presenta aspas para la facilitación de trituración del material y agujeros en las caras adyacentes para una mejor aireación al interior del cilindro. Dentro del sistema, los residuos son introducidos, mediante una abertura con cubierta graduable y se desarrolla el proceso de compostaje. El equipo por su diseño favorece el intercambio gaseoso, a través de los volteos manuales regulares, conserva la humedad de la mezcla, evitando su compactación. Previene la producción de malos olores, así como también la aparición de moscas o roedores. El material de la compostera hace que el mismo no se oxide y lo hace resistente. Por otro lado, favorece la transferencia de calor en todo el sistema, incrementando la temperatura de manera homogénea a gran velocidad, factor importante durante las primeras fases de transformación de los residuos.

Compostadores

Son dispositivos empleados a pequeña escala, que se utilizan para realizar compost. Pueden ser elaborados de manera artesanal, o de lo

contrario utilizar innovación tecnológica y producirse a escala industrial, éstos últimos necesitan de un alimentador eléctrico para su funcionamiento, insuflar aire o extraer gases resultantes. Los parámetros humedad y temperatura son medidos automáticamente, pudiendo ser ajustados, de acuerdo al requerimiento. A este tipo de dispositivos se les conoce como rotary drum composting o in-vessel composter. (USEPA, 1977; Stoffella y Kahn, 2004)

Tradicionalmente, existen los denominados Compost Bins (compostadores), los cuales son más simples y su uso está más enfocado a hogares, logrando descentralizar el uso de la técnica del compostaje, cumpliendo un rol relevante en el proceso y en consecuencia, en el éxito de una estrategia de descentralización. (Rynk, 2000; Sánchez et al., 2015)

Se puede trabajar con residuos de origen vegetal como animal y pueden ser instalados en la misma zona de generación o de forma comunitaria, ubicándose a una corta distancia de puntos de generación.

Son fáciles de operar, y el control de factores como la humedad depende de la técnica de la persona responsable del proceso (Rudé-Payró y Torres-Castillo, 2008).

Este tipo de tecnología pueden ser construidos con cajones de madera o dispositivos plásticos, éste último presenta ventajas en el proceso, ya que se encuentra aislado del entorno (lluvia, radiación solar).

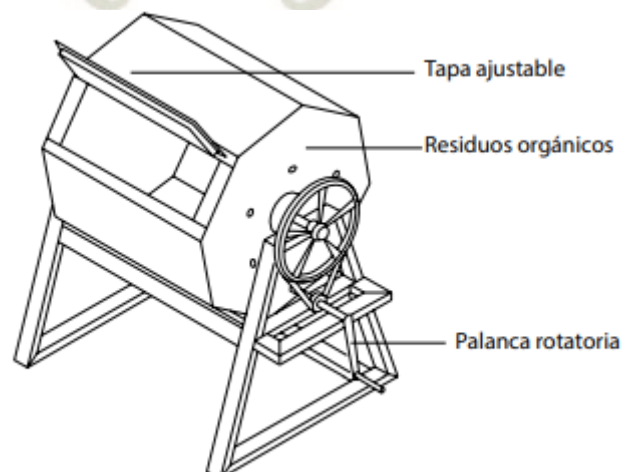


Figura N° 4 Sistema cerrado de compostaje, compostera rotatoria

Fuente: Alcaldía mayor de Bogotá D.C., (2014).

2.3.6. Té de compost

“El té de composta, solución resultante de la fermentación aeróbica de composta en agua, puede utilizarse como fertilizante, debido a que contiene nutrimentos solubles, microorganismos benéficos y compuestos favorables para las especies vegetales” (Dixon & Walsh, 1998).

El té de compost, correctamente elaborado y aplicado, provee un set de microorganismos beneficios, los que pueden ser aplicados al suelo o dispersados sobre el follaje del cultivo. Cabe destacar la gran confusión que existe entre los agricultores, sobre las distintas formas de preparar el té de compost. El té de compost es un extracto biológico que se obtiene por una fermentación aeróbica de compost o humus, el no oxigenar, no permitirá el desarrollo de microorganismos benéficos, e incluso una condición anaeróbica, puede producir ciertas sustancias nocivas para los microorganismos del suelo o las plantas. (Riegel, 2008)

2.4. Marco conceptual

- **Calidad del compost:** Conjunto de propiedades inherentes a un compost que permite caracterizarlo y valorarlo con respecto a los restantes de su especie.
- **Tratamiento:** Método o técnica que permita modificar las características de lo que se estudia.
- **Compost Inmaduro:** Es una materia orgánica que ha pasado por las etapas mesofílica y termofílica del proceso de compostaje donde ha sufrido una descomposición inicial pero no ha alcanzado las etapas de enfriamiento y maduración requeridas para obtener un compost idóneo.
- **Planta de compostaje:** Establecimientos en los que se efectúa el proceso de compostaje. (Riegel, 2008)

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es experimental, analítico y comparativo.

Analítico porque analizará las características fisicoquímicas y microbiológicas del compost y comparativo, porque se comparará las características del compost en dos tipos de sistemas.

3.2. Diseño de la investigación

3.2.1. Campo de verificación

La presente investigación se desarrolló en el distrito de Islay, departamento de Arequipa. Las pruebas para el presente proyecto se realizaron en el Almacén N°3 perteneciente a la municipalidad de Islay.

Como principales unidades de estudio tenemos a los dos sistemas de compostaje implementados: uno abierto (sistemas de pilas con aireación) y el otro cerrado (compostadores), con el fin de realizar el análisis comparativo entre ambas.

- **Condiciones climáticas**

Durante los meses que se llevó a cabo el proyecto, en el distrito de Islay la temperatura se mantuvo entre los 26 y 30 °C, el tiempo no supone ningún inconveniente, por el contrario, favoreció el proceso. Sin embargo, se consideró el parámetro de la humedad, ya que Islay al tener un clima húmedo, (70 % de humedad aprox.), pudo generar cambios en el sustrato evaluado.

Según lo descrito por Roben, “en regiones con poca lluvia, se puede dejar abierta la planta de compostaje para que la lluvia funcione como riego natural” (Roben, 2002).

Todas las mediciones experimentales se realizaron como media en tres réplicas. Los sustratos utilizados se describen a continuación:

Tabla N° 6 Relaciones de mezcla de compostadores y pilas

Tratamientos		Residuos de frutas y verduras	Residuos de poda	Aserrín (kg)	Compost maduro (kg)
Compostadores	1° Repetición	60% 13.2 kg	40% 8.8 kg	0.1	2.5
	2° Repetición	60% 13.2 kg	40% 8.8 kg	0.1	2.5
	3° Repetición	60% 13.2 kg	40% 8.8 kg	0.1	2.5
Pilas	1° Repetición	60% 13.2 kg	40% 8.8 kg	0.1	2.5
	2° Repetición	60% 13.2 kg	40% 8.8 kg	0.1	2.5
	3° Repetición	60% 13.2 kg	40% 8.8 kg	0.1	2.5

Fuente: Elaboración propia

3.2.2. Caracterización de los Residuos Sólidos Orgánicos provenientes de Áreas Verdes Públicas y los generados en el Centro de Abastos de Islay; Distrito de Islay.

3.2.2.1. Generación de residuos sólidos

Debido a la cantidad de puestos, se decide trabajar con los 64 puestos dedicados a la venta y elaboración de alimentos.

La generación se realiza de acuerdo con la “Guía para la caracterización de residuos sólidos municipales, 2019”

La caracterización comienza con la sensibilización a los comerciantes del Centro de Abastos. Para esto, se convoca a una reunión, donde se explica todas las actividades a desarrollar. Se indica los materiales a entregar como bolsas plásticas donde colocarían sus residuos.

Posteriormente cada voluntario del centro de abastos firma un compromiso de colaboración con el programa de caracterización.

Se recogen los residuos sólidos generados diariamente durante 08 días, descartando los residuos del día 0. Los residuos recolectados son trasladados al almacén N° 3 de la municipalidad.

Una vez que se concluya con el pesado de las bolsas durante los días de estudio se procede a digitalizar y validar los datos obtenidos.

Determinación de la densidad de residuos

Para determinar la densidad se realizan los siguientes pasos:

- Se utiliza un cilindro de capacidad de 200 litros y con lados homogéneos.
- Al azar se escogen bolsas de las ya registradas y pesadas y se vacía el contenido dentro del recipiente, anotando el código de las bolsas.
- Se coloca el contenido de las bolsas en el cilindro, dejando libre 10 cm de altura.
- Una vez lleno, se levanta el cilindro unos 15 cm sobre la superficie y se deja caer tres veces, con la finalidad de llenar los espacios del mismo.
- Luego como último paso se mide la altura libre no ocupada por los residuos y se registra el dato correspondiente.
- Estos pasos se repiten los siete días que dura el estudio.

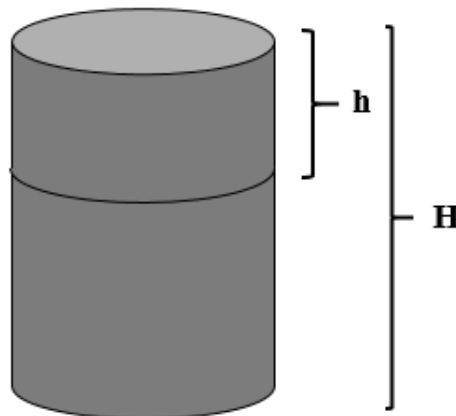


Figura N° 5 Medidas tomadas para el cálculo de la densidad.

Fuente: Guía para la caracterización de residuos sólidos municipales, 2019

3.2.2.2. Determinación de la humedad

Se determina mediante la siguiente forma: se toma una muestra representativa de 1 kg, se calienta a 80°C durante 24 horas, se pesa y se

expresa en base seca o húmeda. Posteriormente se aplica la siguiente fórmula:

Fórmula N° 5 Determinación de humedad de residuos sólidos

$$\text{Humedad} = \frac{\text{Peso}_{\text{inicial}} - \text{Peso}_{\text{final}}}{\text{Peso}_{\text{inicial}}} \times 100$$

El análisis de humedad se realiza en el laboratorio de ensayo y control de calidad de la Universidad Católica de Santa María de Arequipa, el cual cuenta con la acreditación del Instituto Nacional de Calidad (INACAL).

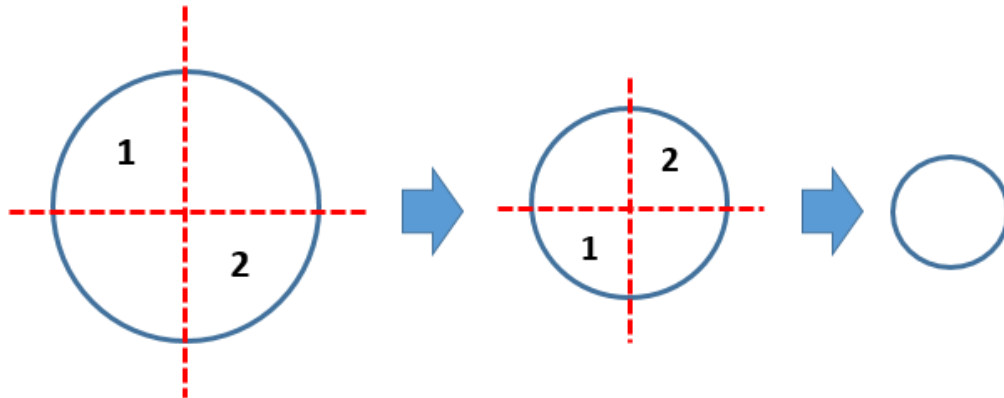
Para recolectar las muestras de materia orgánica se realiza el siguiente procedimiento:

- De los residuos sólidos segregados de la composición física, se selecciona un montículo de residuos sólidos orgánicos al azar y se pesa 1 kg aproximadamente (restos de comida, verduras, frutas, etc.)
- Se tritura los residuos seleccionados en trozos de aproximadamente de 1 cm x 1 cm.
- Se coloca la muestra en bolsas herméticas y se procede a etiquetarlas.
- Se trasladan las muestras debidamente protegidas para su evaluación en el laboratorio ya mencionado.
- Se repite el procedimiento los días 2 y 4 del estudio.

3.2.2.3. Determinación de la composición física

Para ello se emplea la siguiente metodología:

- Se utiliza las bolsas de residuos recolectadas en un día, vaciando el contenido sobre un plástico grande formando un montículo, con la finalidad inicial de homogenizar la muestra.



Dividir en 4 partes los residuos
y tomar las dos partes opuestas

Formar una nueva masa y
repetir la operación hasta
obtener el volumen deseado.

Figura N° 6 Método de cuarteo (Sakurai, 1982)

Fuente: Guía para la caracterización de residuos sólidos municipales, 2018

- Se realiza cuarteos sucesivos hasta obtener un montón con un peso aproximado no menor de 50 kg.
- Con la parte seleccionada se procede a realizar la composición física que consiste en separar los residuos sólidos según su naturaleza y características físicas.
- Se separan los componentes del último montón y se clasifican en:

Tabla N° 7 Tipos de residuos solidos

Tipo de Residuos		Descripción	
Residuos aprovechables	Residuos orgánicos	Residuos de alimentos	Restos de comida, cáscaras, restos de frutas, verduras, hortalizas y otros similares
		Residuos de maleza y poda	Restos de flores, hojas, tallos, grass, otros similares
		Otros orgánicos	Estiércol de animales menores, huesos y similares
	Residuos inorgánicos	Papel Blanco	-
		Papel Periódico	-
		Papel Mixto	páginas de cuaderno, revistas, otros similares
		Cartón Blanco	liso y cartulina
		Cartón Marrón	Corrugado
		Cartón Mixto	Tapas de cuaderno, revistas, otros similares
		Vidrio Transparente	-
		Vidrio Otros colores	Marrón, ámbar, verde, azul, entre otros
		Vidrio Otros	Vidrio de ventana
		PET-Tereftalato de polietileno	Aceite y botellas de bebidas y agua, entre otros similares
		PEAD-Polietileno de alta densidad	Botellas de lácteos, shampoo, detergente líquido, suavizante
		PEBD-Polietileno de baja densidad	Empaques de alimentos, empaques de plástico de papel higiénico, empaques de detergente, empaque film
		PP-Polipropileno	Baldes, tinas, rafia, estuches negros de CD, tapas de bebidas, tapers, bolsas de cereales
		PS-Poliestireno	Tapas cristalinas de cds, micas, vasos de yogurt, cubetas de helado, envases de lavavajilla
		PVC-Policloruro de vinilo	Tuberías de agua, desagüe y eléctricas
		Tetra brik	Envases multicapa
		Latas-hojalata	Latas de leche, atún, entre otros
		Acero	-
		Fierro	-
		Aluminio	-
	Otros metales	-	
	Textiles	Telas	
	Caucho, cuero, jebe	-	
	Residuos no aprovechables	Bolsas plásticas de un solo uso	-
Residuos sanitarios		Papel higiénico/pañales/toallas sanitarias, excretas de mascotas	
Pilas		-	
Tecnopor		Poliestireno expandido	
Residuos inertes		Tierra, piedras, cerámicos, ladrillos, entre otros	
Restos de medicamentos		-	
Envolturas de snacks, galletas, caramelos, entre otros		-	
Otros residuos no categorizados		-	

Fuente: Guía para la caracterización de residuos sólidos municipales, 2019

- Con ayuda de una balanza se pesan los componentes.
- Se calcula el porcentaje de cada componente teniendo en cuenta los datos del peso total de los residuos recolectados en un día (W_t) y el peso de cada componente (P_i): $\text{Porcentaje (\%)} = (P_i/W_t) \times 100$
- Para determinar el porcentaje promedio de cada componente, se efectúa un promedio simple, es decir sumando los porcentajes de todos los días de cada componente y dividiéndolo entre los siete días de la semana.
- Se repite el procedimiento durante la semana que duró el muestreo de los residuos. (Ministerio del Ambiente, 2019)

3.2.2.4. Determinación de la generación áreas verdes

En el caso de la generación de áreas verdes, se realiza el pesado del material producido por la poda de los diferentes parques, bermas, jardines, etc., este procedimiento se realiza una sola vez debido a que esta actividad se programa una vez al mes.

3.2.3. Implementación de dos sistemas de compostaje: pilas y contenedores cerrados; Distrito de Islay

a. Sistema Cerrado

Para elegir el tipo de reactor, se toma en cuenta la rotación. Según lo establecido por Arenas, (2017) refiere que, a diferencia del reactor vertical, uno horizontal permite una adecuada rotación del compostaje, debido a que homogeneiza la mezcla dando resultados óptimos debido a su rotación continua.

Por otro lado, se toma en cuenta la aireación del sistema, para esto es necesario que el sistema tenga una adecuada ventilación.

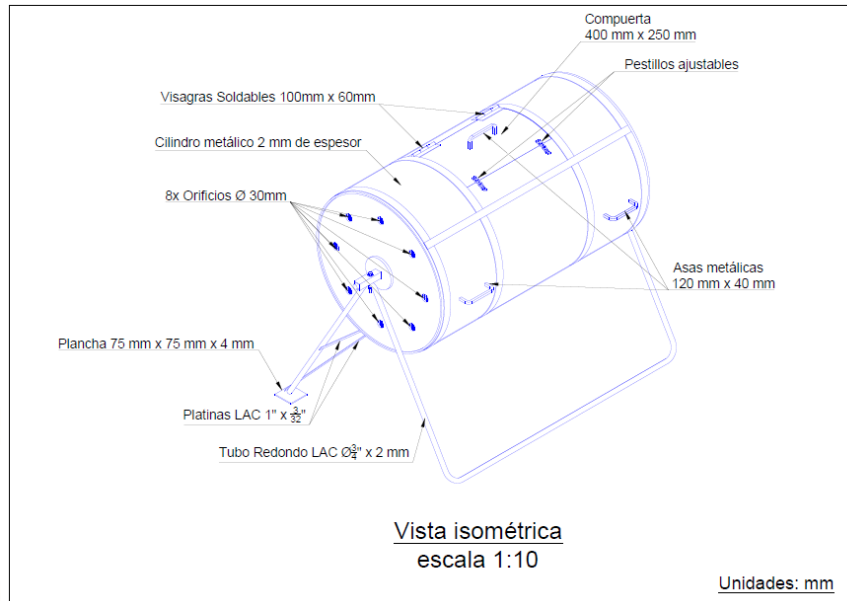


Figura N° 7 Diseño del Compostador

Fuente: Elaboración propia

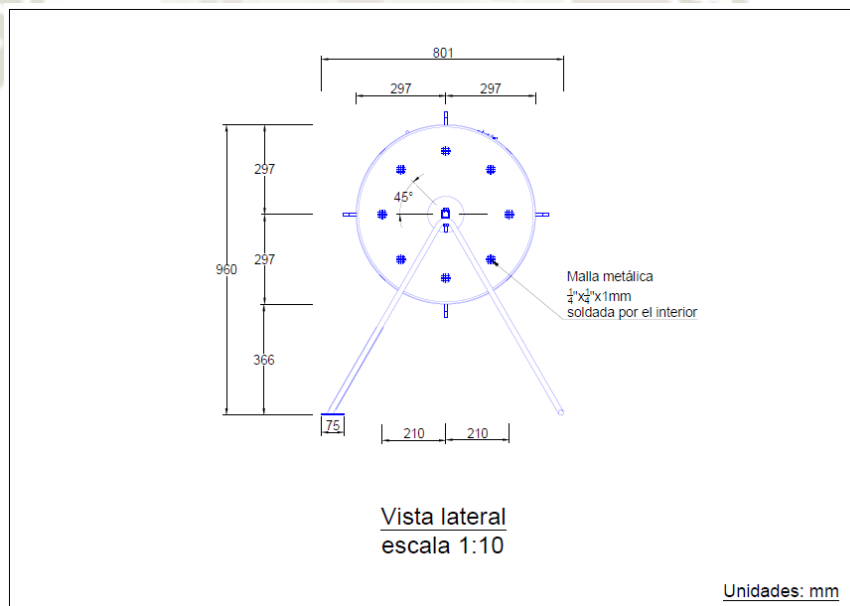


Figura N° 8 Vista lateral del diseño del Compostador

Fuente: Elaboración propia

b. Sistema abierto

El procedimiento es el siguiente:

- Se limpia y nivela la zona, asegurando la eliminación de cualquier elemento que pudiera afectar el proceso de compostaje.
- Se determina el tamaño y volumen de la pila de compost a elaborar. Siendo el tamaño mínimo requerido y utilizado de 1 m³, según la “Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje y lombricultura”, establecida por (Universidad Nacional de Colombia, 2014).
- Se utiliza como base una capa de residuos vegetales seguida de capa de residuos de frutas y verduras y se continúa con esta secuencia.
- Se cubre con un plástico de color negro, con el propósito de disminuir la evaporación del agua y aumentar la temperatura.

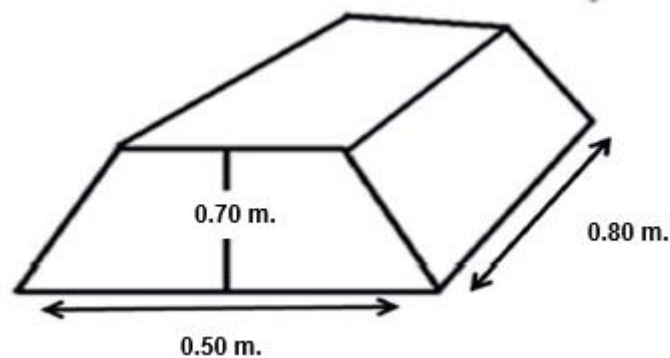


Figura N° 9 Dimensiones de la pila

Fuente: Elaboración propia

3.2.4. Determinación fisicoquímica de la calidad del compost obtenida en los dos tipos de sistema.**3.2.4.1. Monitoreo del proceso de compostaje****a. Temperatura**

La temperatura se mide en tres puntos a diferentes distancias y profundidades. Posteriormente se realiza el promedio de los tres datos.

Cabe resaltar que la medición de dicho parámetro se realiza antes de rotar los compostadores para evitar errores por disipación del calor.

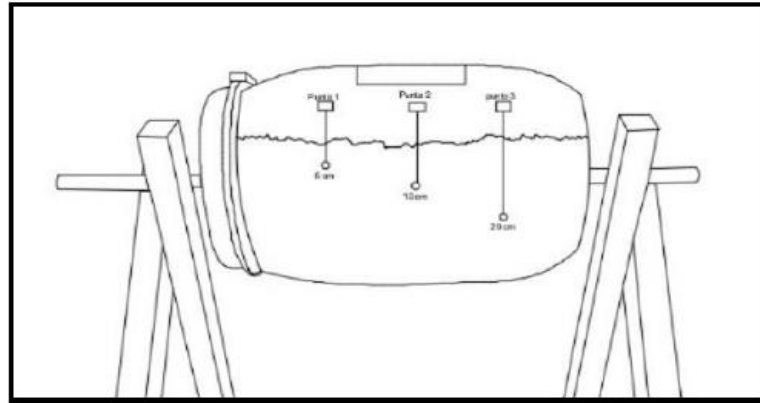


Figura N° 10 Puntos de medida en el compostador

Fuente: Céspedes Sanchez & Jimenez Farieta, (2018)

Para el caso de la pila, se toma la temperatura a 30 cm del interior de la misma (Céspedes Sanchez & Jimenez Farieta, 2018).

En la figura N° 11 se muestra el termohigrómetro, equipo utilizado para la medición de la temperatura. “Las mediciones se realizan en horas matutinas, con la finalidad evitar distorsiones por la alta radiación solar u otros factores meteorológicos” (Cabrera & Rossi, 2016).



Figura N° 11 Equipo utilizado para medir la temperatura de la mezcla

Fuente: Elaboración propia

b. Ph

Dicho parámetro se monitorea de forma periódica, con el objetivo de controlar la acidez o alcalinidad de la disolución.

“La medición del pH se realiza con un multiparámetro marca WTW, modelo 3430. Se prepara un extracto acuoso de la muestra en agua destilada; a una relación 1:5 (p/v)” (Cabrera & Rossi, 2016).



Figura N° 12 Equipo utilizado para medir el pH de la mezcla

Fuente: Elaboración propia

c. Humedad

Durante el volteo semanal, se emplea la técnica del “puño cerrado”, establecido por Roman, Martinez, & Pantoja, (2013) para el riego de los tratamientos. Para realizar este método se introduce la mano en el sustrato, se retira un puñado de material y se abre la mano. El material debe quedar compacto, pero sin escurrir agua.



Figura N° 13 Medición de la humedad mediante la técnica del “puño cerrado”

Fuente: Universidad Nacional de Colombia, 2014

d. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica se monitorea con el objetivo de controlar la salinidad de la disolución. La conductividad eléctrica debería descender conforme va siguiendo el proceso.

La conductividad se monitorea de forma periódica con ayuda de un multiparámetro marca WTW, modelo 3430. Se prepara un extracto acuoso de la muestra en agua destilada; a una relación 1:5 (p/v).

e. Relación Carbono-Nitrógeno

La relación C: N varía en función del material de partida y se obtiene la relación numérica al dividir el contenido de C (% C total) sobre el contenido de N total (%N total) de los materiales a composta. Esta relación también varía a lo largo del proceso, siendo una reducción continua, desde 35:1 a 15:1. El análisis de este parámetro se realiza en el laboratorio del INIA. (Cueto, 2017)

3.2.4.2. Parámetros medidos en laboratorio

La materia orgánica, el nitrógeno, fósforo, la relación C-N y coliformes termo tolerantes deben ser medidos en un laboratorio acreditado por el INACAL.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Línea base de la investigación

El distrito de Islay se sitúa a 85 m.s.n.m. Se encuentra situada a los $72^{\circ}06'20''$ de longitud oeste del meridiano de Greenwich y a los $17^{\circ}00'09''$ de latitud sur. El distrito de Islay está conformada por siete zonas, representadas principalmente por asentamientos humanos, conformando 384.08 km^2 de superficie.

4.1.1. Ubicación geográfica distrito de Islay



Figura N° 14 Ubicación Geográfica del Distrito de Islay

Fuente: Google drive, 2020

4.1.2. Clima del distrito de Islay

En el distrito de Islay, el mes con temperatura más alta es enero (30.3°C); la temperatura más baja se da en el mes de julio (20.54°C), los meses con mayor humedad se presentan de mayo a setiembre. (SENAMHI, 2019). SENAMHI (2020). Estadísticas climatológicas de Islay. Arequipa.

El proyecto se elaboró entre los meses de noviembre del 2019 a enero 2020, donde se evidencian temperaturas elevadas, debido a la temporada de verano y humedad relativamente alta.

Tabla N° 8 Estadísticas climatológicas de Islay

Año	Mes	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Humedad relativa (%)	Precipitación (MI)
2019	Marzo	28.60	19.49	76.03	0.00
	Abril	26.41	17.34	76.38	-99.9
	Mayo	23.9	15.8	78.33	0
	Junio	21.89	13.48	78.98	0
	Julio	20.54	13.78	78.41	0
	Agosto	21.11	13.23	77.96	0
	Setiembre	21.16	14.34	81.82	-110.91
	Octubre	23.18	15.23	77.36	-35.68
	Noviembre	26.64	17.68	75.44	0
2020	Diciembre	28.82	18.77	69.69	0
	Enero	30.3	21.62	75.31	0.42
	Febrero	31.24	21.56	72.01	0.01

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. 2019

4.2. Caracterización de los Residuos Sólidos Orgánicos provenientes de Áreas Verdes Públicas y los generados en el Centro de Abastos de Islay; Distrito de Islay.

4.2.1. Áreas verdes

El distrito de Islay cuenta con una relativa superficie de zonas verdes urbanas. El área total es aproximadamente 27178.99 m², distribuidos por zonas de la siguiente manera:

Tabla N° 9 Distribución de áreas verdes en el distrito de Islay

Zona	Nombre	Superficie
Plazas	Plaza El Farito	586.84 m ²
	Plaza Los Lobitos	778.27 m ²
	Plaza San Miguel	2938.98 m ²
Parques	Parque Ecológico	2373.02 m ²
	Parque La Libertad	998.56 m ²
	Parque Jorge Chávez	1068.50 m ²
	Parque Infantil Alborada	743.72 m ²
Jardines y áreas verdes	Carretera Interoceánica	17691.1 m ²
Total		27178.99 m²

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 15 Distribución de áreas verdes en el distrito de Islay

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 10 Composición porcentual de residuos provenientes de áreas verdes

Tipos de residuo	Cantidad generada Kg/semanal	Composición porcentual %
1. Restos de césped	165.72	40.48
2. Follaje (ramas y hojas)	75.34	18.4
3. Tallos	69.63	17.0
4. Maleza	98.71	24.11
Total	409.4	100%

Fuente: Elaboración propia

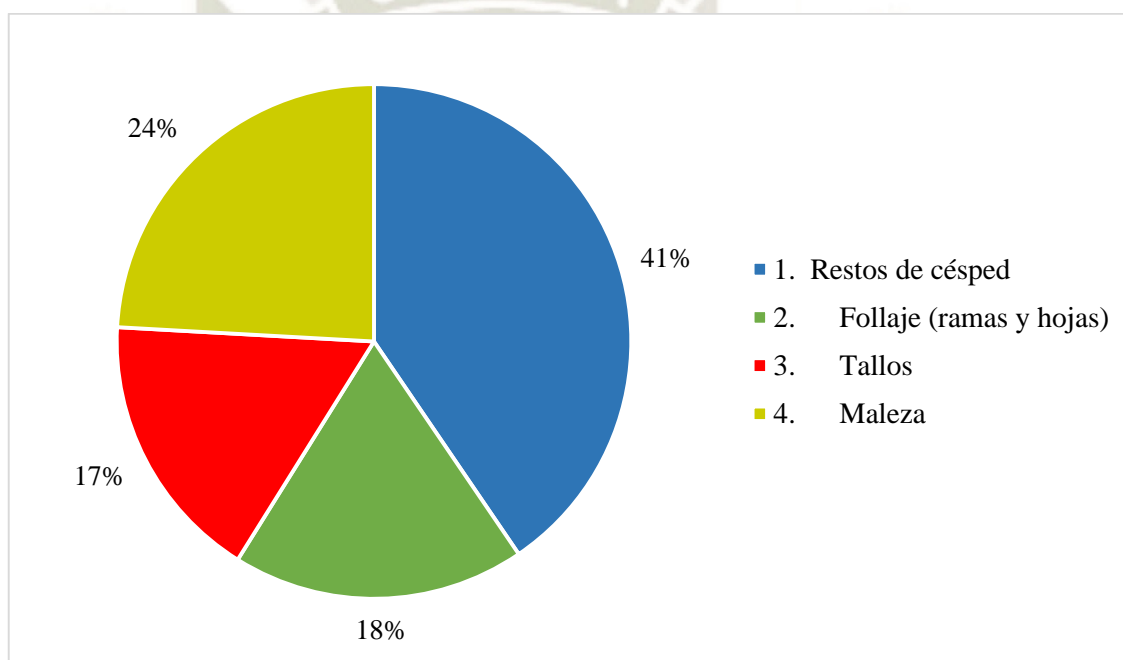


Figura N° 16 Composición porcentual de residuos provenientes de áreas verdes

Fuente: Elaboración propia

Según la Figura N°16 se muestra que un gran porcentaje de residuos provenientes del mantenimiento de áreas verdes son restos de césped, con un 41%, seguido por maleza (24%) y finalmente por follaje y tallos (18% y 17% respectivamente). Dicho porcentaje está relacionado con la cantidad de áreas verdes que presenta el distrito, ya que, según la distribución de áreas verdes en el distrito de Islay, existe mayor extensión de jardines y áreas verdes, zonas donde se concentra mayor cantidad de grass natural.

Los residuos generados de las áreas verdes del distrito provienen de la poda de césped, cercos vivos y árboles.

En la Tabla N°11 se presenta los datos de generación de residuos de las áreas verdes, en total se tiene 36 kg/día.

Tabla N° 11 Generación de residuos de poda

Áreas verdes	Generación total (kg/día)	Generación total (ton/año)
Residuos de poda	36	13.14

Fuente: Caracterización de residuos sólidos Islay. 2019

4.2.2. Determinación de la generación total diaria de residuos orgánicos del centro de abastos “Virgen de Copacabana”

El centro de Abastos “Virgen de Copacabana cuenta con 64 puestos distribuidos de la siguiente manera:

Tabla N° 12 Distribución de puestos y tiendas del centro de abastos “Virgen de Copacabana”

Nivel	Sección o puesto	Cantidad de puestos
1° Planta	Abarrotes y bazar	13
	Verduras	6
	Platos fríos	8
	Jugos	4
	Carnes, pescados y mariscos	9
	Frutas	8
	Exteriores	9
2° Planta	Comedores	7
Total		64

Fuente: Elaboración propia

Para el estudio de caracterización se obtuvo una generación diaria de 232 .82 kg/día de residuos sólidos en general.

Tabla N° 13 Generación total de residuos sólidos por día

	Generación diaria Kg/día							
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Total
Generación diaria	241.19	236.32	235.22	231.14	245.10	225.05	215.75	1629.77

Fuente: Caracterización de residuos sólidos Islay. 2019

Tabla N° 14 Proyección de residuos solidos

Centro de Abastos	Generación total (kg/día)	Generación semana	Generación total (kg/mes)	Generación total (ton/año)
Virgen de Copacabana	232.82	1629.74	6984.45	84.98

Fuente: Estudio de caracterización de Islay. 2019

Para la evaluación de parámetros de caracterización, se tomó en consideración los 64 puestos del Centro de Abastos “Virgen de Copacabana”. En la tabla N°15 se muestra la generación por rubro.

Tabla N° 15 Generación de residuos sólidos por rubro

Nivel	Rubro	Cantidad de puestos	Generación de residuos sólidos por puesto (Kg/día)	Generación de residuos sólidos totales (Kg/día)	Porcentaje de generación de residuos sólidos totales (%)	Generación de residuos sólidos orgánicos (Kg/día)	Porcentaje de generación de residuos sólidos totales (%)
1°Planta	Abarrotes y bazar	13	2.44	31.72	13.62%	6.39	4.15%
	Verduras	6	2.21	13.24	5.69%	7.36	4.78%
	Platos fríos	8	3.91	31.29	13.44%	23.5	15.27%
	Jugos	4	4.74	18.97	8.15%	17.34	11.27%
	Carnes, pescados y mariscos	9	4.65	41.86	17.98%	33.64	21.87%
	Frutas	8	2.7	21.63	9.29%	9.54	6.20%
	Exteriores	9	3.31	29.81	12.80%	16.87	10.97%
2°Planta	Comedores	7	6.33	44.31	19.03%	39.21	25.49%
Total		64		232.83	100.00%	153.85	100.00%

Fuente: Elaboración propia

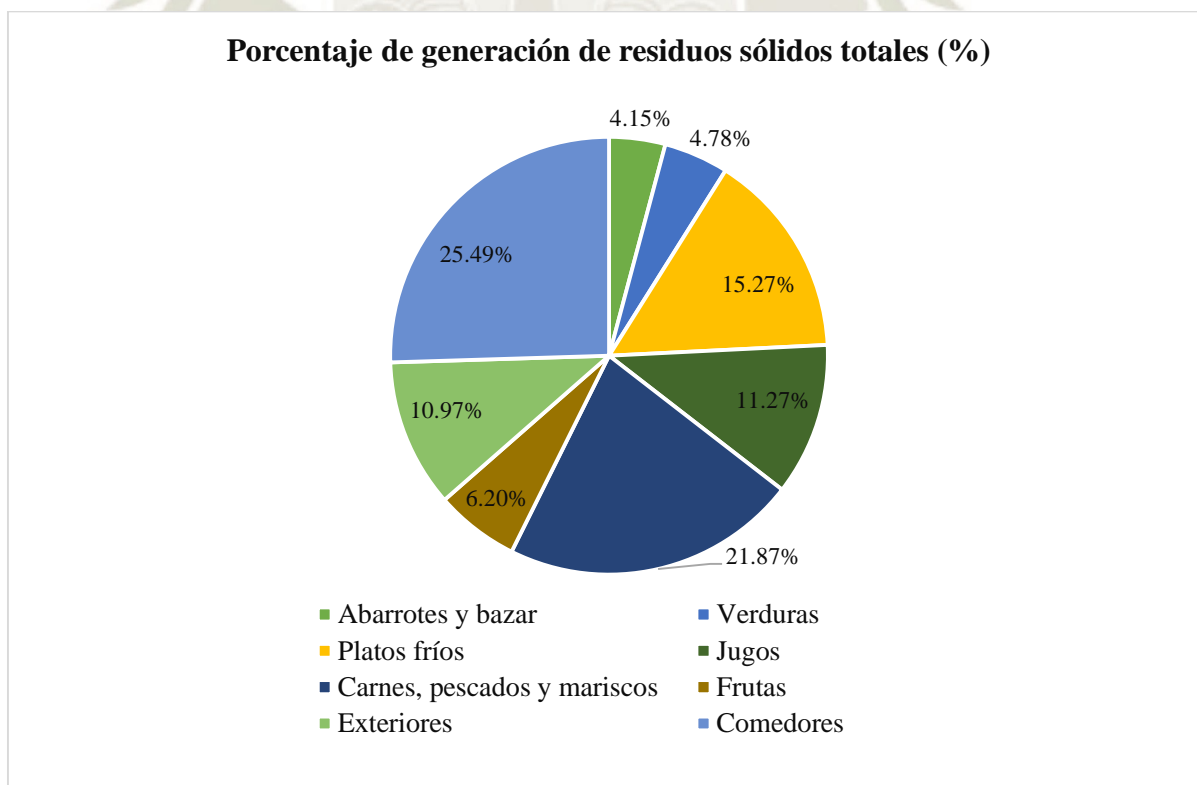


Figura N° 17 Porcentaje de generación de residuos sólidos totales (%)

Fuente: Elaboración propia

La generación total diaria estimada de residuos orgánicos resultó de 153.85 kg. La tabla N° 17 muestra que los comedores (25.49%) generan mayor cantidad de residuos orgánicos y la sección que genera menor cantidad de residuos son los puestos de verduras, esto podría deberse a la desigualdad de rubros, mientras uno ofrece un servicio, el otro realiza la venta de insumos.

La diferencia de la generación de residuos sólidos también depende de la cantidad de puestos por cada rubro.



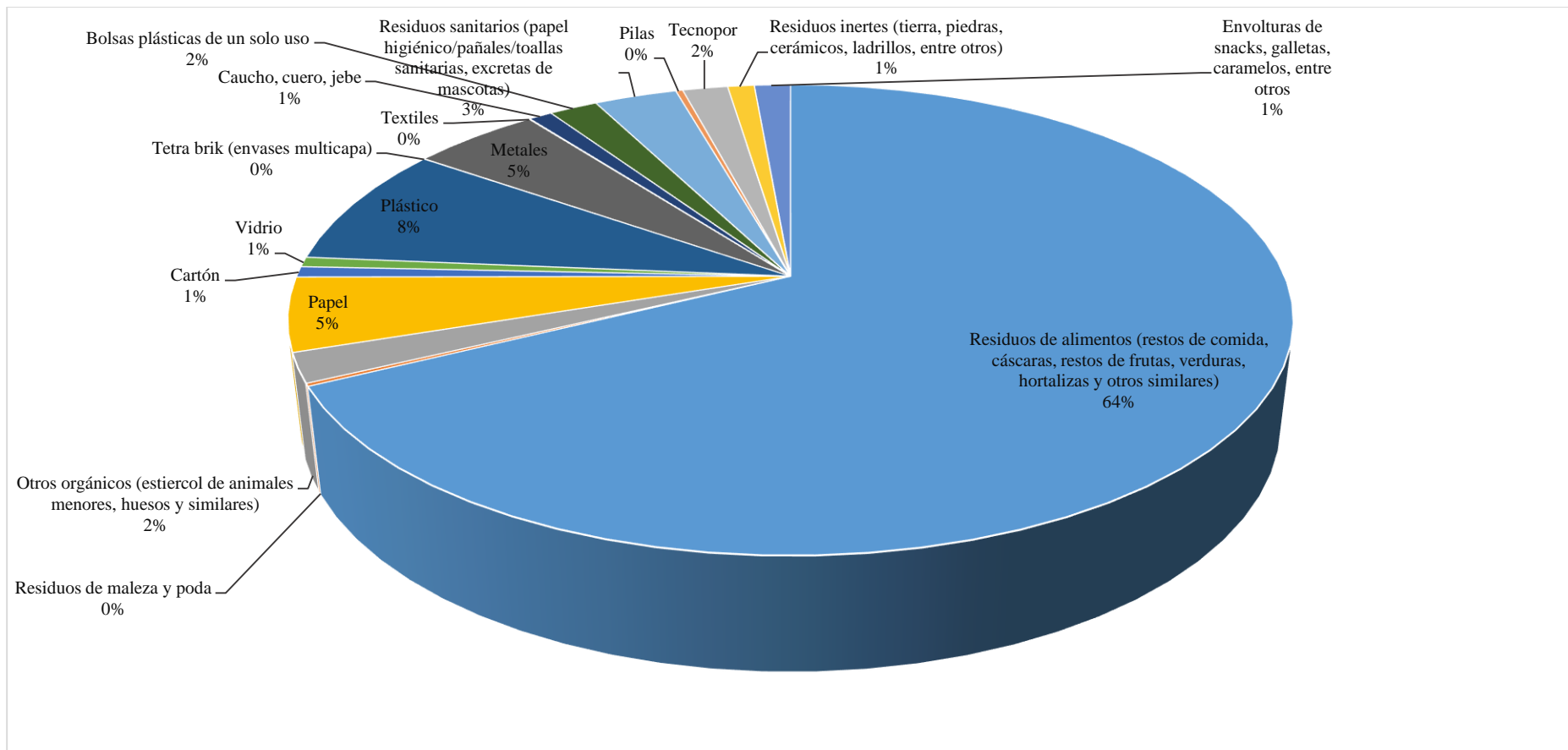


Figura N° 18 Determinación de la composición total

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.1. Determinación de la densidad

Como se observa en la tabla N° 16 la densidad aparente promedio de los residuos orgánicos fue 205.84 kg/m³.

Tabla N° 16 Densidad aparente de residuos orgánicos

Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Promedio (Kg/m ³)
203.99	212.34	219.61	206.20	213.32	185.89	199.53	205.84

Fuente: Elaboración propia

4.3. Implementación del proceso de compostaje a pequeña escala a través de un sistema abierto (pilas) y un sistema cerrado (compostador) en el distrito de Islay

4.3.1. Selección del lugar

Se escogió el Almacén N°3 de la Municipalidad distrital de Islay para llevar a cabo todo el proyecto, se tuvo en consideración lo señalado en el Reglamento del Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM que indica las condiciones mínimas en una planta de valorización:

- No deben ubicarse en áreas de zonificación residencial, comercial o recreacional;
- No obstaculizar el tránsito vehicular o peatonal;
- Disponer de un sistema de lavado, limpieza y fumigación;
- Contar con canales para la evacuación de aguas de lluvia, según corresponda. (Organismo de evaluación y fiscalización ambiental OEFA, 2015)



Figura N° 19 Planta de valorización de residuos solidos

Fuente: Elaboración propia

4.3.1.1. Acondicionamiento del lugar

El acondicionamiento del lugar consistió en colocar plástico doble ancho de polipropileno en el terreno de trabajo, esto para evitar que los lixiviados contaminen el suelo.



Figura N° 20 Acondicionamiento del lugar

Fuente: Elaboración propia

4.3.1.2. Composición de material para compostar

Según lo estudiado por (Consejo de Urbanismo y transición ecológica, 2018) se realizaron los siguientes cálculos necesarios y básicos para establecer los porcentajes correspondientes por cada material a utilizar:

- a) Se sumaron los kilos de ambos componentes de la mezcla (en este caso $13.2\text{kg} + 8.8\text{kg} = 22\text{ kg}$ que se toma como el 100% del peso).
- b) Se halló el porcentaje correspondiente a cada componente, mediante una regla de tres simple para cada uno de los componentes:

22 kg de mezcla es-----100%

13.2 kg residuos de frutas y verduras-----x

x=60%

22 kg de mezcla es-----100%

8.8 kg de residuos de poda-----x

x=40%

- c) Luego de haber hallado el porcentaje de cada uno de los componentes en la mezcla, se dividió cada uno entre 100, dando:
- Componente residuos frutas y verduras: $(60\%)/100 = 0.60$
 - Componente residuos de poda: $(40\%)/100 = 0.40$
- d) Los resultados anteriores se multiplicaron por sus correspondientes valores en la tabla N°2 Relación C:N de algunos materiales usados en el compostaje, dando:
- Componente residuos frutas y verduras: $0,60 \times 14 = 8,4$
 - Componente residuos de poda: $0.40 \times 44 = 17.6$
- e) Por último se sumó estos dos valores, obteniendo 26 de relación carbono por 1 de nitrógeno (26/1).

Por lo tanto, de acuerdo a los cálculos realizados se estableció el siguiente porcentaje:

- 60 % de residuos de frutas y verduras
- 40 % de residuos de poda

Según Roman, Martínez, & Pantoja, (2013) representa un adecuado valor para el inicio del proceso de compostaje.

De acuerdo con lo estudiado Pravia & Sztern, (1999) se considera adecuada una relación C: N de 20 a 30 para el inicio del proceso, tomando en cuenta que el material a compostar sea de 25 unidades de Carbono por una unidad de Nitrógeno.

Se evidencia que por encima de 30 el proceso se ralentiza y es probable que los nutrientes no se aprovechen de manera adecuada, pudiendo llegar a perjudicar la calidad del producto final.

Por otro lado, según O'Leary & Walsh, (1995) si las cantidades de nitrógeno son elevadas, el desarrollo del proceso es muy rápido, acelerando la descomposición y creando un descenso acelerado de oxígeno, originando que las condiciones se vuelvan anaeróbicas, propiciando así malos olores.

4.3.1.3. Selección del sistema de compostaje

Para el presente trabajo de investigación, se evaluó dos tipos de sistemas: uno abierto (sistemas de pilas con aireación) y el otro cerrado (compostador). Se realizaron tres repeticiones por cada sistema.

4.3.1.4. Diseño de compostadores

Para la construcción del compostador, se utilizó un cilindro de capacidad de 200 litros y con lados homogéneos, material plástico de alta densidad, ya que dicho material evita que la temperatura disipe al exterior, así como también se evita la oxidación o deterioro del material al trabajar en un ambiente húmedo. La altura y diámetro del recipiente cilíndrico es de: diámetro: 0.59 m. y altura 0.98 m.

Posteriormente se incorporó una abertura fijada con bisagras, con el fin de monitorear el proceso. En las bases del cilindro se perforaron ocho orificios de 3cm aproximadamente cada uno, a manera de que se oxigene el material; se colocó una malla galvanizada electro soldada cuadrada 1/4" x 1/4" x 1 mm para evitar la pérdida de material.

La rotación del sistema se basó en la implementación de una manija de fierro fijada en medio de una de las tapas del sistema.

La base del compostador se compone de dos pares de estructuras, fabricadas de madera.

Según Céspedes Sanchez & Jimenez Farieta, (2018) el óptimo volumen que debe ocupar la mezcla es del 80% que equivale a 0,45 m³ de la capacidad total que tiene cada compostador.



Figura N° 21 Compostadores

Fuente: Elaboración propia

4.3.1.5. Diseño de pilas

Se realizó el acondicionamiento del lugar, posteriormente se realizó el incremento de residuos orgánicos y esta se hizo capa por capa. La primera capa fue de desechos “principalmente secos, tales como ramas leñosas de restos vegetales, paja, cartón, etc. La siguiente capa contuvo materiales frescos que fueron de las áreas verdes públicas y los generados en el centro de abastos del distrito de Islay” (Agromática , 2020).

Cada capa fue regada para iniciar el proceso de descomposición de nuestro compost en pilas. Las dimensiones de la pila fueron: 0.70 m de altura, 0.80 m de largo y 0.50 m. de ancho.



Figura N° 22 Pilas establecidas

Fuente: Elaboración propia

4.3.1.6. Pretratamiento

Con ayuda de machetes, se realizó la trituración de residuos, reduciendo el tamaño de los mismos a un tamaño promedio 2-3 cm. A partir de este procedimiento se obtuvo partículas más pequeñas y de mayor superficie de ataque.



Figura N° 23 Trituración del material

Fuente: Elaboración propia

Según lo estudiado por Roman, Martínez, & Pantoja, (2013) la actividad microbiana está relacionada con el tamaño de la partícula. Si las partículas son pequeñas, hay una mayor superficie específica, lo cual facilita el acceso al sustrato. El tamaño ideal de los materiales para comenzar el compostaje es de 5 a 20 cm.



Figura N° 22 Material orgánico triturado

Fuente: Elaboración propia

4.3.1.7. Volteo

De acuerdo con lo establecido por Rodríguez & Cordova, (2006), se recomienda realizar un volteo semanal durante las 3 a 4 primeras semanas del proceso de compostaje, y luego se puede pasar a un volteo quincenal. Esto dependiendo de las condiciones climáticas, de la humedad de las pilas de compostaje y el aspecto del sustrato que se está compostando.

Se realizó el volteo de forma semanal, durante el primer mes del proceso, en el caso de pilas. Para el caso de los compostadores, éstas fueron volteadas diariamente de forma manual.

El volteo que se realiza en las pilas de compostaje es muy importante para el proceso del desarrollo microbiano, ya que los microorganismos requieren de oxígeno para poder degradar la materia orgánica. Para el presente proyecto, el volteo de cada pila se realiza manualmente con la ayuda de una lampa.

En el caso de los compostadores, estos fueron volteados diariamente por 3 minutos.

Tabla N° 17 Ingreso y salida de material para ambos sistemas

Tratamientos		Residuos de frutas y verduras	Residuos de poda	Aserrín (kg)	Compost maduro (kg)	Material de ingreso (kg)	Material de salida (kg)	Pérdida de materia (%)
Compostadores	1° Repetición	60% 13.2 kg	40% 8.8 kg	0.1	2.5	24.6	9.30	38.00
	2° Repetición	60% 13.2 kg	40% 8.8 kg	0.1	2.5	24.6	9.15	37.00
	3° Repetición	60% 13.2 kg	40% 8.8 kg	0.1	2.5	24.6	9.21	37.00
Pilas	1° Repetición	60% 13.2 kg	40% 8.8 kg	0.1	2.5	24.6	10.50	43.00
	2° Repetición	60% 13.2 kg	40% 8.8 kg	0.1	2.5	24.6	10.50	45.00
	3° Repetición	60% 13.2 kg	40% 8.8 kg	0.1	2.5	24.6	10.64	43.00

Fuente: Elaboración propia

Según la Tabla N°17, la pérdida de materia en compostadores fue del 37.3 %, mientras que para pilas fue 43.67%. Si bien los valores son cercanos, el porcentaje en pilas resultó mayor por un 6.37 %, pudiendo deberse a la exposición de pilas con el exterior.

4.4. Determinación fisicoquímica de la calidad del compost obtenida en los dos tipos de sistema.

4.4.1. Seguimiento de los parámetros de control

El seguimiento de la variación de los valores de los parámetros medibles en campo, a lo largo del proceso de compostaje, permitió ver que el mismo se esté ejecutando en óptimas condiciones, por ello es importante realizar un seguimiento periódico en ambos sistemas de compostaje. Los parámetros evaluados fueron. (Rodriguez & Cordova, 2006)

a. Temperatura

“Se midió semanalmente durante todo el proceso de compostaje. Es deseable que la temperatura no baje rápido puesto que, a mayor temperatura y tiempo, mayor es la velocidad de descomposición y mayor higienización” (Rodríguez & Cordova, 2006).



Figura N° 23 Toma de Temperatura

Fuente: Elaboración propia

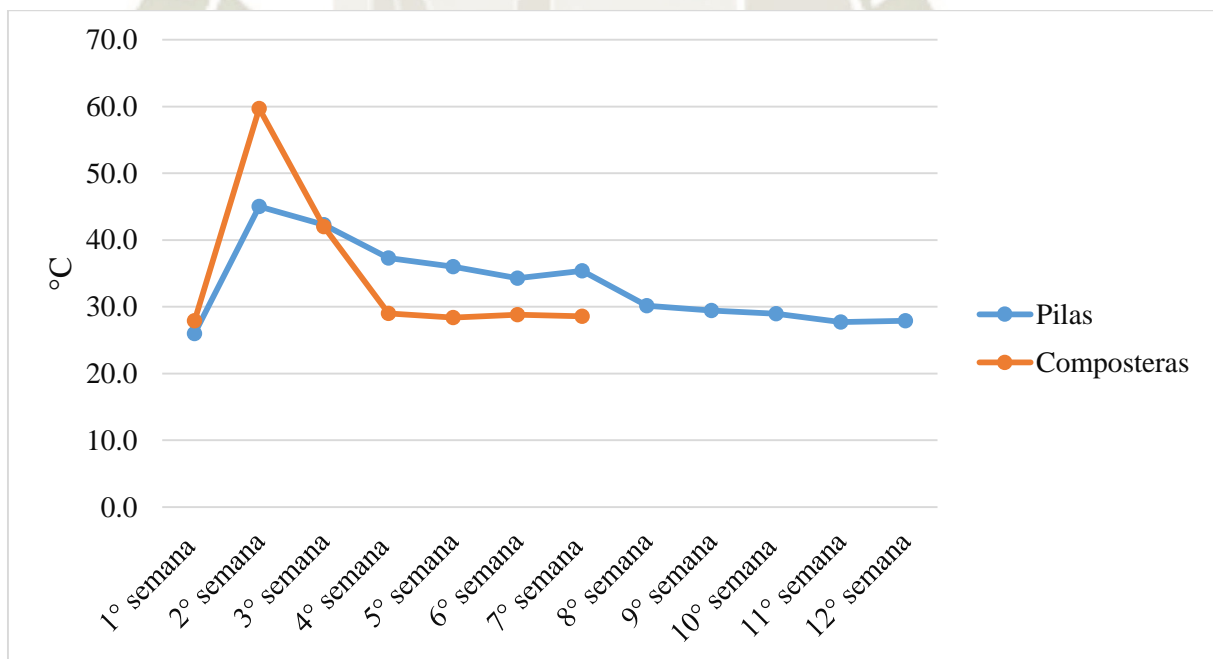


Figura N° 24 Temperatura monitoreada en ambos sistemas

Fuente: Elaboración propia

La Figura N°24 muestra el comportamiento de la temperatura en ambos sistemas. Se puede observar el aumento de la temperatura a

la segunda semana de iniciado el proceso, esto coincide con la bibliografía, puesto que en la etapa termófila la temperatura tiende al incremento debido a que los microorganismos mesófilos son reemplazados por aquellos que crecen a mayores temperaturas (bacterias termófilas), facilitando así la degradación de fuentes complejas de carbono como la celulosa y lignina. (Roman, Martinez, & Pantoja, 2013)

b. pH

La frecuencia de medición del pH se realizó semanalmente. Los resultados se encuentran en la Figura N°

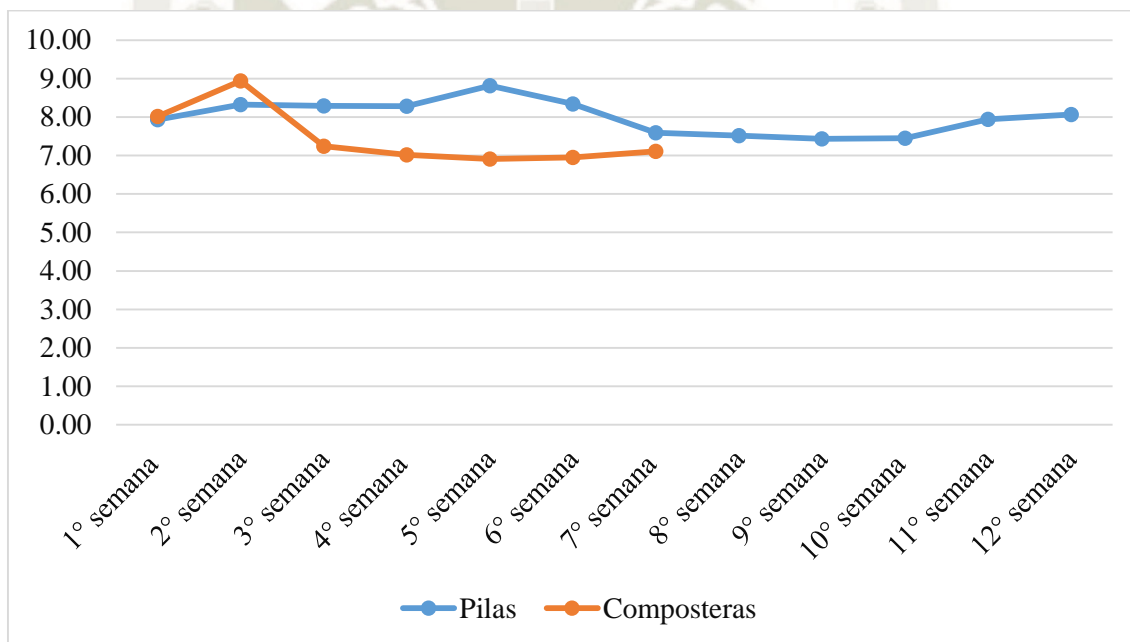


Figura N° 25 pH monitoreado

Fuente: Elaboración propia

La figura N°25 muestra un pH constante situado entre 7 y 9, a lo largo de todo el proceso. El pH tiene un comportamiento similar al de la temperatura, a partir de la segunda semana tiende al incremento, debido a que microorganismos termófilos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco. Posteriormente el pH desciende levemente tomando valores cercanos a la neutralidad.



Figura N° 26 Medición del pH

Fuente: Elaboración propia

c. Humedad

“La humedad es un parámetro estrechamente vinculado a los microorganismos, ya que el agua constituye el medio de transporte de los nutrientes. Durante el volteo semanal, se empleó la técnica del “puño cerrado”, establecido por” Roman, Martinez, & Pantoja, (2013). Para el riego de los tratamientos. Para realizar este método se introdujo la mano en el sustrato, se sacó un puñado de material y se abrió la mano. El material debe quedar compacto, pero sin escurrir agua.



Figura N° 27 Técnica del puño cerrado

Fuente: Elaboración propia

d. Conductividad eléctrica

La conductividad se midió semanalmente con ayuda de un multiparámetro marca WTW.



Figura N° 28 Medición de la Conductividad

Fuente: Elaboración propia

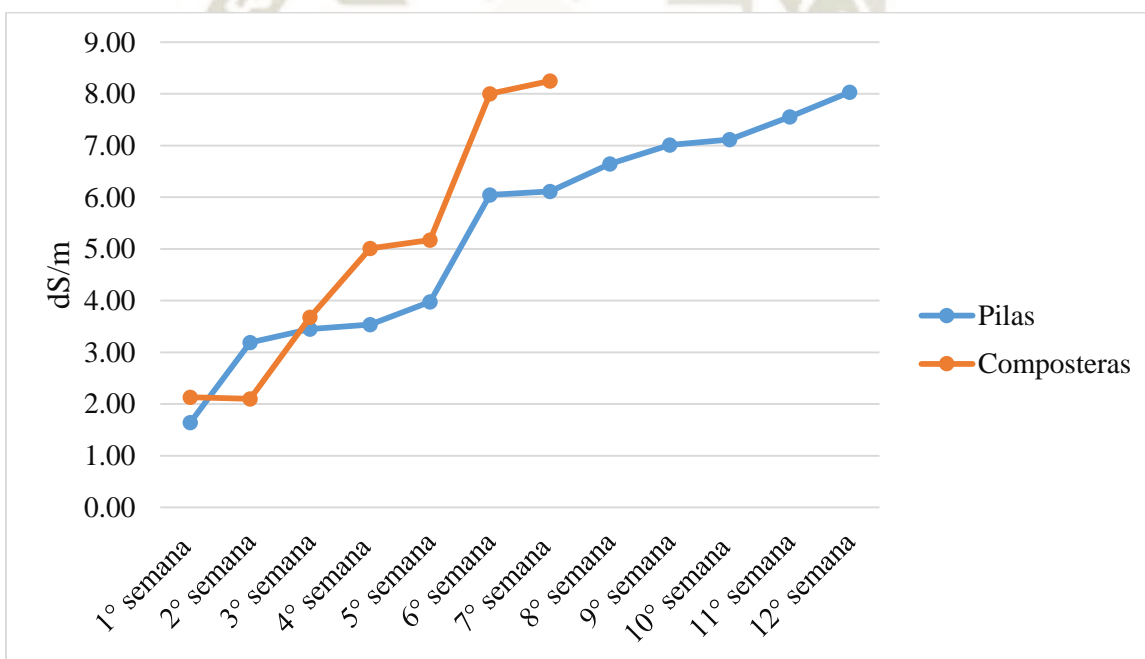


Figura N° 29 Conductividad eléctrica monitoreada en sistema abierto y cerrado

Fuente: Elaboración propia

Según la figura N°29 la conductividad eléctrica aumenta a lo largo del proceso, esto puede deberse a la concentración de minerales, producto de la disminución de humedad en el proceso. Por lo tanto, la humedad y la conductividad eléctrica son parámetros indirectamente proporcionales.

4.4.2. Parámetros establecidos en laboratorio

Tabla N° 18 Parámetros evaluados al inicio y final en pilas y compostadores

Parámetros	Sistemas de compostaje			
	Pilas		Compostadores	
	sustrato (inicial)	compost (final)	sustrato (inicial)	compost (final)
Materia orgánica %	40.69 ± 2.79	24.82 ± 2.42	37.79 ± 2.16	26.61 ± 1.39
Nitrógeno total %	1.98 ± 0.11	1.41 ± 0.04	1.65 ± 0.09	1.62 ± 0.17
Fósforo (P ₂ O ₅) ppm	3683.33 ± 453.69	3100 ± 264.58	4616.67 ± 633.11	3200 ± 0
Conductividad eléctrica dS/m	2.84 ± 0.76	8.96 ± 0.5	3.82 ± 0.35	8.36 ± 0.39
pH	8.79 ± 0.12	7.93 ± 0.02	9.06 ± 0.04	7.81 ± 0.04
Relación Carbono-Nitrógeno	11.98/1 ± 0.83	10.20/1 ± 0.85	13.34/1 ± 1.52	8.29/1 ± 1.81
Humedad %	55.82 ± 0.62	49.81 ± 0.40	60.16 ± 0.87	55.77 ± 0.31
Coliformes termo tolerantes NMP/100gr	-	<18	-	<18

Fuente: Elaboración propia

4.4.2.1. Materia orgánica

Tabla N° 19 Análisis de varianza para Materia orgánica (%) del compost final

PARAMETRO	SC	GL	CM	F	P
Materia orgánica (%)	4.788	1	4.788	1.231	0.329460
Error	15.562	4	3.890		

Fuente: Elaboración propia

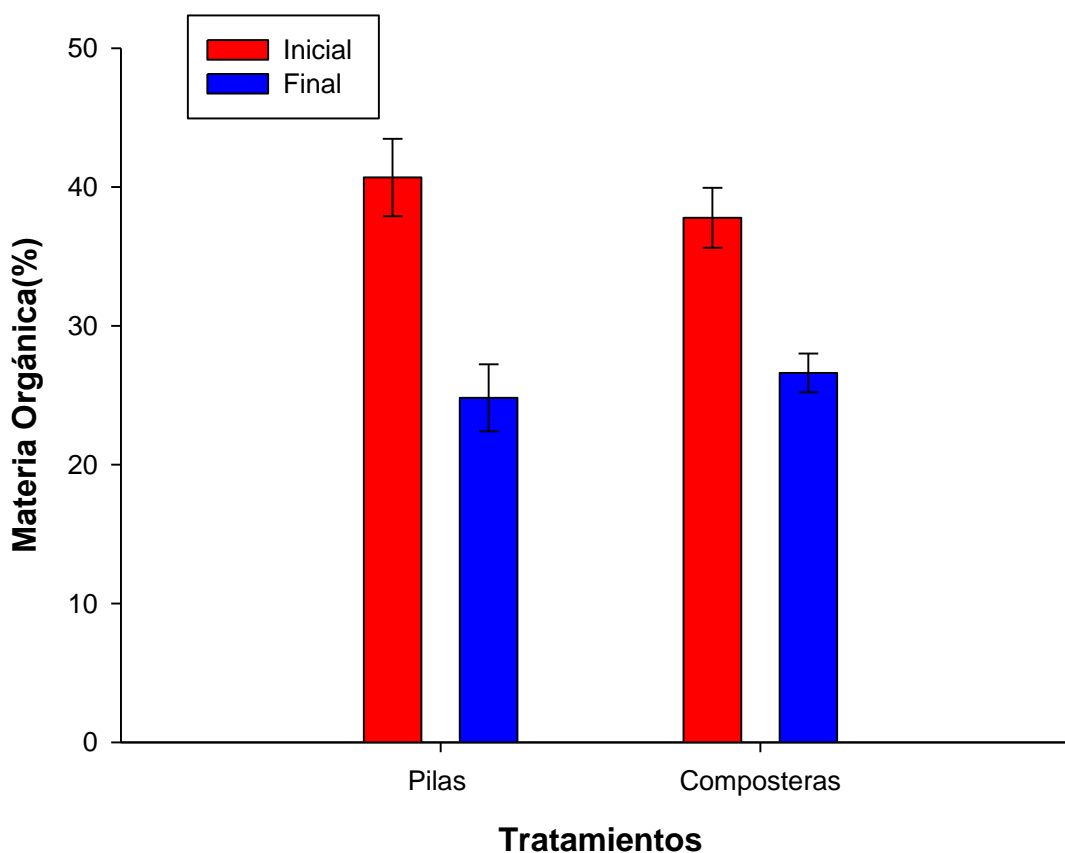


Figura N° 30 Materia orgánica (%) inicial y final de los dos tratamientos

Fuente: Elaboración propia

La Tabla N°19 muestra el ANOVA para materia orgánica (%) del compost (final) de los tratamientos evaluados (Pilas y Compostadores), donde se observa que no existe diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$) entre los dos tratamientos, así mismo en la Figura N°30 se evidencia una disminución (%) de materia orgánica desde el inicio (solo sustrato) hasta el final del proceso de compostaje en ambos sistemas evaluados.

En el caso del sistema en pilas, la materia orgánica disminuyó en un 39%, mientras que en el sistema de compostadores ésta disminuyó en un 26%. Esta disminución según Bueno, Diaz, & Cabrera, (2008), podría deberse a que se genera una mineralización y pérdida de carbono en CO₂, estas pérdidas representan alrededor del 20% en peso de masa compostada.

Según lo estudiado por Moreno & Moral, (2008) esta disminución de materia orgánica ocurre en dos fases. En la primera fase existe un acelerado descenso de carbohidratos, donde cadenas de carbono largas se transforman en otras más cortas, con la producción de compuestos simples, muchos de los cuales se unen para formar moléculas complejas, originando compuestos húmicos. En la segunda fase, ya consumidos los compuestos lábiles, las ligninas (material resistente) se degradan de manera lenta y/o se transforman en compuestos húmicos (Tomati, Madejon, & Galli, 2000; Castaldi, Alberti, Merella, & Melis, 2005).

Por otra parte, los microorganismos utilizan la materia orgánica para la formación de sus tejidos y otros se transforman en CO₂ y agua.

La velocidad de transformación de materia orgánica depende de su naturaleza física y química, de los microorganismos que intervienen y de las condiciones fisicoquímicas del proceso (humedad, aireación, temperatura y pH) (Michel, Pecchia, & Rigot, 2004).

Las pérdidas de peso por mineralización de la materia orgánica, como las de otros nutrientes durante el proceso de compostaje, pueden ser evaluadas mediante un balance de materia.

En la Figura N°30 se presenta un diagrama del balance de materia durante el compostaje de la cual se puede deducir lo siguiente:

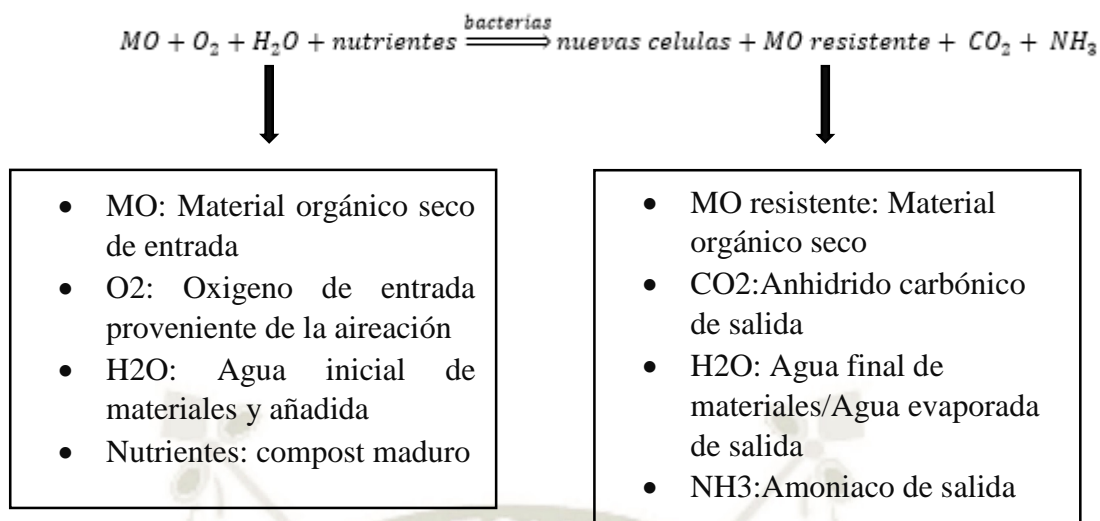


Figura N° 31 Balance de materia del proceso

Fuente: Elaboración propia

La predicción de la cantidad del producto final (MO resistente) se conoce a partir de la biodegradabilidad del material orgánico seco de entrada. Dicha biodegradabilidad señala la cantidad de materia orgánica que se ha descompuesto de una mezcla determinada (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1994).

El paso limitante en el proceso de compostaje de algunos residuos industriales es la rotura de las cadenas hidrocarbonadas de la celulosa (Moreno & Moral, 2008). Según este autor en un periodo de unos 200 días se degrada entre un 23-54% de la celulosa, dependiendo de la mezcla; las celulosas y hemicelulosas son fácilmente degradables, los compuestos lipídicos tienen una degradabilidad limitada. (Moreno & Moral, 2008)

El compost producido en pilas y compostadores presenta un porcentaje de materia orgánica de 24.82 % y 26.61 % respectivamente. Estos resultados se encuentran dentro del rango ideal de compost maduro (>20%) (Roman, Martínez, & Pantoja, 2013).

Según la norma chilena solo los resultados de compost en compostadores cumplen para el compost clase B, donde el contenido de materia orgánica debe ser mayor o igual al 25 %.

4.4.2.2. Nitrógeno total

Tabla N° 20 Análisis de varianza para Nitrógeno total (%) del compost final

PARAMETRO	SC	GL	CM	F	P
Nitrógeno total (%)	0.06615	1	0.06615	4.3141	0.106378
Error	0.06133	4	0.01533		

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 21 Análisis de varianza y comparaciones múltiples post hoc de Tukey de Nitrógeno Total (%) del Sistema de Pilas: inicial y final

PARAMETRO	SC	GL	CM	F	P
Nitrógeno total (%)	0.47602	1	0.47602	67.680	0.001190*
Error	0.02813	4	0.00703		

TRATAMIENTO	PROMEDIO Nitrógeno total (%)
Pilas (inicial)	1.98 ± 0.11 ^a
Pilas (final)	1.41 ± 0.04 ^b

Letras iguales indica que no existen diferencias significativas ($p < 0.05$)

Fuente: Elaboración propia

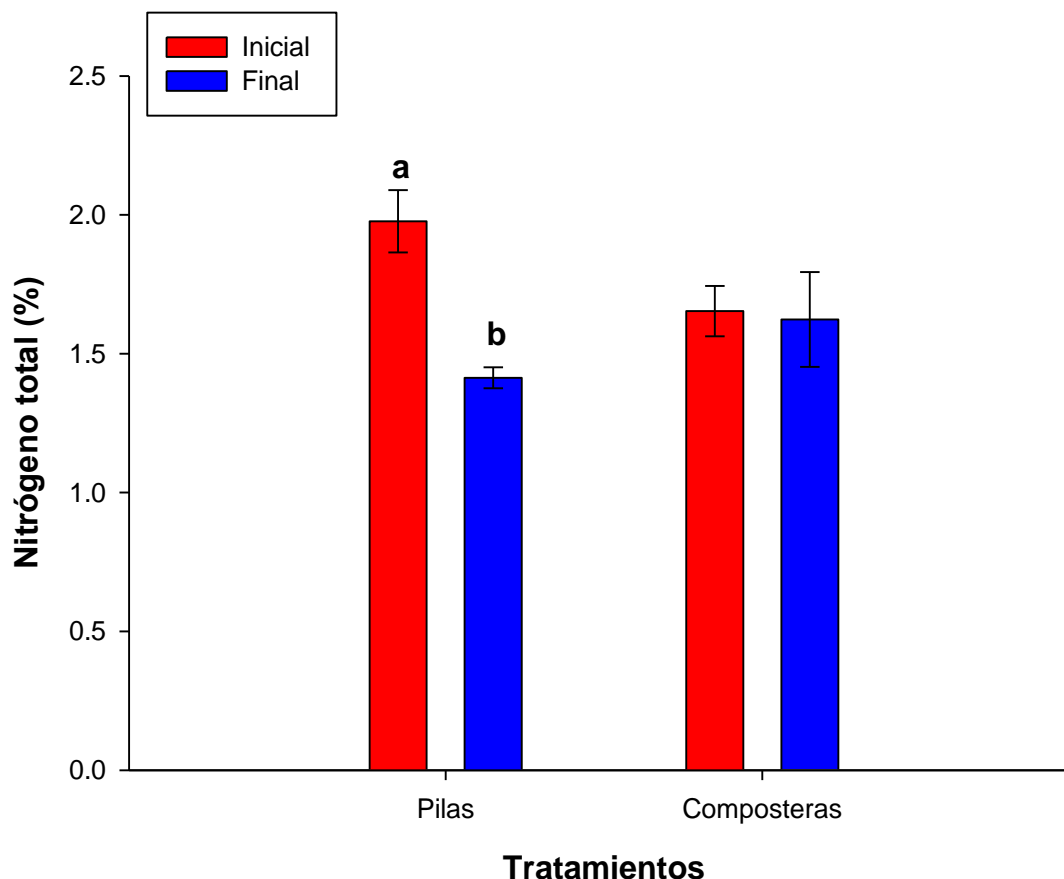


Figura N° 32 Nitrógeno total (%) inicial y final de los dos tratamientos

Fuente: Elaboración propia

En relación al Nitrógeno total (%) al final del proceso de compostaje, no se encuentra diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$) entre los dos tratamientos (Tabla N°20), sin embargo y de acuerdo al ANOVA (Tabla N°21) al comparar el porcentaje de Nitrógeno total inicial (sustrato) y final (compost) se observa un disminución significativa ($p < 0.05$) solo en el tratamiento de Pilas (Figura N°32), con un valor inicial de 1.98 ± 0.11 % hasta 1.41 ± 0.04 % al final del proceso de compostaje.

En el sistema de pilas la disminución de nitrógeno es de 28.78%, mientras que en los compostadores es de 1.8%, esto podría deberse a que uno presenta mayor aireación (pilas), mientras que en el contenedor debido al diseño no permite la fluidez de gases, la pérdida de nitrógeno se da en forma de amoníaco, por tanto, la disminución de olores indica una baja concentración de nitrógeno.

“La pérdida de N gaseoso durante el proceso de compostaje es muy variable, ya que se afecta directamente la transformación de N durante la mineralización, volatilización de NH_3 , nitrificación y desnitrificación” (Liang, Das, & McClendon, 2006).

Las pérdidas de nitrógeno en forma de amoníaco en ambos sistemas coinciden con investigaciones anteriores, por ejemplo, Szántó et al. (2007) reportaron rangos de pérdida de N total de 4% a 60% y de 3% a 75% de nitrógeno inicial, como emisión de NH_3 , principalmente.

La cantidad de emisión de amoníaco durante el proceso de compostaje confirma que la volatilización de NH_3 ocurre dentro de las primeras tres semanas del proceso de compostaje (Velasco Velasco, Ferrera Cerrato, Almaráz Suarez, & Parkinson, 2015).

“La emisión de amoníaco es de aproximadamente 98% del nitrógeno perdido en forma gaseosa durante el compostaje; el 2% remanente está emitido como N_2O y N_2 ” (Beck-Friis, Smars, Jonsson, & Kirchmann, 2001).

Relación C-N en la pérdida de Nitrógeno en forma de amoníaco

Esta relación juega un rol importante en la disminución de la volatilización de amoníaco.

“Los microorganismos demandan entre 15-30 partes de carbono por cada parte de nitrógeno, al reducir esta relación se produce un exceso de nitrógeno y, por ende, mayor pérdida vía emisión de amoníaco” (Pagans, Barrena, Font, & Sanchez, 2006).

“Por tanto, la adición de materiales ricos en carbono para incrementar la relación C: N ha sido propuesta para fijar N en materiales como estiércol que presentan relaciones C: N menores a 15:1” (Pagans, Barrena, Font, & Sanchez, 2006).

Un exceso en los compuestos nitrogenados en los materiales iniciales en un proceso aeróbico está relacionado con la producción del amoníaco.

Según Roman, Martinez, & Pantoja, (2013), el compost producido en pilas y compostadores presenta un porcentaje de nitrógeno de 1.41 % y 1.62 %

respectivamente. Estos resultados se encuentran dentro del rango ideal de compost maduro (alrededor de 1%).

Según la Norma chilena el contenido de nitrógeno debe de ser mayor o igual al 0.8 %.

4.4.2.3. Fosforo (P_2O_5) ppm

Tabla N° 22 Análisis de varianza para Fósforo (P_2O_5) (ppm) del compost final

PARAMETRO	SC	GL	CM	F	P
Fósforo (P_2O_5) (ppm)	15000	1	15000	0.429	0.548424
Error	140000	4	35000		

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 23 Análisis de varianza y comparaciones múltiples post hoc de Tukey de Fósforo (P_2O_5) (ppm) del Sistema de Composteras: inicial y final

PARAMETRO	SC	GL	CM	F	P
Fósforo (P_2O_5) (ppm)	3010417	1	3010417	15.0208	0.017907*
Error	801667	4	200417		

TRATAMIENTO	PROMEDIO Fósforo (P_2O_5) (ppm)
Composteras (inicial)	4616.6667 ± 633.114 ^a
Composteras (final)	3200 ± 0 ^b

Letras iguales indica que no existen diferencias significativas ($p < 0.05$)

Fuente: Elaboración propia

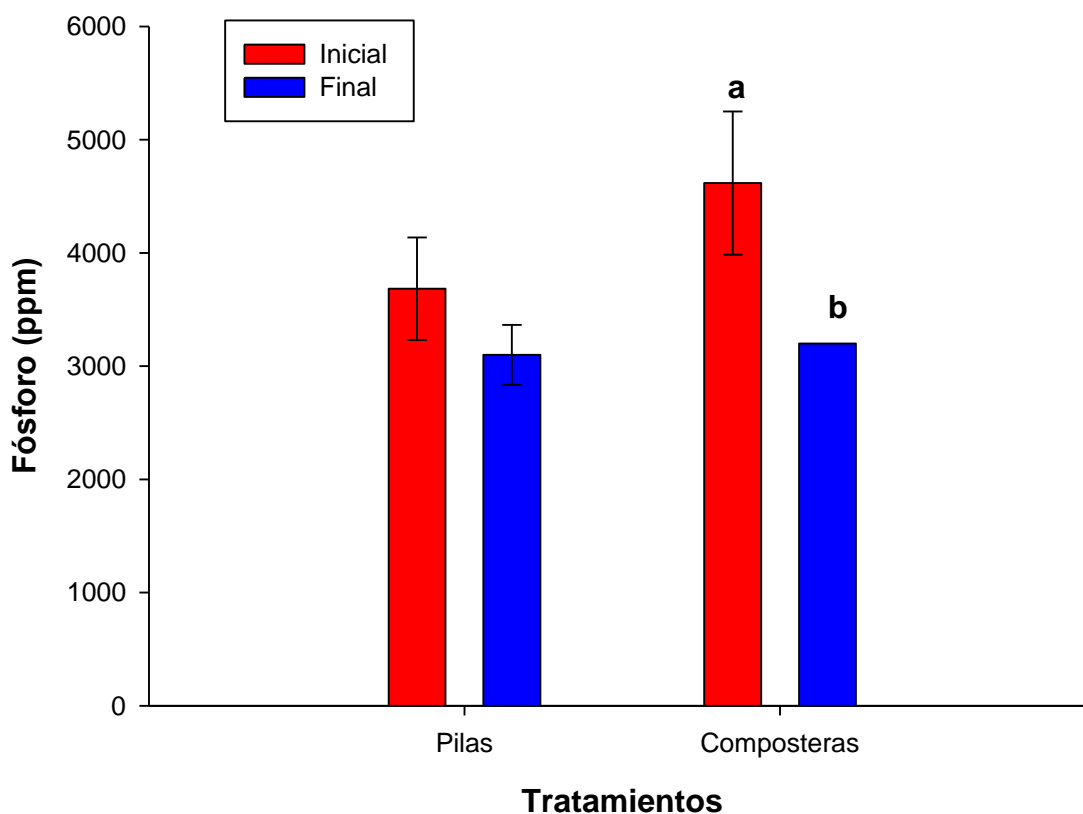


Figura N° 33 Fósforo (P_2O_5) (ppm) inicial y final de dos tratamientos

Fuente: Elaboración propia

En relación al Fosforo (%) al final del proceso de compostaje, no se encuentra diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$) entre los dos tratamientos (Tabla N°22), sin embargo y de acuerdo al ANOVA (Tabla N°23) al comparar el porcentaje de Fosforo inicial (sustrato) y final (compost) se observa un disminución significativa ($p < 0.05$) solo en el tratamiento de composteras (Figura N°33), con un valor inicial de $0.46 \pm 633.114\%$ hasta $0.32 \pm 0\%$ al final del proceso de compostaje.

“El fósforo desempeña un papel fundamental en la formación de compuestos celulares ricos en energía, siendo necesario para el metabolismo microbiano” (Weil & Brady, 2008).

En la obtención del compost, la variación ligera del contenido en fosforo podría deberse en su utilización para la formación de ácidos nucleicos en los microorganismos vivos y en el fosforo disuelto resultado de los

humedecimientos y su lixiviación en el suelo, aunque este último proceso se da en mínimas cantidades.

“A diferencia del nitrógeno, el fósforo no forma gases que pueden ser liberados en la atmósfera” (Weil & Brady, 2008).

Los valores de Fósforo total revelan que todos los tratamientos están dentro del rango de referencia para un compost maduro 0,1 a 0,6 %, según Jimenez (1998) el Fósforo es fundamental en los procesos de multiplicación celular y contribuye de forma insustituible a la formación de tejidos vegetales. (Weil & Brady, 2008)

4.4.2.4. Conductividad eléctrica (CE dS/m)

Tabla N° 24 Análisis de varianza para la Conductividad eléctrica (CE ds/m) del compost final

PARAMETRO	SC	GL	CM	F	P
Conductividad eléctrica (CE dS/m)	0.5340	1	0.5340	2.638	0.179687
Error	0.8099	4	0.2025		

Fuente: Elaboración propia

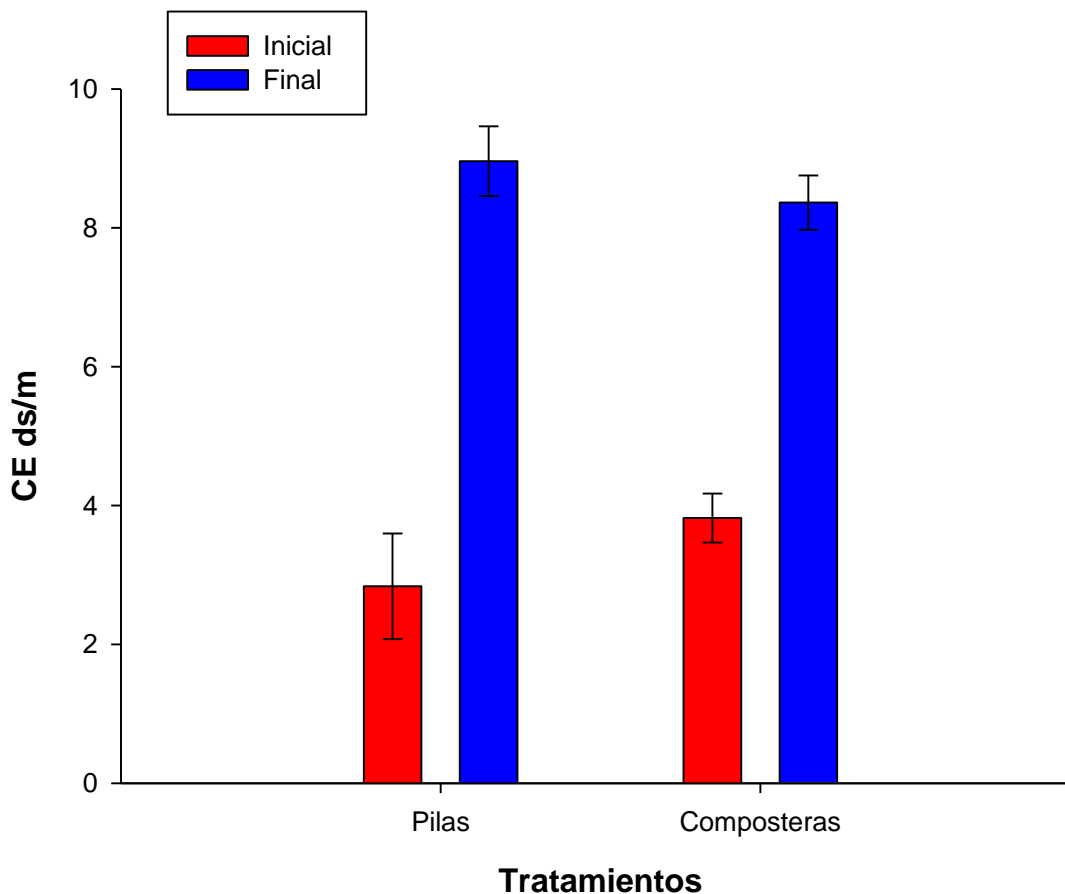


Figura N° 34 Conductividad eléctrica (CE ds/m) inicial y final de dos tratamientos

Fuente: Elaboración propia

La Tabla N°24 muestra el ANOVA para conductividad eléctrica dS/m del compost (final) de los tratamientos evaluados (Pilas y Composteras), donde se observa que no existe diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$) entre los dos tratamientos, así mismo en la Figura N°34 se evidencia un aumento de CE desde el inicio (solo sustrato) hasta el final del proceso de compostaje en ambos sistemas evaluados.

“La conductividad eléctrica de un compost está determinada por la naturaleza y composición del material de partida, fundamentalmente por su concentración de sales y en menor grado por la presencia de iones amonio o nitrato formados durante el proceso” (Moreno & Moral, 2008).

Durante el proceso de compostaje, la CE tiende al aumento, producido por la mineralización de la materia orgánica, originando un incremento en la

concentración de nutrientes; caso contrario, podría darse una disminución en la conductividad eléctrica, indicativo de que existe lixiviación en la mezcla, producido por la humectación excesiva de la misma.

Altas concentraciones de sales en el suelo dificultan la absorción de agua por las plantas.

“Según la Norma Chilena de calidad de compost, la cantidad de sales que deberían existir en un compost maduro es de ≤ 5 dS/m (Compost Clase A) y de 5-12 dS/m (Compost Clase B) y lo establecido según la bibliografía” (Moreno & Moral, 2008).

“La conductividad eléctrica aumenta durante el proceso de compostaje sin superar los 12 dS/m compost” (Comisión nacional del medio ambiente, 2000).

“Los resultados obtenidos de CE en el producto final cumplen con las especificaciones de la norma chilena y lo establecido por” (Moreno & Moral, 2008).

4.4.2.5. Ph

Tabla N° 25 Análisis de varianza y comparaciones múltiples post hoc de Tukey de pH del compost final

PARAMETRO	SC	GL	CM	F	P
pH	0.0193	1	0.0193	21.8	0.009516*
Error	0.0035	4	0.0009		

TRATAMIENTO	PROMEDIO pH
Pilas	7.9267 ± 0.023^a
Composteras	7.8133 ± 0.0351^b

Letras iguales indica que no existen diferencias significativas ($p < 0.05$)

Fuente: Elaboración propia

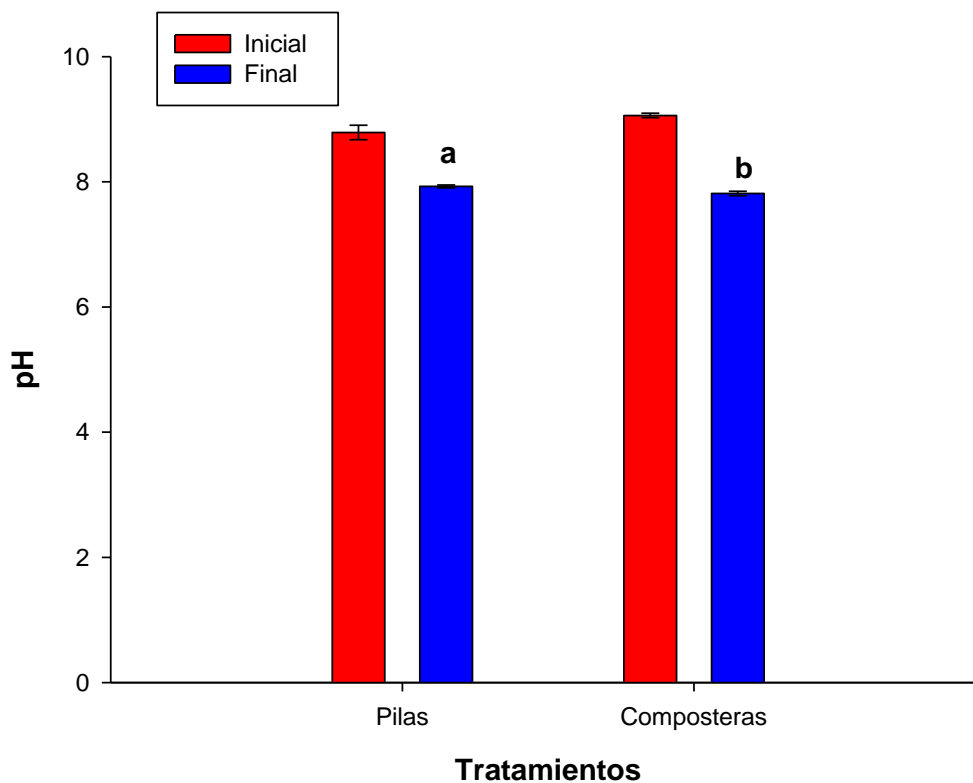


Figura N° 35 pH inicial y final de dos tratamientos

Fuente: Elaboración propia

En relación al pH al final del proceso de compostaje, de acuerdo al ANOVA (Tabla N°25) al comparar el pH inicial (sustrato) y final (compost) se observa una disminución significativa ($p < 0.05$) en ambos tratamientos (Figura N°35), con un valor inicial de 7.9267 ± 0.023^a hasta 7.8133 ± 0.0351^b al final del proceso de compostaje.

“El pH tiene una influencia directa en el compostaje debido a su acción sobre la dinámica de los procesos microbianos. En muchos trabajos se usa esta variable para estudiar la evolución del compostaje” (Sundberg, Smars, & Jonsson, 2004).

El descenso del pH se debe a la liberación de ácidos orgánicos, creando condiciones anaeróbicas.

Se cumple con lo escrito por Moreno & Moral, (2008), en la etapa mesófila (etapa inicial del compostaje), existe un decrecimiento del pH, por la

actividad de microorganismos sobre la materia orgánica, originando la liberación de ácidos orgánicos; este descenso inicial no fue muy pronunciada debido a que no existieron condiciones anaeróbicas.

“En la segunda etapa se genera la alcalinización del medio, esto podría deberse a la liberación de ácidos orgánicos y la producción de NH_3 , a causa de la descomposición de proteínas” (Moreno & Moral, 2008).

Por último, en la tercera etapa tiende a la neutralidad, esto debido a que se forman mezclas húmicas, que presentan propiedades buffer, por ende, se establece que existe una alta relación entre la aireación y el pH, concluyendo que si el proceso presenta una correcta aireación, el pH genera valores cercanos a la neutralidad (7-8), valores por debajo de estos números son indicativos de procesos anaerobios, lo que significa que el producto es inmaduro (Moreno & Moral, 2008).

Los valores al inicio del proceso son mayores a 7.5, lo que indica que existe una correcta descomposición, debido a que la degradación de la materia orgánica se retrae a pH bajos, y de acuerdo con Roman, Martínez, & Pantoja, (2013), el pH debe estar en un rango de 6,5 – 8,5 y según norma chilena Compost clase A: 7-8 Compost clase B: 6.5-8.5.

Por el mismo diseño del sistema al ser el contenedor cerrado no permite una adecuada aireación y por ende se obtuvo un menor pH que en el sistema de pilas (Moreno & Moral, 2008).

4.4.2.6. Relación C/N

Tabla N° 26 Análisis de varianza para la Relación C/N del compost final

PARAMETRO	SC	GL	CM	F	P
Relación C/N	5.4913	1	5.4913	2.7444	0.172934
Error	8.0035	4	2.0009		

Fuente: Elaboración propia

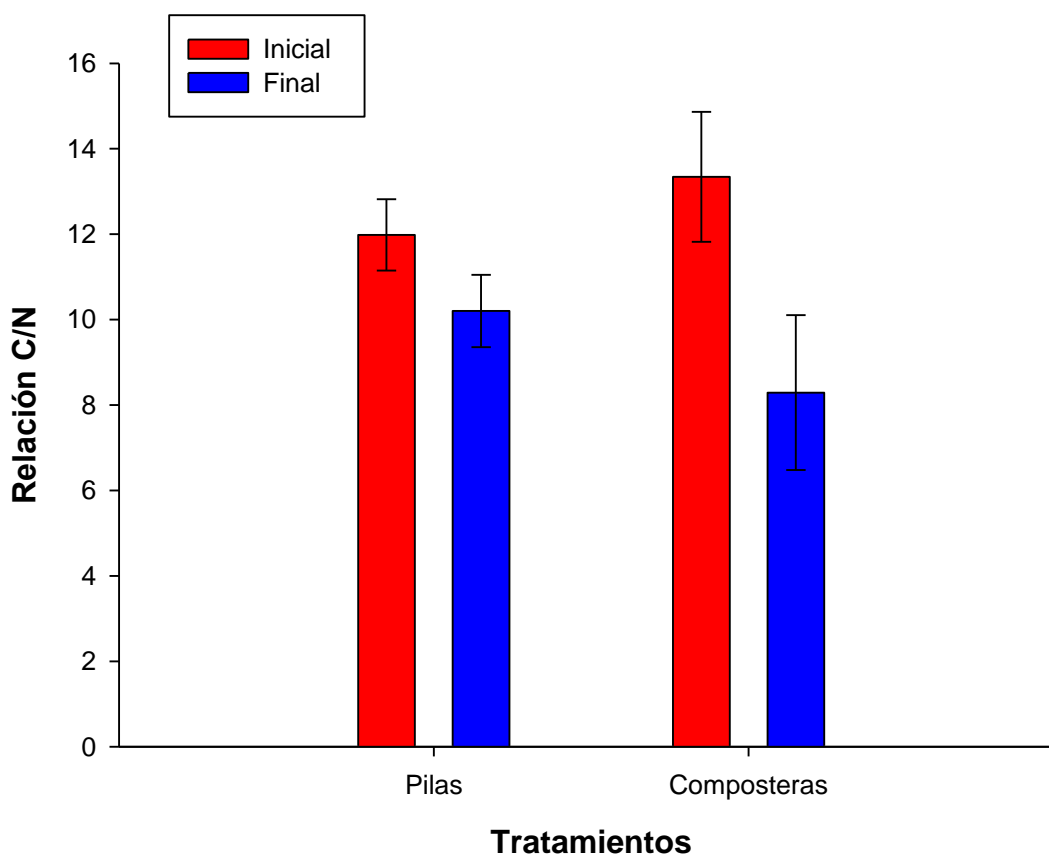


Figura N° 36 Relación C/N inicial y final de dos tratamientos

Fuente: Elaboración propia

La Tabla N°26 muestra el ANOVA para Relación C/N del compost (final) de los tratamientos evaluados (Pilas y Composteras), donde se observa que no existe diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$) entre los dos tratamientos, así mismo en la Figura N°36 se evidencia una disminución en la Relación C/N desde el inicio (solo sustrato) hasta el final del proceso de compostaje en ambos sistemas evaluados.

La relación C/N está relacionada a la velocidad y pérdida del amonio; si el valor de dicho parámetro es mayor a 40, el desarrollo biológico decrece, y los microorganismos tienen la tarea de oxidar el exceso de carbono con la consecuente ralentización del proceso, como efecto de la disponibilidad escasa de nitrógeno para la síntesis de proteínas de microorganismos. Debido a esto, la relación C/N tiende a disminuir

La relación C/N en el sistema de pilas cumple con lo establecido por Bueno, Diaz, & Cabrera, (2008) la relación C/N cercano a 10 representa un compost maduro, semejante a la del humus. Sin embargo, en la experiencia, se considera que un compost es maduro cuando la relación C/N es menor a 20, no obstante, esta condición es necesaria pero no suficiente.

Según Roman, Martinez, & Pantoja, (2013) la relación C/N debe estar entre 10:1 – 15:1 y según la norma chilena la relación C/N:

- Compost clase A: 10-25
- Compost clase B: 10-40

El compost obtenido en pilas cumple con lo establecido por Román, Martínez, & Pantoja, (2013) y la norma chilena, sin embargo el compost obtenido en compostadores resultó ser de 8.21, si bien es un valor cercano a los parámetros óptimos, éste no cumpliría con los estándares establecidos.

Según Bueno, Díaz, & Cabrera, (2008) si la relación C/N es muy baja el compostaje es más rápido pero el exceso de nitrógeno se desprende en forma amoniacal, produciéndose una autorregulación de la relación C/N del proceso.

4.4.2.7. Humedad (%)

Tabla N° 27 Análisis de varianza y comparaciones múltiples post hoc de Tukey de Humedad (%) del compost final

PARAMETRO	SC	GL	CM	F	P
Humedad (%)	53.28	1	53.28	408.5	0.000035*
Error	0.52	4	0.13		

TRATAMIENTO	PROMEDIO Humedad (%)
Composteras	55.7733 ± 0.3118 ^a
Pilas	49.8133 ± 0.4045 ^b

Letras iguales indica que no existen diferencias significativas (p<0.05)

Fuente: Elaboración propia

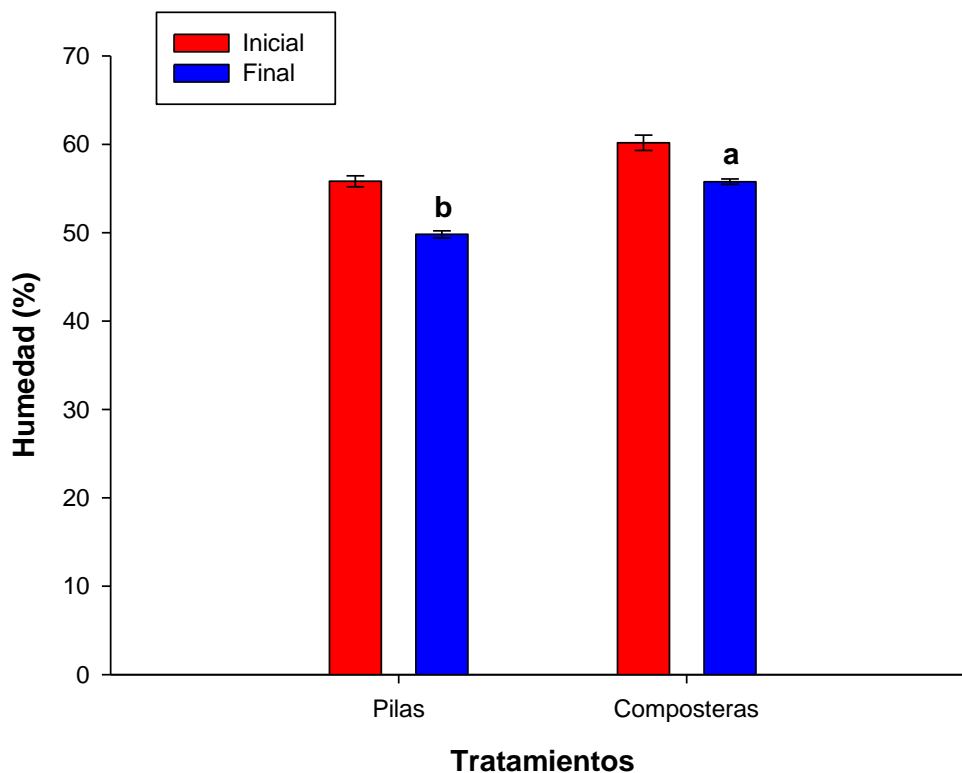


Figura N° 37 Humedad (%) inicial y final de dos tratamientos

Fuente: Elaboración propia

Con relación al porcentaje de humedad al final del proceso de compostaje de acuerdo al ANOVA y comparaciones múltiples post hoc de Tukey (Tabla N°27) al comparar el porcentaje de humedad inicial (sustrato) y final (compost) se observa una disminución significativa ($p < 0.05$) en ambos tratamiento (Figura N°37), con valores de 55.7733 ± 0.3118 % en compostadores y 49.8133 ± 0.4045 % en pilas, ambas al final del proceso de compostaje.

Según lo evaluado por Alvarez, Gomez, Herrera, & Monika, (2013), la humedad es un parámetro importante y crucial para que el proceso de compostaje sea óptimo. Considerando que el compostaje es un proceso que implica desarrollo biológico, resulta imprescindible la existencia de agua para las necesidades fisiológicas de microorganismos, debido a que representa un medio de transporte de sustancias solubles.

Se cumple con lo descrito por Roman, Martinez, & Pantoja, (2013), donde expresa que la humedad al inicio del proceso debe encontrarse entre un 50 – 60 %. La humedad óptima para el compost maduro según la norma chilena para calidad de compost no debería ser menor al 30 %; por ende, se cumple con lo establecido en la norma.

Según Céspedes Sanchez & Jimenez Farieta, (2018) como ventaja, el sistema cerrado en reactores horizontales presenta una mejor distribución de la humedad.

4.4.2.8. Coliformes termo tolerantes

La muestra obtenida del compost convertido tiene como resultado <0.18 por cada gramo de compost.

Según (Roman, Martinez, & Pantoja, 2013), como consecuencia de las elevadas temperaturas alcanzadas durante la fase termofílica, se destruyen bacterias patógenas (coliformes termotolerantes) y parásitos presentes en los residuos de partida. En esta fase se da la higienización del material.

Se cumple con la bibliografía establecida, donde según la norma chilena, las coliformes fecales deben ser <1000 NMP por gr de compost en base seca. El resultado obtenido en laboratorio es 5876.46% menor a lo permitido, por lo tanto, se determina que la muestra es óptima para la aplicación del suelo como abono natural.

4.4.3. Te de compost

Tabla N° 28 Comparación del té de compost con fertilizante líquido (biol)

	Té de compost	Biol
Nitrógeno total (%)	0.01	1.13
Fósforo (%)	0.0088	0.45
Potasio (mg/L)	800	830
Sodio (mg/L)	270	317
Conductividad eléctrica (dS/m)	3.98	0.95
pH	7.83	7.15

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla N°28 los valores del té de compost difieren con los del biol en nitrógeno y fósforo, resultando ser muy bajos en porcentajes; esto podría deberse a que el análisis se realizó a los 23 días, aun cuando el compost era inmaduro. Sin embargo, los valores de potasio, sodio y pH se encuentran cercanos a los del biol.



CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se realizó la caracterización de los residuos sólidos orgánicos del centro de abastos “Virgen de Copacabana”, tomando como referencia la “Guía para la caracterización de residuos sólidos municipales”. Se obtuvo la generación total diaria (GTD), ésta resultó 232.83 kg. siendo los residuos orgánicos los de mayor generación, equivalente al 66.08 %. De los 8 sectores existentes en el centro de abastos, el rubro de comedores es el generador de mayor cantidad de residuos orgánicos con 25.49%, mientras que el rubro de abarrotes y bazar es el que genera menor cantidad de residuos orgánicos con un 4.15 %. La densidad aparente promedio de los residuos dio como resultado 205.84 kg/m³. La humedad analizada en el laboratorio de residuos domiciliarios resultó ser de 64.33 %.
- Se implementaron dos sistemas de compostaje a pequeña escala en el Almacén N°3 de la Municipalidad distrital de Islay. El sistema cerrado conformado a base de un compostador y el sistema abierto implementado mediante pilas; fueron estudiados durante tres meses aproximadamente. Ambos sistemas utilizaron la misma base de materia orgánica, fueron monitoreados de manera semanal para la medición de los siguientes parámetros: temperatura, pH, humedad y conductividad eléctrica. Asimismo, se evaluó el té de compost, producto de la lixiviación del proceso.
- El compost producido del sistema cerrado (compostador), presentó un pH de 7.81, resultó moderadamente salino en C.E (8.36 dS/m) y alto en materia orgánica (26.61 %); el proceso de producción de compost en este tipo de sistemas tuvo una duración de 49 días. El sistema abierto (pilas) presentó un pH (7.93), moderadamente salino con C.E. (8.96 dS/m) y muy alto en contenido de materia orgánica (24.82%); el compost maduro en el sistema abierto se obtuvo a los 84 días de iniciado el proceso. Ambos sistemas cumplen con las especificaciones de la Norma Chilena (NCh2880.Of2004), obteniendo resultados similares, pudiendo ser utilizados como abono natural por su calidad.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda a la municipalidad valorizar los residuos orgánicos generados en el centro de abastos “Virgen de Copacabana” para la producción de compost, esto contribuiría en la reducción del porcentaje de residuos orgánicos que tienen como destino final botaderos municipales.
- Por los resultados conseguidos, es recomendable realizar compost a través del método de pilas, ya que permite trabajar con mayor cantidad de residuos, son de bajo costo y de fácil manejo por su practicidad.
- Se recomienda realizar compost en los meses de verano (diciembre a marzo), debido a que el aumento de temperatura acelera el proceso de descomposición de la materia orgánica, reduciendo así el tiempo para la obtención de compost.
- Se recomienda optimizar el diseño de compostadores, implementando un “eje mezclador” con dos paletas de doble ala, ubicadas a las bases perforadas, con el fin de evitar compactación en la mezcla. Por otro lado, es recomendable la instalación de un motor que permita la rotación del reactor de manera constante, a modo de reducir el tiempo de residencia.
- Se recomienda el uso de aserrín como agente estructurante de la mezcla, ya que éste favorece y mantiene equilibrada la humedad en el sustrato, es determinante de la porosidad de la mezcla y funciona como filtro o barrera natural de olores y en consecuencia, de la atracción de moscas u otros animales e insectos no deseados.
- Se recomienda realizar el té de compost con compost maduro, para darle un valor agregado al proceso, de esta forma se obtendría dos tipos de fertilizantes orgánicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agromática . (2020). *Cómo hacer una pila de compost*. Obtenido de <https://www.agromatica.es/hacer-una-pila-de-compost/>
- Alcaldía mayor de Bogotá D.C. (2014). *Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje y lombricultura*. Bogotá, Colombia: Única Edición. HÁBITAT - Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos.
- Alvarez, J., Gomez, C., Herrera, F., & Monika, E. (2013). *Rediseño y optimización de un dispositivo de compostaje a pequeña escala para ser utilizado en proyectos de agricultura urbana*. Bogota, Colombia.
- Arenas, C. (2017). *Implementación de un sistema integral de compostaje para el tratamiento de los residuos orgánicos en el centro educativo Rural Josefa Romero, municipio de Dabeiba*. Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia.
- Beck-Friis, B., Smars, S., Jonsson, H., & Kirchmann, H. (2001). Gaseous emission of carbon dioxide, ammonia, and nitrous oxide from organic household waste in a compost reactor under different temperature regimes. *Journal of agricultural engineering research*, 78, 423-430.
- Bueno, P., Diaz, M., & Cabrera, F. (2008). Capítulo 4. Factores que afectan al proceso de Compostaje. En J. Moreno, & R. Moral, *Compostaje*. Barcelona.
- Cabrera, V., & Rossi, M. (2016). Propuesta para la elaboración de compost a partir de los residuos vegetales provenientes del mantenimiento de las áreas verdes públicas del distrito de Miraflores. *Trabajo de Titulación*. Univesidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Peru.
- Caracterización de residuos sólidos Islay. (2019). *Resolución Ministerial N° 457-2018-MINAM*. Islay.
- Castaldi, P., Alberti, G., Merella, R., & Melis, P. (2005). Study of the organic matter evolution during municipal solid waste composting aimed at identifying.
- Céspedes Sanchez, S., & Jimenez Farieta, M. (2018). *Desarrollo de un proceso de compostaje para el aprovechamiento de lodos resultantes de la planta de*

tratamiento de agua potable Francisco Wiesner EAAB-ESP. Fundación Universidad de América, Bogotá.

Comisión nacional del medio ambiente. (10 de octubre de 2000). Norma de calidad de compost. Chile.

Consejo de Urbanismo y transición ecológica. (2018). *La Paeria*. Obtenido de <https://urbanisme.paeria.es/sostenibilitat/fitxers/a21e/RelacioicalculCN.pdf>

Contraloría General de la República del Perú. (2006). *Resolución de Contraloría N° 155-2005-CG*. Lima.

Craviotto, M., & Rossi, M. (2000). *Manual Operativo de Valorización de Residuos Sólidos Urbanos para Medianos y Pequeños Asentamientos de Argentina*. Argentina: Fundación SENDA.

Cueto, A. (2017). *Evaluación de Tecnologías para la Reutilización, Valorización y Disposición de Residuos Orgánicos*. Universidad de Chile, Santiago de Chile.

Dixon, G., & Walsh, U. (1998). *Suppression of plant pathogens by organic extracts a review*.

Guía para la caracterización de residuos sólidos municipales. (2018). *Resolución Ministerial N° 457-2018-MINAM*. Obtenido de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-guia-caracterizacion-residuos-solidos-municipales>

Ilarri, J., Rodrigo, M., & Fernández, J. (2014). *Alternativas de Valorización y Eliminación de Residuos Sólidos Urbanos*. España: Entornos Diseño y Percepción.

Instituto Nacional de Normalización-INN. (2003). *Norma NCh2880. División de Normas del Instituto Nacional de Normalización*. Santiago, Chile.

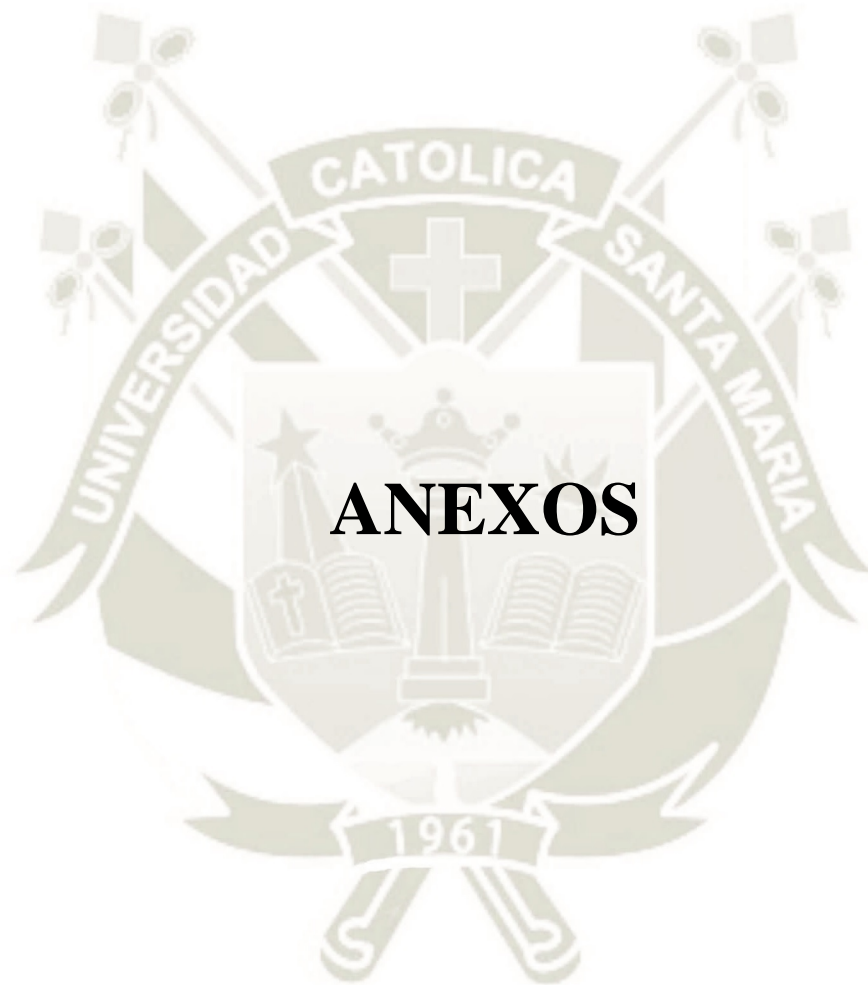
Jara, L. (2016). *Oportunidades de Valorización mediante Compostaje de los Residuos Orgánicos de origen Urbano y afines en Ecuador: Propuesta de Gestión para la Provincia de Chimborazo*. Universidad Miguel Hernández de Elche, Ecuador.

Jiménez, M. (1998). *Normas de calidad del compost*. Universidad de Córdoba. Escuela técnica superior de ingenieros agrónomos y de monte, Córdoba.

- Keller, T., & Hakansson, I. (2010). *Estimation of reference bulk density from soil particle size distribution and soil organic matter content. Geoderma* . Suecia.
- Liang, C., Das, K., & McClendon, R. (2006). The influence of temperature and moisture contents regimes on the aerobic microbial activity of a biosolids composting blend. *Bioresource Technology*, 86, 131-137.
- Lombricultura barquisimeto de Venezuela. (2017). *Compostaje fao lombrices californianas Venezuela lombricultura barquisimeto*. Obtenido de https://issuu.com/lombriculturabarquisimetodevenezuel/docs/manual_4___manual_compostaje_fao
- Mazzarino, M., & Satti, P. (2012). *Compostaje en la Argentina: Experiencias de Producción, Calidad y Uso*. Buenos Aires, Argentina: Orientacion Grafica.
- Meza Olmedo, M. E. (2012). *Análisis y propuesta de aplicabilidad de métodos y técnicas de aprovechamiento, recuperación y eliminación de residuos sólidos urbanos en Tabacundo, Cantón Pedro Moncayo*. Quito: [Trabajo de Grado para optar el Título de Ingeniero Ambiental Grado Académico de Especialización].
- Michel, F., Pecchia, J., & Rigot, J. (2004). Mass and nutrient losses during the composting of dairy manure amended with sawdust or straw. *Compost Science y Utilization*.
- Ministerio de salud. (1997). *Ley N° 26842: Ley General de Salud* . Lima.
- Ministerio del Ambiente. (2005). *Ley N° 28611: Ley General del Ambiente*. Lima.
- Ministerio del Ambiente. (2014). *Sexto informe nacional de residuos solidos de la gestión del ámbito municipal y no municipal*. Lima. Obtenido de <https://redrrss.minam.gob.pe/material/20160328155703.pdf>
- Ministerio del ambiente. (2017). *Decreto Legislativo N° 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos* . Lima.
- Ministerio del Ambiente. (21 de Diciembre de 2017). Decreto Supremo N° 014-2017. *Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Lima, Perú.

- Ministerio del Ambiente. (2019). *Guía para la caracterización de residuos sólidos municipales*. Obtenido de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-guia-caracterizacion-residuos-solidos-municipales>
- Moreno, J., & Moral, R. (2008). *Compostaje*. Barcelona.
- Municipalidad distrital de Islay. (2019). *Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales en el distrito de Islay*. Arequipa: Portal de la municipalidad distrital de Islay.
- Municipalidad distrital de Islay. (8 de abril de 2019). Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales en el distrito de Islay. Arequipa, Perú.
- O'Leary, P., & Walsh, P. (1995). *Decision-Makers' Guide to solid waste management* (Vol. 2). Washington, DC: United States Environmental Protection.
- Organismo de evaluación y fiscalización ambiental OEFA. (2015). *Fiscalización ambiental en Residuos Sólidos de gestión Municipal*. Peru.
- Pagans, E., Barrena, E., Font, X., & Sanchez, A. (2006). Ammonia emissions from the composting of different organic wastes. Dependency on process temperature. *Chemosphere*, 62, 1534-1542.
- Periche Eche, L. (2019). *Estudio de caracterización de los residuos sólidos municipales en la zona urbana del distrito de Ayabaca, provincia de Ayabaca, departamento de Piura, 2019*. Obtenido de <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/2127>
- Pravia, M., & Sztern, D. (1999). Manual para la elaboración de compost: Bases conceptuales y procedimiento. Uruguay. Obtenido de <http://www.ingenieroambiental.com/newinformes/compost.pdf>
- Riegel, M. (2008). *Te de compost: Una nueva herramienta para revitalizar el potencial biológico del suelo*. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Santiago, Chile.
- Roben, E. (2002). *Manual de Compostaje para Municipios*. Ecuador.
- Rodriguez, M., & Cordova, A. (2006). *Manual de Compostaje Municipal Tratamiento de residuos sólidos urbanos*. Mexico.

- Roman, P., Martinez, M., & Pantoja, A. (2013). *Manual de Compostaje del Agricultor*. Chile.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2019). *SENAMHI*. Obtenido de <https://www.gob.pe/senamhi>
- Sistema Peruano de Información Jurídica. (2003). *Ley N° 27972: Ley Orgánica de Municipalidades*. Lima.
- Sundberg, C., Smars, S., & Jonsson, H. (2004). Low pH as an inhibiting factor in the transition from mesophilic to thermophilic phase in composting. *Bioresource Technology*, 95, 145-150.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. (1994). *Gestion Integral de Residuos Solidos*. España.
- Tomati, U., Madejon, E., & Galli, E. (2000). Evolution of humic acid molecular weight as an index of compost stability.
- Universidad Nacional de Colombia. (2014). *Guia tecnica para el aprovechamiento de residuos organicos a traves de metodologias de compostaje y lombricultura*. Colombia.
- Velasco Velasco, J., Ferrera Cerrato, R., Almaráz Suarez, J., & Parkinson, R. (2015). Emisión de amoniaco durante los procesos del compostaje y vermicompostaje: aspectos prácticos y aplicados. *Agroproductividad*, 9, 45-51.
- Weil, R., & Brady, N. (2008). *The nature and properties of soils* (15 ed.). Pearson Prentice Hall.



ANEXO 1: Matriz de tipo de residuos sólidos

TIPO DE RESIDUO SÓLIDO	COMPOSICIÓN							TOTAL	COMPOSICIÓN PORCENTUAL
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7		
	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg		
1. Residuos aprovechables	51.70	52.78	50.72	50.40	53.37	48.00	46.75	353.72	85.62
1.1. Residuos orgánicos	38.18	40.43	38.51	38.12	42.71	38.92	36.12	272.99	66.08
Residuos de alimentos (restos de comida, cáscaras, restos de frutas, verduras, hortalizas y otros similares)	36.56	38.85	37.90	37.45	41.25	37.47	34.87	264.35	63.99
Residuos de maleza y poda (restos de flores, hojas, tallos, grass, otros similares)	0.12	0.11	0.09	0.05	0.21	0.03	0.15	0.76	0.18
Otros orgánicos (estiércol de animales menores, huesos y similares)	1.50	1.47	0.52	0.62	1.25	1.42	1.10	7.88	1.91
1.2. Residuos inorgánicos	13.52	12.35	12.21	12.28	10.66	9.08	10.63	80.73	19.54
1.2.1. Papel	3.39	2.17	3.42	3.32	1.97	2.39	3.12	19.78	4.79
Blanco	0.75	0.73	0.81	0.60	0.70	0.73	0.77	5.09	1.23
Periódico	2.50	1.40	2.50	2.67	1.17	1.45	2.20	13.89	3.36
Mixto (páginas de cuaderno, revistas, otros similares)	0.14	0.04	0.11	0.05	0.10	0.21	0.15	0.80	0.19
1.2.2. Cartón	0.70	0.37	0.35	0.60	0.35	0.25	0.25	2.87	0.69
Blanco (liso y cartulina)	0.05	0.04	0.04	0.05	0.03	0.00	0.00	0.21	0.05
Marrón (Corrugado)	0.55	0.21	0.20	0.44	0.20	0.15	0.15	1.90	0.46
Mixto (tapas de cuaderno, revistas, otros similares)	0.10	0.12	0.11	0.11	0.12	0.10	0.10	0.76	0.18
1.2.3. Vidrio	1.21	0.22	0.30	0.23	0.25	0.20	0.24	2.65	0.64
Transparente	0.11	0.08	0.08	0.11	0.15	0.10	0.10	0.73	0.18
Otros colores (marrón, ámbar, verde, azul, entre otros)	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.01
Otros (vidrio de ventana)	1.10	0.14	0.17	0.12	0.10	0.10	0.14	1.87	0.45
1.2.4. Plástico	4.39	5.17	5.14	5.05	4.32	3.81	4.60	32.48	7.86
PET-Tereftalato de polietileno (aceite y botellas de bebidas y agua, entre otros similares)	3.98	4.84	4.79	4.73	4.01	3.45	4.26	30.06	7.28
PEAD-Polietileno de alta densidad (botellas de lácteos, shampoo, detergente líquido, suavizante)	0.15	0.13	0.15	0.12	0.11	0.10	0.10	0.86	0.21

PEBD-Polietileno de baja densidad (empaques de alimentos, empaques de plástico de papel higiénico, empaques de detergente, empaque film)	0.11	0.10	0.10	0.08	0.10	0.09	0.12	0.70	0.17
PP-Polipropileno (baldes, tinas, rafia, estuches negros de CD, tapas de bebidas, tapers, bolsas de cereales)	0.08	0.06	0.06	0.05	0.05	0.07	0.07	0.44	0.11
PS-Poliestireno (tapas cristalinas de cds, micas, vasos de yogurt, cubetas de helado, envases de lavavajilla)	0.05	0.04	0.04	0.07	0.05	0.08	0.05	0.38	0.09
PVC-Policloruro de vinilo (tuberías de agua, desagüe y eléctricas)	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.04	0.01
1.2.5. Tetra brik (envases multicapa)	0.04	0.02	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.10	0.02
1.2.6. Metales	2.79	3.63	2.98	3.05	2.95	1.88	1.90	19.18	4.64
Latas-hojalata (latas de leche, atún, entre otros)	1.73	2.73	1.64	2.30	2.15	1.12	1.15	12.82	3.10
Acero	0.20	0.16	0.34	0.25	0.15	0.26	0.25	1.61	0.39
Fierro	0.67	0.70	0.77	0.50	0.65	0.50	0.50	4.29	1.04
Aluminio	0.19	0.04	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	0.11
Otros metales	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.2.7. Textiles (telas)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.03	0.02	0.14	0.03
1.2.8. Caucho, cuero, jebe	0.98	0.75	0.00	0.00	0.80	0.50	0.50	3.53	0.85
2. Residuos no reaprovechables	10.79	9.51	9.15	5.30	9.80	7.15	7.71	59.41	14.38
Bolsas plásticas de un solo uso	1.02	1.17	1.10	1.02	1.17	0.90	0.90	7.28	1.76
Residuos sanitarios (papel higiénico/pañales/toallas sanitarias, excretas de mascotas)	2.36	1.20	2.15	1.20	2.84	1.15	1.50	12.40	3.00
Pilas	0.21	0.35	0.00	0.20	0.15	0.15	0.00	1.06	0.26
Tecnopor (poliestireno expandido)	1.12	1.25	0.50	1.20	0.75	1.20	0.75	6.77	1.64
Residuos inertes (tierra, piedras, cerámicos, ladrillos, entre otros)	0.10	0.40	0.40	0.00	1.24	0.70	1.15	3.99	0.97
Restos de medicamentos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Envolturas de snacks, galletas, caramelos, entre otros	1.35	1.19	0.71	0.32	0.50	0.86	0.50	5.43	1.31
Otros residuos no categorizados	4.63	3.95	4.29	1.36	3.15	2.19	2.91	22.48	5.44
TOTAL	62.49	62.29	59.87	55.70	63.17	55.15	54.46	413.13	100.00

Fuente: Periche Eche, L, (2019)

ANEXO 2: Resultado del análisis de laboratorio de la humedad de residuos sólidos



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

UR: San José S/N Linceiro CAMPUS UNIVERSITARIO H-204025 ☎ + 51 54 382138 ANEXO 1156
E: laboratorioensayo@ucsm.edu.pe | F: 054 382138 | W: www.ucsm.edu.pe | Apto. 1352
AREQUIPA - PERU



INFORME DE ENSAYO
Nº DE INFORME: ANA17D19.003926

Nombre del Cliente	: MUNICIPALIDAD DIST. DE ISLAY
Dirección del Cliente	: Av Arequipa 225 Islay
RUC	: 20184482208
Condición del Muestreado	: Por el cliente
Descripción	: Residuos sólidos varios
Tamaño de muestra	: 1500 g
Fecha de Recepción	: 17/04/2019
Fecha de Inicio del Ensayo	: 17/04/2019
Fecha de Emisión de Informe	: 23/04/2019
Página	: 1 de 1

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

ANÁLISIS	RESULTADO (%)
DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN RESIDUOS SOLIDOS (%) (Modificada para residuos sólidos)NOM 021 SEMARNAT 2000, ANEXO AS-05 Determinación de humedad en suelo. especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos	
RD B 17/04/19 Domiciliario	64,33
RD-C 17/04/19 Comercial	81,47

OBSERVACIONES:

- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL –DA.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

Q.F. Ricardo A. Abril Ramirez
COPDA 00624
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LEGCO



ANEXO 3: Características iniciales del sustrato en el sistema abierto (pilas) 1° Repetición



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

**LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, AGUAS Y SEMILLAS
ESTACION EXPERIMENTAL AGRARIA AREQUIPA - INIA**

NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL SOLICITANTE	TATIANA GARCIAKARENN VILLANUEVA
PROCEDENCIA	DISTRITO ISLAY
MUESTRA	COMPOST

CODIGO DE LABORATORIO	FECHA DE INGRESO	PROCEDENCIA DE LA MUESTRA	LOTE	TIPO DE ANALISIS	Nº DE INFORME
8908	15/11/2019	PILA	Tratam. 2 Repeticion 1	FERTILIDAD	8903

ANALISIS FISICO

ARENA (%)	Limo (%)	ARCILLA(%)	TEXTURA	POROSIDAD (%)	CAPACIDAD DE CAMPO(%)	AGUA DISPONIBLE (%)	PUNTO MARCHEZ PERMANENTE (%)

ANALISIS QUIMICO

ELEMENTO	UNIDAD	VALOR	DEFICIENTE	BAJO	NORMAL	ALTO	EXCESIVO
Materia Organica	%	42.93					
Nitrogeno Total:	%	2.10					
Fosforo - P2O5	ppm	3350.00					
Potasio - K2O	ppm	23037.98					
CO3Ca	%	1.40					
			NO SALINO	DEBILMENTE SALINO	MODERAD. SALINO	SALINO	MUY SALINO
C.E	dSm extr. 1:2,5	3.59					
			ACIDO	MODERAD ACIDO	NEUTRO	MODERAD ALCALINO	ALCALINO
pH	EXTR. 1:2,5	8.72					
BORO	mg/Kg						

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (meq/100gr de suelo)

Calcio(Ca)	Magnesio(Mg)	Sodio(Na)	Potasio(k)	CIC	Suma de Bases	PSI	Interpretacion CIC
				0.000	0.000	#;DIV/0!	Medio

CULTIVO	TIPO DE SUELO REQUERIDO	INTERPRETACION
		Es una muestra organica de compost de color oscuro en forma humeda.

ANALISIS QUIMICO : INTERPRETACIONES

CULTIVO	VALORES OPTIMOS	INTERPRETACION
		Es una muestra organico compost con reaccion alcalina en pH, muy salino en conductividad electrica, alto en contenido de materia organica y nitrogeno, alto en concentracion de fosforo y potasio respectivamente, para considerar como nutriente organico considerar los elementos de acuerdo a los resultados de analisis. Relacion C/N: 11.89/1, Humedad 56.45 %

MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION
AGRARIA

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA

ENC. LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS
EE. AREQUIPA - INIA

ING. ABEL ADAN HUMPIRE MENDOZA
DIRECTOR (a)
EEA AREQUIPA

Calle Saco Olivares 402 Cerro Juli
José Luis Bustamante y Rivero - Arequipa
T: (054) 421338
www.inia.gob.pe
www.minagri.gob.pe

ANEXO 4: Características iniciales del sustrato en el sistema abierto (pilas) 2° Repetición



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, AGUAS Y SEMILLAS
ESTACION EXPERIMENTAL AGRARIA AREQUIPA - INIA

NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL SOLICITANTE	TATIANA GARCIA/KARENN VILLANUEVA
PROCEDENCIA	DISTRITO ISLAY
MUESTRA	COMPOST

CODIGO DE LABORATORIO	FECHA DE INGRESO	PROCEDENCIA DE LA MUESTRA	LOTE	TIPO DE ANALISIS	Nº DE INFORME
8909	15/11/2019	PILA	Tratam. 2 Repeticion 2	FERTILIDAD	8904

ANALISIS FISICO

ARENA (%)	LIMO (%)	ARCILLA (%)	TEXTURA	POROSIDAD (%)	CAPACIDAD DE CAMPO (%)	AGUA DISPONIBLE (%)	PUNTO MARCHITEZ PERMANENTE (%)

ANALISIS QUIMICO

ELEMENTO	UNIDAD	VALOR	DEFICIENTE	BAJO	NORMAL	ALTO	EXCESIVO
Materia Organica	%	37.56					
Nitrogeno Total	%	1.95					
Fosforo - P2O5	ppm	3500.00					
Potasio - K2O	ppm	17290.13					
CO3Ca	%	1.60					
			NO SALINO	DEBILMENTE SALINO	MODERAD SALINO	SALINO	MUY SALINO
C.E	dSm extr. 1:2.5	2.85					
			ACIDO	MODERAD ACIDO	NEUTRO	MODERAD ALCALINO	ALCALINO
pH	EXTR. 1:2.5	8.72					
BORO	mg/Kg						

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (meq/100gr de suelo)

Calcio(Ca)	Magnesio(Mg)	Sodio(Na)	Potasio(k)	CIC	Suma de Bases	PSI	Interpretacion CIC
				0.000	0.000	#DIV/0!	Medio

CULTIVO	TIPO DE SUELO REQUERIDO	INTERPRETACION
		Es una muestra organica de compost de color oscuro en forma humeda.

ANALISIS QUIMICO : INTERPRETACIONES

CULTIVO	VALORES OPTIMOS	INTERPRETACION
		Es una muestra organico compost con reaccion alcalina en pH, muy salino en conductividad electrica, alto en contenido de materia organica y nitrogeno, alto en concentracion de fosforo y potasio respectivamente, para considerar como nutriente organico considerar los elementos de acuerdo a los resultados de analisis. Relacion C/N: 11.20/1, Humedad 55.21%.

MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA

Calle Saco Olivares 402 Cerro Juli
José Luis Bustamante y Rivero - Arequipa
T: (054) 421338

www.inia.gob.pe
www.minagri.gob.pe

ENC. LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS
EE. AREQUIPA - INIA

ING. ABELADAN HUMPIRE MENDOZA
DIRECTOR (a)
EEA AREQUIPA

ANEXO 5: Características iniciales del sustrato en el sistema abierto (pilas) 3° Repetición



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

**LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, AGUAS Y SEMILLAS
ESTACION EXPERIMENTAL AGRARIA AREQUIPA - INIA**

NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL SOLICITANTE	TATIANA GARCIA/KARENIN VILLANUEVA
PROCEDENCIA	DISTRITO ISLAY
MUESTRA	COMPOST

COODIGO DE LABORATORIO	FECHA DE INGRESO	PROCEDENCIA DE LA MUESTRA	LOTE	TIPO DE ANALISIS	Nº DE INFORME
8910	15/11/2019	PILA	Tratam. 2 Repeticion 3	FERTILIDAD	8905

ANALISIS FISICO

ARENA (%)	LIMO (%)	ARCILLA (%)	TEXTURA	POROSIDAD (%)	CAPACIDAD DE CAMPO (%)	AGUA DISPONIBLE (%)	PUNTO MARCHITEZ PERMANENTE (%)

ANALISIS QUIMICO

ELEMENTO	UNIDAD	VALOR	DEFICIENTE	BAJO	NORMAL	ALTO	EXCESIVO
Materia Organica	%	41.57					
Nitrogeno Total	%	1.88					
Fosforo - P2O5	ppm	4200.00					
Potasio - K2O	ppm	18069.00					
CO3Ca	%	1.70					
			NO SALINO	DESLMENTE SALINO	MODERAD SALINO	SALINO	MUY SALINO
C.E	dS/m extr. 1:2.5	2.07					
			ACIDO	MODERAD ACIDO	NEUTRO	MODERAD ALCALINO	ALCALINO
pH	EXTR. 1:2.5	8.92					
BORD	mg/Kg						

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (meq/100gr de suelo)

Calcio(Ca)	Magnesio(Mg)	Sodio(Na)	Potasio(k)	CIC	Suma de Bases	PSI	Interpretacion CIC
				0.000	0.000	#jDIV/0!	Medio

CULTIVO	TIPO DE SUELO REQUERIDO	INTERPRETACION
		Es una muestra organica de compost de color oscuro en forma humeda.

ANALISIS QUIMICO : INTERPRETACIONES

CULTIVO	VALORES OPTIMOS	INTERPRETACION
		Es una muestra organico compost con reaccion alcalina en pH, muy salino en conductividad electrica, alto en contenido de materia organica y nitrogeno, alto en concentracion de fosforo y potasio respectivamente, para considerar como nutriente organico considerar los elementos de acuerdo a los resultados de analisis. Relacion C/N: 12.86/1, Humedad 55.8%

MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION
[Signature]
ENC. LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS
EE. AREQUIPA - INIA

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA
[Signature]
ING. ABEL ADIN HUMPIRE MENDOZA
DIRECTOR (R)
EEA AREQUIPA

Calle Saco Olivares 402 Cerro Juli
José Luis Bustamante y Rivero - Arequipa
T: (054) 421338
www.inia-gob.pe
www.minagri.gob.pe

ANEXO 6: Características iniciales del sustrato en el sistema cerrado (compostador)

1° Repetición



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

**LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, AGUAS Y SEMILLAS
ESTACION EXPERIMENTAL AGRARIA AREQUIPA - INIA**

NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL SOLICITANTE	TATIANA GARCIA/KARENN VILLANUEVA
PROCEDENCIA	DISTRITO ISLAY
MUESTRA	COMPOST

CODIGO DE LABORATORIO	FECHA DE INGRESO	PROCEDENCIA DE LA MUESTRA	LOTE	TIPO DE ANALISIS	Nº DE INFORME
8947	13/12/2019	COMPOSTER A	Tratam. 1 Repeticion 1	FERTILIDAD	8942

ANALISIS FISICO

ARENA (%)	LIMO (%)	ARCILLA(%)	TEXTURA	POROSIDAD (%)	CAPACIDAD DE CAMPO(%)	AQUA DISPONIBLE (%)	PUNTO MARCHITEZ PERMANENTE (%)

ANALISIS QUIMICO

ELEMENTO	UNIDAD	VALOR	DEFICIENTE	BAJO	NORMAL	ALTO	EXCESIVO
Materia Organica	%	40.25					
Nitrogeno Total	%	1.55					
Fosforo : P2O5	ppm	4050.00					
Potasio : K2O	ppm	17316.13					
CO3Ca	%	1.50					
			NO SALINO	DEBILMENTE SALINO	MODERAD SALINO	SALINO	MUY SALINO
C E	dSm extr. 1:2.5	3.86					
			ACIDO	MODERAD ACIDO	NEUTRO	MODERAD ALCALINO	ALCALINO
pH	EXTR. 1:2,5	9.03					
BORO	mg/Kg						

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (meq/100gr de suelo)

Calcio(Ca)	Magnesio(Mg)	Sodio(Na)	Potasio(k)	CIC	Suma de Bases	PSI	Interpretación CIC
				0.000	0.000	#¡DIV/0!	Medio

CULTIVO	TIPO DE SUELO REQUERIDO	INTERPRETACION
		Es una muestra organica de compost de color oscuro en forma humeda.

ANALISIS QUIMICO : INTERPRETACIONES

CULTIVO	VALORES OPTIMOS	INTERPRETACION
		Es una muestra organico compostera con reaccion alcalina en pH, muy salino en conductividad electrica, alto en contenido de materia organica y nitrogeno, alto en concentracion de fosforo y potasio respectivamente, para considerar como nutriente organico considerar los elementos de acuerdo a los resultados de analisis. Relacion C/N: 15.10/1, (Para convertir de ppm a % dividir entre 10000), Humedad 60.4%

MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION

ENC. LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS
ZE. AREQUIPA - INIA

Calle Saco Olivares 402 Carro Juli
José Luis Bustamante y Rivero - Arequipa
T: (054) 421338
www.inia.gob.pe
www.minagri.gob.pe

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA

ING. ABEL ADAM MANGIÑA HENDEZA
DIRECTOR (a)
EEA AREQUIPA

ANEXO 7: Características iniciales del sustrato en el sistema cerrado (compostador)

2° Repetición



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

**LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, AGUAS Y SEMILLAS
ESTACION EXPERIMENTAL AGRARIA AREQUIPA - INIA**

NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL SOLICITANTE	TATIANA GARCIAKARENN VILLANUEVA
PROCEDENCIA	DISTRITO ISLAY
MUESTRA	COMPOST

CODIGO DE LABORATORIO	FECHA DE INGRESO	PROCEDENCIA DE LA MUESTRA	LOTE	TIPO DE ANALISIS	Nº DE INFORME
8948	13/12/2019	COMPOSTER A	Tratam. 1 Repeticion 2	FERTILIDAD	8943

ANALISIS FISICO

ARENA (%)	LIMO (%)	ARCILLA (%)	TEXTURA	POROSIDAD (%)	CAPACIDAD DE CAMPO (%)	AGUA DISPONIBLE (%)	PUNTO MARCHEZ PERMANENTE (%)

ANALISIS QUIMICO

ELEMENTO	UNIDAD	VALOR	DEFICIENTE	BAJO	NORMAL	ALTO	EXCESIVO
Materia Organica	%	36.89					
Nitrogeno Total	%	1.72					
Fosforo - P2O5	ppm	5300.00					
Potasio - K2O	ppm	24844.88					
CO3Ca	%	1.20					
			NO SALINO	DEBILMENTE SALINO	MODERAD. SALINO	SALINO	MUY SALINO
C E	dSm exr. 1:2.5	3.45					
			ACIDO	MODERAD ACIDO	NEUTRO	MODERAD ALCALINO	ALCALINO
pH	EXTR. 1:2.5	9.05					
BORO	mg/Kg						

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (meq/100gr de suelo)

Calcio(Ca)	Magnesio(Mg)	Sodio(Na)	Potasio(K)	CIC	Suma de Bases	PSI	Interpretacion CIC
				0.000	0.000	#1DIV/0!	Medio

CULTIVO	TIPO DE SUELO REQUERIDO	INTERPRETACION
		Es una muestra organica de compost de color oscuro en forma humeda.

ANALISIS QUIMICO : INTERPRETACIONES

CULTIVO	VALORES OPTIMOS	INTERPRETACION
		Es una muestra organico compostera con reaccion alcalina en pH, muy salino en conductividad electrica, alto en contenido de materia organica y nitrogeno, alto en concentracion de fosforo y potasio respectivamente, para considerar como nutriente organico considerar los elementos de acuerdo a los resultados de analisis. Relacion C/N: 12.47/1. (Para convertir de ppm a % dividir entre 10000), Humedad 59.2 %

MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION
AGRARIA
ENC. LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS
EE. AREQUIPA - INIA

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA
ING. ABEL ADAN HUMPIRE MENDOZA
DIRECTOR (a)
EEA AREQUIPA

Calle Saco Olivares 402 Cerro Juli
José Luis Bustamante y Rivero - Arequipa
T: (054) 421338
www.inia.gob.pe
www.minagri.gob.pe

ANEXO 8: Características iniciales del sustrato en el sistema cerrado (compostador)

3° Repetición



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

**LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, AGUAS Y SEMILLAS
ESTACION EXPERIMENTAL AGRARIA AREQUIPA - INIA**

NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL SOLICITANTE	TATIANA GARCIA/KARENN VILLANUEVA
PROCEDENCIA	DISTRITO ISLAY
MUESTRA	COMPOST

CODIGO DE LABORATORIO	FECHA DE INGRESO	PROCEDENCIA DE LA MUESTRA	LOTE	TIPO DE ANALISIS	Nº DE INFORME
8949	13/12/2019	COMPOSTER A	Tratam. 1 Repeticion 3	FERTILIDAD	8944

ANALISIS FISICO

ARENA (%)	LIMO (%)	ARCILLA(%)	TEXTURA	POROSIDAD (%)	CAPACIDAD DE CAMPO(%)	AGUA DISPONIBLE (%)	PUNTO MARCHITEZ PERMANENTE (%)

ANALISIS QUIMICO

ELEMENTO	UNIDAD	VALOR	DEFICIENTE	BAJO	NORMAL	ALTO	EXCESIVO
Materia Organica	%	36.22					
Nitrogeno Total	%	1.69					
Fosforo : P2O5	ppm	4500.00					
Potasio : K2O	ppm	20327.63					
CO3Ca	%	1.80					
			NO SALINO	DEBILMENTE SALINO	MODERAD SALINO	SALINO	MUY SALINO
C.E	dSm extr. 1:2.5	4.15					
			ACIDO	MODERAD ACIDO	NEUTRO	MODERAD ALCALINO	ALCALINO
pH	EXTR. 1:2.5	9.10					
BORO	mg/Kg						

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (meq/100gr de suelo)

Calcio(Ca)	Magnesio(Mg)	Sodio(Na)	Potasio(k)	CIC	Suma de Bases	PSI	Interpretacion CIC
				0.000	0.000	#/DIV/0!	Medio

CULTIVO	TIPO DE SUELO REQUERIDO	INTERPRETACION
		Es una muestra organica de compost de color oscuro en forma humeda,

ANALISIS QUIMICO : INTERPRETACIONES

CULTIVO	VALORES OPTIMOS	INTERPRETACION
		Es una muestra organico compostera con reaccion alcalina en pH, muy salino en conductividad electrica, alto en contenido de materia organica y nitrogeno, alto en concentracion de fosforo y potasio respectivamente, para considerar como nutriente organico considerar los elementos de acuerdo a los resultados de analisis. Relacion C/N: 12.46/1, (Para convertir de ppm a % dividir entre 10000), Humedad 60.89 %

MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION

ENC. LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS
EE. AREQUIPA - INIA

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA

ING. ABELADAN HUMPIRE MENDOZA
DIRECTORA
EEA AREQUIPA

Calle Saco Olivares 402 Cerro Juli
José Luis Bustamante y Rivero - Arequipa
T: (054) 421338
www.inia.gob.pe
www.minagri.gob.pe

ANEXO 9: Datos de los parámetros de evaluación del compost

2/11/2019	Pilas			Promedio
	1°	2°	3°	
T° (°C)	26.41	25.92	25.71	26.01
ph	7.94	7.93	7.94	7.94
CE (dS/m)	1.57	1.7	1.65	1.64

9/11/2019	Pilas			Promedio
	1°	2°	3°	
T°	45.2	44.9	45	45.03
ph	8.34	8.33	8.31	8.33
CE	3.14	3.19	3.25	3.19

16/11/2019	Pilas			Promedio
	1°	2°	3°	
T°	42.9	42.1	41.9	42.30
ph	8.27	8.3	8.29	8.29
CE	3.3	3.39	3.67	3.45

23/11/2019	Pilas			Promedio
	1°	2°	3°	
T°	37.6	36.89	37.45	37.31
ph	8.28	8.29	8.28	8.28
CE	3.56	3.55	3.5	3.54

30/11/2019	Pilas			Promedio
	1°	2°	3°	
T°	36.8	35.8	35.4	36.00
ph	8.81	8.83	8.8	8.81
CE	3.87	3.97	4.09	3.98

7/12/2019	Pilas			Promedio
	1°	2°	3°	
T°	34.0	36.3	32.7	34.31
ph	8.31	8.35	8.36	8.34
CE	5.98	5.95	6.2	6.04

Compostadores			
1°	2°	3°	Promedio
27.8	28.2	27.8	27.93
8.01	8.03	8.03	8.02
2.03	2.15	2.2	2.13

14/12/2019	Pilas			Promedio
	1°	2°	3°	
T°	35.5	35.4	35.2	35.38
ph	7.57	7.61	7.59	7.59
CE	6.1	6.15	6.09	6.11

Compostadores			
1°	2°	3°	Promedio
60.5	58.7	59.9	59.70
8.95	8.91	8.96	8.94
2.29	1.87	2.15	2.10

21/12/2019	Pilas			Promedio
	1°	2°	3°	
T°	30.3	29.5	30.8	30.18
ph	7.49	7.52	7.53	7.51
CE	6.58	6.64	6.71	6.64

Compostadores			
1°	2°	3°	Promedio
43.2	42	40.8	42.00
7.25	7.26	7.21	7.24
3.29	3.64	4.12	3.68

28/12/2019	Pilas			Promedio
	1°	2°	3°	
T°	29.9	28.7	29.8	29.46
ph	7.43	7.45	7.41	7.43
CE	6.98	7.01	7.05	7.01

Compostadores			
1°	2°	3°	Promedio
29.6	29.3	28.1	28.99
7.05	7.02	7	7.02
4.94	5.05	5.03	5.01

4/01/2020	Pilas			Promedio
	1°	2°	3°	
T°	29.5	29.0	28.3	28.95
ph	7.46	7.45	7.45	7.45
CE	6.95	7.1	7.3	7.12

Compostadores			
1°	2°	3°	Promedio
28.7	28.4	28.2	28.43
7.03	7.1	6.59	6.91
5.1	5.22	5.19	5.17

11/01/2020	Pilas			Promedio
	1°	2°	3°	
T°	27.5	28.1	27.5	27.72
ph	7.9	7.94	7.99	7.94
CE	7.52	7.65	7.5	7.56

Compostadores			
1°	2°	3°	Promedio
28.1	29.5	28.7	28.76
6.87	6.98	7.01	6.95
8.05	8.01	7.95	8.00

18/01/2020	Pilas			Promedio
	1°	2°	3°	
T°	28.4	27.3	28	27.90
ph	8.05	8.09	8.06	8.07
CE	7.95	8.04	8.1	8.03

Compostadores			
1°	2°	3°	Promedio
28.6	28.5	28.6	28.57
7.1	7.12	7.11	7.11
8.26	8.29	8.19	8.25

ANEXO 10: Resultados del análisis de laboratorio del té de compost



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, AGUAS Y SEMILLAS
ESTACION EXPERIMENTAL AGRARIA AREQUIPA - INIA

NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL SOLICITANTE	TATIANA GARCILAZO RIVERA
PROCEDENCIA	DISTRITO ILLAY
MUESTRA	SUBSTRATO ORGANICO Te de compost

CODIGO DE LABORATORIO	FECHA DE INGRESO	PROCESADORA DE LA MUESTRA	EDIC	TIPO DE ANALISIS	NUMERACION
9014	23/12/2020	Te de Compost	1	FERTILIDAD	9009

ANALISIS FISICO

ARENA (%)	LEMO (%)	ARCILLAS	TEXTURA	POROSIDAD (%)	CAPACIDAD DE CAMPO (%)	AGUA DISPONIBLE (%)	PUNTO MARCHITEZ PERMANENTE (%)

ANALISIS QUIMICO

ELEMENTO	UNIDAD	VALOR	DEFICIENTE	BAJO	NORMAL	ALTO	EFAZADO
Materia Organica	%						
Nitrogeno Total	%	0.01					
Fosforo P	mg/L	88.00					
Potasio K	mg/L	800.00					
CO3Ca	%						
Sodio Na	mg/L	270.00	NO SALINO	DEFICIENTE SALINO	MODERADO SALINO	SALINO	MUY SALINO
CE	dS/m extr. 1:5	3.98					
			ACIDO	MODERADAMENTE ACIDO	NEUTRO	MODERADAMENTE ALCALINO	ALCALINO
pH	EXTR. 1:5	7.83					
BORO	mg/kg						

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (ppm/100gr de suelo)

Catión/Ca	Magnesio/Mg	Sodio/Na	Potasio/K	CE	Suma de Bases	PCI	Interpretación CIC
				0.000	0.000	#/DIVIDI	Medio

CULTIVO	TIPO DE SUELO (si que tiene)	INTERPRETACION
		Es una muestra sustrato organico de color oscuro en forma liquida

ANALISIS QUIMICO : INTERPRETACIONES

CULTIVO	VALORES OPTIMOS	INTERPRETACION
		Es una muestra en forma de sustrato liquido organico. (Para convertir de ppm a % dividir entre 10000)

MINISTERIO DE AGRICULTURA
INIA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA
ESTACION EXPERIMENTAL AGRARIA AREQUIPA - INIA

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA
ING. ADELACEN RAMIRO MENDOZA
DIRECTOR DE LABORATORIO

Calle Saco Ovaros 402 Cerro Juki
José Luis Bustamante y Rivero - Arequipa
T: (084) 421338
www.inia.gob.pe
www.minagri.gob.pe

ANEXO 11: Características finales del sustrato en el sistema abierto (pilas) 1° Repetición



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



**LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, AGUAS Y SEMILLAS
ESTACION EXPERIMENTAL AGRARIA AREQUIPA - INIA**

NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL SOLICITANTE	TATIANA GARCIAKARENN VILLANUEVA
PROCEDENCIA	DISTRITO ISLAY
MUESTRA	COMPOST

CODIGO DE LABORATORIO	FECHA DE INGRESO	PROCEDENCIA DE LA MUESTRA	LOTE	TIPO DE ANALISIS	Nº DE INFORME
9011	23/01/2020	PILA	Tratam. 2 Repeticion 1	FERTILIDAD	9006

ANALISIS FISICO

ARENA (%)	LIMO (%)	ARCILLA (%)	TEXTURA	POROSIDAD (%)	CAPACIDAD DE CAMPO (%)	AGUA DISPONIBLE (%)	PUNTO MARCHITEZ PERMANENTE (%)

ANALISIS QUIMICO

ELEMENTO	UNIDAD	VALOR	DEFICIENTE	BAJO	NORMAL	ALTO	EXCESIVO
Materia Organica	%	22.81					
Nitrogeno Total	%	1.37					
Fosforo P2O5	ppm	3300.00					
Potasio : K2O	ppm	25597.75					
CO3Ca	%	0.50					
			NO SALINO	DEBILMENTE SALINO	MODERAD SALINO	SALINO	MUY SALINO
C.E	dSm extr. 1:5	9.54					
			ACIDO	MODERAD ACIDO	NEUTRO	MODERAD ALCALINO	ALCALINO
pH	EXTR. 1:5	7.90					
BORO	mg/kg						

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (meq/100gr de suelo)

Calcio(Ca)	Magnesio(Mg)	Sodio(Na)	Potasio(k)	CIC	Suma de Bases	PSI	Interpretación CIC
				0.000	0.000	#jDIV/0!	Medio

CULTIVO	TIPO DE SUELO REQUERIDO	INTERPRETACION
		Es una muestra organica de compost de color oscuro en forma humeda.

ANALISIS QUIMICO : INTERPRETACIONES

CULTIVO	VALORES OPTIMOS	INTERPRETACION
		Es una muestra organico compostera con reaccion alcalina en pH, selino en conductividad electrica, alto en contenido de materia organica y nitrogeno, alto en concentracion de fosforo y potasio respectivamente, para considerar como nutriente organico considerar los elementos de acuerdo a los resultados de analisis. Relacion C/N: 9.68/1, (Para convertir de ppm a % dividir entre 10000). % de Humedad 50.27

MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION

ENC. LABORATORIO DE ANALISIS Y SUBSOL
EE. AREQUIPA - 2019

Calle Saco Olivares 402 Cerro Juli
José Luis Bustamante y Rivero - Arequipa
T: (054) 421336
www.inia.gob.pe
www.minagri.gob.pe

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA

ING. ABELACAN HUMPIRE MENDOZA
DIRECTOR (a)
EEA AREQUIPA

ANEXO 12: Características finales del sustrato en el sistema abierto (pilas) 2° Repetición



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



**LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, AGUAS Y SEMILLAS
ESTACION EXPERIMENTAL AGRARIA AREQUIPA - INIA**

NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL SOLICITANTE	TATIANA GARCIA/KARENN VILLANUEVA
PROCEDENCIA	DISTRITO ISLAY
MUESTRA	COMPOST

CODIGO DE LABORATORIO	FECHA DE INGRESO	PROCEDENCIA DE LA MUESTRA	LOTE	TIPO DE ANALISIS	Nº DE INFORME
8909	15/11/2019	PILA	Tratam. 2 Repeticion 2	FERTILIDAD	8904

ANALISIS FISICO

ARENA (%)	LIMO (%)	ARCILLA(%)	TEXTURA	POROSIDAD (%)	CAPACIDAD DE CAMPO(%)	AGUA DISPONIBLE (%)	PUNTO MARCHITEZ PERMANENTE (%)

ANALISIS QUIMICO

ELEMENTO	UNIDAD	VALOR	DEFICIENTE	BAJO	NORMAL	ALTO	EXCESIVO
Materia Organica	%	37.56					
Nitrogeno Total:	%	1.95					
Fosforo - P2O5	ppm	3500.00					
Potasio - K2O	ppm	17290.13					
CO3Ca	%	1.60					
			NO SALINO	DEBILMENTE SALINO	MODERAD. SALINO	SALINO	MUY SALINO
C.E	dS/m extr. 1:2,5	2.85					
			ACIDO	MODERAD ACIDO	NEUTRO	MODERAD ALCALINO	ALCALINO
pH	EXTR. 1:2,5	8.72					
BORO	mg/Kg						

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (meq/100gr de suelo)

Calcio(Ca)	Magnesio(Mg)	Sodio(Na)	Potasio(K)	CIC	Suma de Bases	PSI	Interpretacion CIC
				0.000	0.000	#/DIV/0!	Medio

CULTIVO	TIPO DE SUELO REQUERIDO	INTERPRETACION
		Es una muestra organica de compost de color oscuro en forma humeda.

ANALISIS QUIMICO : INTERPRETACIONES

CULTIVO	VALORES OPTIMOS	INTERPRETACION
		Es una muestra organico compost con reaccion alcalina en pH, muy salino en conductividad electrica, alto en contenido de materia organica y nitrogeno, alto en concentracion de fosforo y potasio respectivamente, para considerar como nutriente organico considerar los elementos de acuerdo a los resultados de analisis. Relacion C/N: 11.20/1, Humedad 49.67 %

MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION
AGRARIA

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA

Calle Saco Olivares 402 Cerro Juli
José Luis Bustamante y Rivero - Arequipa
T: (054) 421338
www.inia.gob.pe
www.minagri.gob.pe

ENC. LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS
EE. AREQUIPA - INIA

ING. ABELADAN HUMPIRE MENDOZA
DIRECTOR (a)
EEA AREQUIPA

ANEXO 13: Características finales del sustrato en el sistema abierto (pilas) 3° Repetición



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



**LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, AGUAS Y SEMILLAS
ESTACION EXPERIMENTAL AGRARIA AREQUIPA - INIA**

NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL SOLICITANTE	TATIANA GARCIA/KARENN VILLANUEVA
PROCEDENCIA	DISTRITO ISLAY
MUESTRA	COMPOST

CODIGO DE LABORATORIO	FECHA DE INGRESO	PROCEDENCIA DE LA MUESTRA	LOTE	TIPO DE ANALISIS	Nº DE INFORME
9013	23/01/2020	PILA	Tratam. 2 Repeticion 3	FERTILIDAD	9008

ANALISIS FISICO

ARENA (%)	LIMO (%)	ARCILLA(%)	TEXTURA	POROSIDAD (%)	CAPACIDAD DE CAMPO(%)	AGUA DISPONIBLE (%)	PUNTO MARCHITEZ PERMANENTE (%)

ANALISIS QUIMICO

ELEMENTO	UNIDAD	VALOR	DEFICIENTE	BAJO	NORMAL	ALTO	EXCESIVO
Materia Organica	%	27.50					
Nitrogeno Total	%	1.43					
Fosforo - P2O5	ppm	3200.00					
Potasio - K2O	ppm	28609.25					
CO3Ca	%	0.50					
			NO SALINO	DEBILMENTE SALINO	MODERAD SALINO	SALINO	MUY SALINO
C.E	dSm extr. 1:5	8.65					
			ACIDO	MODERAD ACIDO	NEUTRO	MODERAD ALCALINO	ALCALINO
pH	EXTR. 1:5	7.94					
BCRO	mg/Kg						

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (meq/100gr de suelo)

Calcio(Ca)	Magnesio(Mg)	Sodio(Na)	Potasio(K)	CIC	Suma de Bases	PSI	interpretacion CIC
				0.000	0.000	#/DIV/0!	Medio

CULTIVO	TIPO DE SUELO REQUERIDO	INTERPRETACION
		Es una muestra organica de compost de color oscuro en forma humeda.

ANALISIS QUIMICO : INTERPRETACIONES

CULTIVO	VALORES OPTIMOS	INTERPRETACION
		Es una muestra organico compostera con reaccion alcalina en pH, salino en conductividad electrica, alto en contenido de materia organica y nitrogeno, alto en concentracion de fosforo y potasio respectivamente, para considerar como nutriente organico considerar los elementos de acuerdo a los resultados de analisis. Relacion C/N: 11.18/1, (Para convertir de ppm a % dividir entre 10000), % de Humedad 49.50

MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA

Calle Saco Olivares 402 Cerro Juli
José Luis Bustamante y Rivero - Arequipa
T: (054) 421338
www.inia.gob.pe
www.minagri.gob.pe

ENC. LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS
EE. AREQUIPA - INIA

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA

ING. ABELEN DAN HUMPIRE MENDOZA
SECTOR (e)
EEA AREQUIPA

ANEXO 14: Características finales del sustrato en el sistema cerrado (compostador) 1° Repetición



PERÚ
Ministerio
de Agricultura y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, AGUAS Y SEMILLAS ESTACION EXPERIMENTAL AGRARIA AREQUIPA - INIA

NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL SOLICITANTE	TATIANA GARCIA/KARENN VILLANUEVA
PROCEDENCIA	DISTRITO ISLAY
MUESTRA	COMPOST

COODIGO DE LABORATORIO	FECHA DE INGRESO	PROCEDENCIA DE LA MUESTRA	LOTE	TIPO DE ANALISIS	Nº DE INFORME
9008	23/01/2020	COMPOSTER A	Tratam. 1 Repeticion 1	FERTILIDAD	9003

ANALISIS FISICO

ARENA (%)	LIMO (%)	ARCILLA(%)	TEXTURA	POROSIDAD (%)	CAPACIDAD DE CAMPO(%)	AGUA DISPONIBLE (%)	PUNTO MARCHITEZ PERMANENTE (%)

ANALISIS QUIMICO

ELEMENTO	UNIDAD	VALOR	DEFICIENTE	BAJO	NORMAL	ALTO	EXCESIVO
Materia Organica	%	25.49					
Nitrogeno Total:	%	1.54					
Fosforo : P2O5	ppm	3200.00					
Potasio K2O	ppm	28609.25					
CO3Ca	%	0.50					
			NO SALINO	DEBILMENTE SALINO	MODERAD. SALINO	SALINO	MUY SALINO
C.E	dS/m extr. 1:5	7.98					
			ACIDO	MODERAD ACIDO	NEUTRO	MODERAD ALCALINO	ALCALINO
pH	EXTR. 1:5	7.85					
BORO	mg/Kg						

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (meq/100gr de suelo)

Calcio(Ca)	Magnesio(Mg)	Sodio(Na)	Potasio(k)	CIC	Suma de Bases	PSI	Interpretacion CIC
				0.000	0.000	#jDIV/0i	

CULTIVO	TIPO DE SUELO REQUERIDO	INTERPRETACION
		Es una muestra organica de compost de color oscuro en forma humeda.

ANALISIS QUIMICO : INTERPRETACIONES

CULTIVO	VALORES OPTIMOS	INTERPRETACION
		Es una muestra organico compostera con reaccion alcalina en pH, salino en conductividad electrica, alto en contenido de materia organica y nitrogeno, alto en concentracion de fosforo y potasio respectivamente, para considerar como nutriente organico considerar los elementos de acuerdo a los resultados de analisis. Relacion C/N: 9.64/1, (Para convertir de ppm a % dividir entre 10000). % de Humedad 55.42

MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION
AGRARIA

ENC. LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS
EE. AREQUIPA - INIA

Calle Saco Olivares 402 Cerro Juli
José Luis Bustamante y Rivero - Arequipa
T: (054) 421338
www.inia.gob.pe
www.minagri.gob.pe

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA

ING. ABEL ADAN HUMFRE MENDOZA
DIRECTOR (a)
EE. AREQUIPA

ANEXO 15: Características finales del sustrato en el sistema cerrado (compostador) 2° Repetición



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, AGUAS Y SEMILLAS ESTACION EXPERIMENTAL AGRARIA AREQUIPA - INIA

NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL SOLICITANTE	TATIANA GARCIA/KARENN VILLANUEVA
PROCEDENCIA	DISTRITO ISLAY
MUESTRA	COMPOST

CODIGO DE LABORATORIO	FECHA DE INGRESO	PROCEDENCIA DE LA MUESTRA	LOTE	TIPO DE ANALISIS	Nº DE INFORME
9009	23/01/2020	COMPOSTER A	Tratam. 1 Repeticion 2	FERTILIDAD	9004

ANALISIS FISICO

ARENA (%)	LMO (%)	ARCILA(%)	TEXTURA	POROSIDAD (%)	CAPACIDAD DE CAMPO(%)	AGUA DISPONIBLE (%)	PUNTO MARCHITEZ PERMANENTE (%)

ANALISIS QUIMICO

ELEMENTO	UNIDAD	VALOR	DEFICIENTE	BAJO	NORMAL	ALTO	EXCESIVO
Materia Organica	%	26.16					
Nitrogeno Total	%	1.51					
Fosforo : P2O5	ppm	3200.00					
Potasio : K2O	ppm	27103.50					
CO3Ca	%	0.50					
			NO SALINO	DEBILMENTE SALINO	MODERAD SALINO	SALINO	MUY SALINO
C.E	dSm extr. 1.5	8.76					
			ACIDO	MODERAD ACIDO	NEUTRO	MODERAD ALCALINO	ALCALINO
pH	EXTR. 1.5	7.78					
BORO	mg/Kg						

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (meq/100gr de suelo)

Calcio(Ca)	Magnesio(Mg)	Sodio(Na)	Potasio(k)	CIC	Suma de Bases	PSI	Interpretacion CIC
				0.000	0.000	#1DIV/01	Medio

CULTIVO	TIPO DE SUELO REQUERIDO	INTERPRETACION
		Es una muestra organica de compost de color oscuro en forma humeda.

ANALISIS QUIMICO : INTERPRETACIONES

CULTIVO	VALORES OPTIMOS	INTERPRETACION
		Es una muestra organico compostera con reaccion alcalina en pH, salino en conductividad electrica, alto en contenido de materia organica y nitrogeno, alto en concentracion de fosforo y potasio respectivamente, para considerar como nutriente organico considerar los elementos de acuerdo a los resultados de analisis. Relacion C/N: 6.23/1, (Para convertir de ppm a % dividir entre 10000), % de Humedad 56.01

MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA

ENC. LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS
DE AREQUIPA - INIA

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA

ING. ABELACAN HUMPIREZ BENDOZA
DIRECTOR (e)
E.E.A. AREQUIPA

Calle Seco Olivares 402 Cerro Juli
José Luis Bustamante y Rivero - Arequipa
T: (054) 421338
www.inia.gob.pe
www.minagri.gob.pe

**ANEXO 16: Características finales del sustrato en el sistema cerrado (compostador) 3°
Repetición**



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

**LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, AGUAS Y SEMILLAS
ESTACION EXPERIMENTAL AGRARIA AREQUIPA - INIA**

NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL SOLICITANTE	TATIANA GARCIA/KARENN VILLANUEVA
PROCEDENCIA	DISTRITO ISLAY
MUESTRA	COMPOST

CODIGO DE LABORATORIO	FECHA DE INGRESO	PROCEDENCIA DE LA MUESTRA	LOTE	TIPO DE ANALISIS	Nº DE INFORME
9010	23/01/2020	COMPOSTER A	Tratam. 1 Repeticion 3	FERTILIDAD	9005

ANALISIS FISICO

ARENA (%)	LIMO (%)	ARCILLA (%)	TEXTURA	POROSIDAD (%)	CAPACIDAD DE CAMPO (%)	AGUA DISPONIBLE (%)	PUNTO MARCHITEZ PERMANENTE (%)

ANALISIS QUIMICO

ELEMENTO	UNIDAD	VALOR	DEFICIENTE	BAJO	NORMAL	ALTO	EXCESIVO
Materia Organica	%	28.17					
Nitrogeno Total	%	1.82					
Fosforo : P2O5	ppm	3200.00					
Potasio : K2O	ppm	27103.50					
CO3Ca	%	0.80					
			NO SALINO	DEBILMENTE SALINO	MODERAD. SALINO	SALINO	MUY SALINO
C.E	dSm extr. 1.5	8.35					
pH	EXTR. 1.5	7.81	ACIDO	MODERAD ACIDO	NEUTRO	MODERAD. ALCALINO	ALCALINO
BORO	mg/Kg						

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (meq/100gr de suelo)

Calcio(Ca)	Magnesio(Mg)	Sodio(Na)	Potasio(k)	CIC	Suma de Bases	PSI	Interpretacion CIC
				0.000	0.000	#/DIV/0!	Medio

CULTIVO	TIPO DE SUELO REQUERIDO	INTERPRETACION
		Es una muestra organica de compost de color oscuro en forma humeda.

ANALISIS QUIMICO : INTERPRETACIONES

CULTIVO	VALORES OPTIMOS	INTERPRETACION
		Es una muestra organico compostera con reaccion alcalina en pH, salino en conductividad electrica, alto en contenido de materia organica y nitrogeno, alto en concentracion de fosforo y potasio respectivamente, para considerar como nutriente organico considerar los elementos de acuerdo a los resultados de analisis. Relacion C/N: 9.00/1, (Para convertir de ppm a % dividir entre 10000), % de Humedad 55.89

MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION


MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION

Calle Saco Olivares 402 Cerro Juli
José Luis Bustamante y Rivero - Arequipa
T: (054) 421338
www.inia.gob.pe
www.minagri.gob.pe

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA

ING. ABEL CARRASQUILLA MENDOZA
DIRECTOR (e)
EEA AREQUIPA

ANEXO 17: Análisis microbiológico sistema abierto (pilas)



INFORME DE ENSAYO N° 1-02069/20 Pág. 1/1

Solicitante	: GARCIA GOMEZ, TATIANA MARIBEL
Domicilio legal	: Urb. Magisterial Dpto. 302 Mz. G Lt. 13 - Yanahuara - Arequipa
Producto declarado	: COMPOST
Cantidad de Muestras para el Ensayo :	1 muestra x 2 kg Muestra proporcionada por el solicitante
Identificación de la muestra	: COMPOST 1 PILAS (SUSTRATO MATERIA ORGÁNICA) PROCEDENCIA: ISLAY FECHA DE MUESTREO: 13/03/2020 HORA 10 A.M RESPONSABLE DEL MUESTREO TATIANA GARCIA GOMEZ
Forma de Presentación	: En bolsa de polietileno cerrado y conservado a temperatura ambiente.
Fecha de recepción	: 2020 - 03 - 16
Fecha de inicio del ensayo	: 2020 - 03 - 16
Fecha de término del ensayo	: 2020 - 03 - 18
Ensayo realizado en	: Laboratorio de Microbiología (Calleo)
Identificado con	: H/S 20002549 (EXAG-04047-2020)
Validez del documento	: Este documento es válido solo para las muestras descritas

Ensayo	Unidad	Resultado
Coiformes Termotolerantes	NMP/100 g	<16

MÉTODO


Coiformes Termotolerantes: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221.E1, 23 rd Ed.2017. Multiple-tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Thermotolerant (Fecal) Coliform procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC medium)

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Calleo, 23 de marzo de 2020
SP

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.


ING. ROSA PALOMINO LOO
 C.I.P. 40302
 COORDINADOR DE LABORATORIOS


AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores - Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao
T. (511) 319 9000

info@cerper.com www.cerper.com

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE

ANEXO 18: Análisis microbiológico sistema cerrado (compostador)



INFORME DE ENSAYO N° 1-02070/20

Pág. 1/1

Solicitante : GARCIA GOMEZ, TATIANA MARIBEL

Domicilio legal : Urb. Magisterial Dpto. 302 Mz. G L1 13 - Yanahuara - Arequipa

Producto declarado : COMPOST

Cantidad de Muestras para el Ensayo : 1 muestra x 2 kg
Muestra proporcionada por el solicitante

Identificación de la muestra : COMPOST 2 CONTENEDORES CERRADOS (SUSTRATO MATERIA ORGÁNICA)
PROCEDENCIA: ISLAY
FECHA DE MUESTREO: 13/03/2020 HORA 10:15 A.M
RESPONSABLE DEL MUESTREO TATIANA GARCIA GOMEZ

Forma de Presentación : En bolsa de polietileno cerrado y conservado a temperatura ambiente.

Fecha de recepción : 2020 - 03 - 18

Fecha de inicio del ensayo : 2020 - 03 - 16

Fecha de término del ensayo : 2020 - 03 - 18

Ensayo realizado en : Laboratorio de Microbiología (Callao)

Identificado con : H/S 20002549 (EXAG-04047-2020)

Validez del documento : Este documento es válido solo para las muestras descritas

Ensayo	Unidad	Resultado
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 g	<18

MÉTODO


Coliformes Termotolerantes: SNEWM-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E1, 23 rd Ed 2017, Multiple-tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Thermotolerant (Fecal) Coliform procedure, Thermotolerant Coliform Test (EC medium)

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce

Callao, 23 de marzo de 2020
SP

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.


ING. ROSA PALOMINO LOO
C.I.P. 40302
COORDINADOR DE LABORATORIOS

AREQUIPA
Calle Teriente Rodríguez N° 1415
Miraflores - Arequipa
T. (054) 268572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao
T. (511) 319 9000

Info@cerper.com www.cerper.com

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE.

ANEXO 19: Galería de fotos

Fotografía N°1: Sensibilización a los trabajadores del Centro de abastos “Virgen de Copacabana”



Fotografía N°2: Ubicación del almacén N°3 del distrito de Islay



Fotografía N°3: Instalación de compostadores



Fotografía N°4: Medición de indicadores con el multiparámetro



Fotografía N°5: Pilas y compostadores

