



UNIVERSIDAD DE LAMBAYEQUE
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS

**ANALISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICO DE LAS
ETAPAS DE LA PRODUCCION DE COMPOST UTILIZANDO
RESIDUOS DE PODA DE JARDINERÍA DEL CENTRO POBLADO
CALLANCA**

**PRESENTADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL**

Autora:

Bach. Cortez Heredia Erika Liseth

Asesora:

Mg. Betty Esperanza Flores Mino

Línea de investigación

Contaminación Ambiental y Biotecnología

Chiclayo -Perú

2020

FIRMA DEL ASESOR Y JURADO DE TESIS

Mg. Betty Esperanza Flores Mino
ASESOR

Msc. Enrique Santos Nauca Torres
PRESIDENTE

Ing. Jorge Tomas Cumpa Vásquez
SECRETARIO

Mg. Betty Esperanza Flores Mino
VOCAL

Dedicatoria

Dedico a Dios todo poderoso, por la vida que me dio, la cual gozo con mucho amor, sin él no hubiera sido posible cumplir con mis sueños y metas, A mis amados padres, ángel y Reyna quienes en todo momento fueron mi soporte y motivación para llegar a cumplir una de mis metas trazadas, siendo ellos la más grande bendición que Dios me dio. A mis queridas hermanas Dhaghaly y Estefany, por brindarme su cariño, apoyo y confianza. Esto es posible gracias a ustedes.

ERIKA LISSETH

Agradecimiento

A Dios quién nunca me abandonó, que por su misericordia logré concretar una meta más, demostrándome en todo momento que sus planes son perfectos.

A mis padres que fueron la pieza primordial para cumplir con esta meta.

A mis hermanas y cuñado Carlos por su apoyo incondicional.

A la Universidad de Lambayeque por el apoyo durante mi formación profesional, teniendo como fortaleza las enseñanzas adquiridas. Por brindarme su apoyo para la ejecución de esta investigación.

A mi asesora Ing. Betty Flores Mino, que con sus instrucciones me ayudaron a fortalecer mi investigación.

ERIKA LISSETH

Resumen

El crecimiento acelerado de la población junto con el desarrollo tecnológico e industrial ha generado un aumento considerable de los residuos sólidos en el planeta. La cantidad y su mala disposición final los convierte en un problema para el medio ambiente. Particularmente los residuos sólidos (material vegetal y jardinería), generado en el centro poblado Callanca del distrito de Monsefú de la provincia de Chiclayo de la región de Lambayeque, en términos de cantidades se generó de 200 a 300 kilos de hojarasca al mes, y de 10 a 20 kilos de poda aproximadamente de residuos material vegetal, los cuales fueron aprovechados en su totalidad de realizar este proceso de manera correcta. Debido a esto se propone analizar las características físico químicas de las etapas de la producción del compost utilizando residuos de poda de jardinería, esta práctica nos ayudara a producir un abono orgánico obtenido a partir de los residuos de podas de jardinería, es una mejor alternativa para aporta al suelo materia orgánica y elementos minerales esenciales para las plantas, mejora la estructura del suelo y reduce la erosión, es decir, logra una mayor retención del agua, la correcta absorción de la luz, él proceso de obtención de compostaje será sencillo, permitiendo el uso de residuos orgánicos y vegetales, en dicho proceso se evaluó las distintitos factores climatológicos como la humedad, la temperatura y otras variables tanto físicas como químicas, a través del control del pH y la temperatura, los cuales fueron medidos periódicamente, obteniéndose un producto de características física y químicas de excelente calidad. Se conformaron pilas o camas en forma trapezoidal, en un terreno acondicionado (aproximadamente un metro de distancia) para facilitar el control y muestreo de cada una de ellas. Se monitorearon diversos parámetros físico-químicos (Temperatura, aireación, pH y humedad) a lo largo del proceso de la investigación fue descriptiva y en cuanto al diseño no experimental.

Palabras clave. Residuos de poda de jardinería, compostaje, humedad, aireación

Abstract

Accelerated population growth along with technological and industrial development has generated a considerable increase in solid waste on the planet. The quantity and their bad final disposition makes them a problem for the environment. In particular, solid waste (plant material and gardening). The problem generated in the Callanca town center of the Monsefú district of the Chiclayo province of the Lambayeque region, In terms of quantities, 200 to 300 kilos of leaf litter per month were generated, and approximately 10 to 20 kilos of pruning of waste plant material, which were fully used to carry out this process correctly. Due to this, it is proposed to analyze the physical-chemical characteristics of the stages of compost production using gardening pruning residues, this practice will help us produce an organic fertilizer obtained from gardening pruning residues, it is a better alternative to contributes to the soil organic matter and essential mineral elements for plants, improves soil structure and reduces erosion, that is, achieves greater water retention, correct light absorption, the composting process will be simple, allowing the use of organic and vegetable residues, in this process the different climatic factors such as humidity, temperature and other physical and chemical variables were evaluated, through the control of pH and temperature, which were measured periodically, obtaining a product with excellent physical and chemical characteristics. Trapezoidal piles or beds were formed in a conditioned land (approximately one meter away) to facilitate the control and sampling of each one of them. Various physical-chemical parameters (temperature, aeration, pH, and humidity) were monitored throughout the research process. It was descriptive and in terms of non-experimental design.

Keywords. Waste garden pruning, composting, humidity, aeration.

Índice

Resumen	V
Abstrac.....	VI
I.Introducción.....	1
II.Marco Teórico	2
2.1.Antecedentes Bibliográficos	2
Internacional.....	2
Nacional	4
Local.....	5
2.2.Bases teorías.....	6
2.2.1.Residuos de poda.....	6
2.2.2.Residuos de jardín.....	6
2.2.3.Podas.....	6
2.2.4.Compostaje.....	7
2.2.5.Sistemas de compostaje.....	8
2.3.Parámetros del proceso de compostaje	8
2.3.1.Temperatura.....	9
2.3.2.Humedad.....	9
2.3.3.pH.....	10
2.3.4.Oxígeno.....	10
2.4.Materias primas que intervienen en la elaboración de compost.....	11
2.5.Fases del Compostaje.....	12
2.5.1.Fase Mesófila.....	12
2.5.2.Fase Termófila.....	12
2.5.3.Fase de enfriamiento.....	12
2.5.4.Fase de maduración.....	13
2.6.Elaboración del compost.....	14
2.6.1.Duración del Proceso de Compostaje	15
2.7.Compostaje aeróbico	16
2.8.Compostaje anaeróbico	17
2.9.Sistemas de compostaje.....	17
2.9.1.Compostaje en pilas con volteo.....	17
2.9.2.Compostaje en canales.....	18
2.9.3.Compostaje en túneles.....	18

2.10. Tipo de proceso de compostaje	18
2.10.1. Compostaje tradicional.....	18
2.10.2. Compostaje mecanizado.....	18
2.11. Características del compost de calidad	19
2.13. Ventajas del compost, Según APROLAB el compost presenta las siguientes	
2.14. Generalidades de los microorganismos.....	20
2.15. Origen de la Materia Prima	20
2.16. D. L 1278 Ley De Gestión Integral De Residuos Sólidos	21
2.17. Definición de términos básicos	22
III. Materiales y métodos	24
3.1. Variables y Operacionalización de variables	24
3.1.1. Variable independiente.....	24
3.1.2. Tipo de estudio y diseño de investigación.	25
Tipo de estudio.....	25
Tipo de diseño de investigación	25
3.1.3. Población y muestra de estudio.....	25
Población.....	25
Muestra.....	25
Muestreo	26
3.2. Técnicas e Instrumentos	26
3.3. Plan de procesamiento para análisis de datos	27
IV. Resultados.....	27
V. Discusión.....	41
VI. Conclusiones fijarse de sus objetivos	44
VII. Recomendaciones	46
VII. Referencias bibliográficas	47
VIII. Anexos	49

Índice de Tablas

Tabla N° 1 <i>Posibles Problemas y soluciones en el compostaje</i> -----	14
Tabla N° 2 <i>Problemas más frecuentes y su solución</i> -----	15
Tabla N° 3 <i>Características de los materiales para compostaje</i> -----	21
Tabla N° 4 <i>Operacionalización de variables e indicadores</i> -----	24
Tabla N° 5 <i>Proporciones empleados en el compostaje</i> -----	27
Tabla N° 6 <i>Cantidad de residuos vegetales generados para el armado de la pila de compostaje dia 1</i> -----	28
Tabla N° 7 <i>Cantidad de residuos vegetales generados para el armado de la pila de compostaje dia 2</i> -----	28
Tabla N° 8 <i>Recolección total de restos vegetales verdes y secos</i> -----	29
Tabla N° 9 <i>Formación de la pila de compostaje de podas de jardinería</i> -----	31
Tabla N° 10 <i>Parámetro físico inicial de la materia prima</i> -----	33
Tabla N° 11 <i>Monitoreo temperatura en la pila de compostaje</i> -----	35
Tabla N° 12 <i>Monitoreo del porcentaje de humedad</i> -----	37
Tabla N° 13 <i>Monitoreo del pH</i> -----	39
Tabla N° 14 <i>Características fisicoquímicos % h, pH y T° C</i> -----	40

Índice de figuras

<i>Figura N° 1.</i> Curvas de temperatura y Ph -----	13
<i>Figura N° 2.</i> Picado de los residuos de podas-----	30
<i>Figura N° 3 .</i> Pesado de restos vegetales secos y verdes. -----	30
<i>Figura N° 4.</i> Medidas de la pila de compostaje. -----	31
<i>Figura N° 5.</i> Pila Compostera. -----	32
<i>Figura N° 6 .</i> Volteo de la pila compostera. -----	33
<i>Figura N° 7.</i> Toma de temperatura con un termómetro. -----	34
<i>Figura N° 8.</i> Temperatura de las pilas de compostaje -----	36
<i>Figura N° 9.</i> %Humedad en el proceso de compostaje. -----	38
<i>Figura N° 10.</i> Humedecimiento de las pilas de compostaje.-----	38

I. Introducción

La contaminación ambiental es uno de los mayores problemas que aquejan actualmente al planeta tierra, la cual se ha visto incrementada de manera descontrolada en las últimas décadas debido al aumento acelerado de la población mundial, que se encuentra en una fase de consumismo de productos industrializados, generando desechos por doquier. Estos desechos generados día a día por la población mundial y que no reciben ningún tipo de tratamiento, vienen generando cambios en el planeta, tanto en su suelo, como en el aire y el agua, poniendo en peligro la biodiversidad del mismo.

Hace muchos años, en múltiples ciudades alrededor del mundo, se ha venido trabajando en diferentes formas de tratamiento de residuos sólidos, con el fin de reducir su impacto ambiental. En la actualidad el Ministerio del Ambiente ha propuesto el tratamiento y aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos con el objetivo de mejorar la gestión y apuntando a una economía circular que disminuya los impactos ambientales y a la vez brinde un bien o servicio para la inadecuada disposición final de residuos puede generar impactos ambientales significativos, por lo que se considera una problemática la gran cantidad de restos de poda en el centro poblado Callanca distrito de Monsefú provincia de Chiclayo, Particularmente, muchos residuos son perfectamente conocidos en su composición y otros no, el desconocimiento de cuáles son sus efectos sobre el ambiente y sobre la salud humana, cuando estos residuos aparecen mezclados con otros pueden producirse unos sinergismos que potenciaran daños. Este sistema de gestión es el más incorrecto desde un punto de vista ambiental de la gestión de los residuos, pues los desperdicios orgánicos son un serio problema, al ser fuentes importantes de dioxinas, producen gases de efecto invernadero y conllevan peligros de lixiviación de contaminantes a las aguas subterráneas. La clave es evitar que vayan a vertedero los residuos y que se pueden aprovechar a cada residuo le corresponde su tratamiento: lo reciclable al reciclaje, lo compostaje al compostaje.

El compostaje es una de las alternativas necesarias y adecuadas no solo para disminuir los residuos orgánicos, sino también para reemplazar la aplicación excesiva y continua de los fertilizantes, los cuales acidifican los suelos, afecta los organismos y altera las propiedades fisicoquímico de los componentes del suelo , Existe una alternativa para evitar esta contaminación y a la vez realizar el reaprovechamiento dando un valor a estos residuos orgánicos ,el cual se podrá realizar análisis de las características físico químicas de las etapas de la producción del compost cuyo objetivo general fue Analizar las características físico químicas de las etapas de la producción del compost utilizando residuos de poda de jardinería del centro poblado de Callanca. Así mismo, se tomaron en cuenta los objetivos específicos

siguientes: Diagnosticar los residuos de poda generados en el centro poblado de Callanca; realizar el diseño de la pila de compostaje; implementar la pila compostera y medir las características físicas químicas de las diferentes fases del compostaje.

El tipo de investigación es descriptiva. En cuanto al diseño de la investigación es una no experimental, los distintos problemas ambientales causados por la inadecuada disposición final de las podas de jardinería en el centro poblado de Callanca, esta investigación se realizó con la finalidad analizar las características físico-químicas del compost de podas de jardinería, aportando a la minimización de dichos problemas ambientales.

La tendencia a la utilización indiscriminada de fertilizantes químicos y por demás labores agrícolas practicadas en nuestros campos para incrementar las cosechas, han afectado en gran medida a la comunidad microbiana, perturbándose la cadena de conversión de energía y nutrientes en su hábitat, por esta razón y para conseguir un suelo lo más “rico” posible, se debe combatir esas malas prácticas, siendo prioritario corregir la fertilidad edáfica para lo que se considera adecuado utilizar abono orgánico, al que en la presente investigación se denomina “compostaje ”el compostaje es la práctica más conveniente puesto que las inversiones económicas son modestas y los beneficios que brindan son múltiples, es por esto que se pretende promover un compostaje de podas de jardín de gran importancia, también permitirá generar recursos que serán utilizados. (Tierra, 2018).

Finalmente se analizaron las características físico-químicas del compost de podas de jardinería, teniendo en cuenta la temperatura, humedad y pH.

II. Marco Teórico

2.1. Antecedentes Bibliográficos

Internacionales

Rojas, 2017 En la universidad nacional de Colombia Sede en Palmira, se desarrolló una investigación titulada “*Residuos de poda, fuente potencial de energía renovable*”, donde un grupo de investigadores afirma que la disposición de los residuos de la poda del pasto que se generan en los diferentes lugares que cuentan con amplias zonas verdes, se ha convertido en una considerable problemática ambiental debido a la naturaleza orgánica de estos materiales, su forma de manejo actual constituye un alto riesgo para el ambiente, ya que al estar a la intemperie se dan los procesos naturales de descomposición, generándose lixiviados y gases de efecto invernadero como dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄), entre otros (Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira). Frente a esta afirmación se propuso la aplicación de la digestión anaerobia como alternativa de disposición y aprovechamiento, con el objetivo de beneficiar el desempeño ambiental de la sede. Para su desarrollo se tomó muestras de los

residuos de poda del campus, posterior a ello se desarrolló un análisis de laboratorio arrojando lo siguiente, el equipo de investigación determinó que el potencial de producción de biogás para los residuos de poda del campus es de 354 litros de biogás por kilogramo de residuo (Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira). Aunque para la producción de energía a partir de estos residuos se necesitan tecnologías sofisticadas, las investigadoras aseguran que este es un buen comienzo para que los gobernantes piensen en aprovecharlos y obtener ganancias importantes que beneficien el ambiente y la economía. También es de consideración el estudio de “Generación de pellets y compost a partir de residuos agrícolas” desarrollado en la ciudad de Valparaíso Chile donde se muestra una alternativa diferente de valorización. Se presenta un levantamiento de información en La Feria, donde se concluye que hay cerca de 900 (ton/semana) de productos, tales como frutas, vegetales y semillas, y se generan aproximadamente 28 [ton/semana] de residuos agrícolas, también se extrae datos de las propiedades fisicoquímicas de los residuos A partir de los datos obtenidos y de una evaluación económica se opta por la tecnología de densificación de biomasa como lo es el peletizado, en donde se obtienen pellets como productos aumentando el poder calorífico de estos residuos agrícolas y obteniendo un potencial energético considerable. Para el aprovechamiento energético de este tipo de biomasa, se debe tener un proceso de secado eficiente, por lo que se opta por la utilización de la tecnología de Techo Solar Activo, en donde se aprovecha la energía solar para aumentar la temperatura del aire de secado y así, poder secar estos residuos agrícolas vegetales y disminuir la humedad desde un 85% hasta un 15%, que es lo ideal para el proceso de peletizado.

Jara (2016) en la tesis para obtener el grado de doctor denominada “*Oportunidades de valorización mediante compostaje de los residuos orgánicos de origen urbano y afines en Ecuador: propuesta de gestión para la provincia de Chimborazo*” Casi todas las muestras presentaron una alta biodegradabilidad potencial correlacionada con el contenido de materia orgánica total y de carbono hidrosoluble, incluyendo la muestra de lodo de la planta de tratamiento. Asimismo una mejora en la recolección separada de residuos de mercado y de poda de jardines municipales puede proporcionar flujos específicos limpios de residuos de materiales no degradables y con alta biodegradabilidad potencial. En este sentido se pueden considerar estrategias de compostaje sólo con los residuos de mercado, pero su compostaje con residuos de poda de jardines puede proporcionar mejores resultados en la provincia de Chimborazo.llega a las conclusiones siguientes: Los residuos sólidos urbanos de Chimborazo-Ecuador como materia prima para la potencial producción de compost presentan una elevada

viabilidad gracias a la significativa concentración de nutrientes y a la baja concentración de metales pesados.

Nacionales

Sánchez (2015). “*Evaluación de la producción de compost con microorganismos eficientes en el distrito de Rupa Rupa*”. Sostuvo determinar parámetros biológicos, químicos y físicos, identificar, cuantificar y correlacionar microorganismos presentes en el compost con parámetros químicos. Los resultados fueron temperatura=61,40 °C; humedad=12,20%; materia orgánica=43,32%; pH=8,6; N+=2,35%; Ca2+=6,79%; Mg2+; P+ y K+= bajo contenido; Fe2+, Cu2+, Mn2+ y Zn2+=alto contenido; como micro-fauna se encontraron bacterias, actinomicetos, mohos y levaduras; y como macrofauna, clase insecta; clitellata; myriápoda y malacostraca. En los tratamientos se identificaron especies de bacterias como *Bacillus sp*; *Botrys sp*, *Fusarium sp*, y *Nocardia sp*, y microorganismos eficientes como: *Rhodopseudomonas*, *Mucor sp*, *Saccharomyces sp*, y *Trichoderma sp*. Los valores de la correlación positiva fueron 0,094454 (numeración de bacterias y magnesio); 1,00; 0,034432 y 0,001285 (correlación y numeración de actinomicetos, mohos y levaduras).

Juan (2016), elaboró en la Universidad Nacional Hermilio Valdizan, la tesis “*Efecto de los Bio abonos en el Rendimiento y la Calidad de la Asociación de Pasturas en condiciones Edafoclimática de Cay huayna Huánuco*”, realizando abono foliar con 0,1 y 2 litros de EM/a y compost con 0, 2, 4 y 6 toneladas/a, con un total de 12 tratamientos. Con el objetivo de evaluar el efecto de los Bio abonos en el rendimiento y calidad de la asociación de pasturas en condiciones edafoclimáticas de cay huayna. Los resultados permiten concluir que existe efecto significativo en los niveles de bio abonos empleados; donde se obtuvieron una altura de 0,92 m, un rendimiento en forraje verde de 2,479 kg/m², forraje seco con 5,132 kg/ha/corte y un porcentaje de proteína de 23,7 % bajo las condiciones del ensayo; sugiriendo aplicar de 1 a 2 litros de microorganismos eficaces con 4 toneladas de compost por hectárea, para asegurar buenos rendimientos, calidad e inocuidad en los pastos asociados.

Ana (2016), elaboró en la Universidad de Huánuco, la tesis “*Optimización del Manejo de Residuos Orgánicos por medio de la utilización de Microorganismos eficientes en el proceso de compostaje en la Central Hidroeléctrica Chagalla*”, en la investigación se evaluó la alternativa para la producción de compost a partir del 100% de los residuos orgánicos provenientes de los comedores del campamento de la Central Hidroeléctrica Chagalla mediante la utilización de microorganismos eficientes. Donde se determinó la cantidad de residuos orgánicos generados y se realizó la caracterización de dichos residuos que van a disposición final, para establecer su posterior tratamiento en compostaje con EM. Así mismo se realizó el

análisis del compost durante y al finalizar el proceso, este seguimiento se hizo mediante pruebas in situ y ex situ para cada tratamiento. Después de 32 días se daba por terminado el proceso de compostaje. Se determinó la producción final de compost en peso y volumen, obteniendo mejores resultados en los lotes del cuarto tratamiento con EM. Finalmente se enviaron muestras al Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria la Molina para determinar las características químicas finales del compost obtenido en cada tratamiento. Tales pruebas fueron C/N, Materia Orgánica, Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio.

Locales

Según Cabrera (2016) en su tesis “*Propuesta para la elaboración de compost a partir de los residuos vegetales provenientes del mantenimiento de las áreas verdes públicas del distrito de Miraflores*”, se obtuvo como objetivo desarrollar una propuesta en menor proporción para lograr la producción de abono a partir de residuos orgánicos que provienen del mantenimiento de las áreas verdes del distrito de Miraflores, ello para brindar una solución sustentable al manejo de los residuos sólidos orgánicos y de esa manera evitar la disposición final en los rellenos sanitarios de la capital y así lograr su reutilización en los parques y jardines. La propuesta estuvo contemplada a partir de la caracterización y posterior tratamiento de los residuos, realizando comparaciones con distintas formulaciones, realizando seguimiento y registros de los parámetros en lo que duraba su proceso de degradación, el análisis cualitativo del producto final y su respectiva comparación con normativa internacional. Se obtuvo como resultado que el abono logrado puede ser tipificado en la clase B según la normativa chilena (NCh2880.Of2004). Se llegó a demostrar una viabilidad en el aspecto económico y metodología de la producción de abono, eludiendo el envío de 230 Mg al mes de residuos orgánicos al relleno sanitario, ello permite el ahorro en valor de S/ 5,106.22 Nuevos soles al establecer su propuesta de gestión.

Mendoza, M. (2015) “*Propuesta de compostaje de los residuos vegetales generados en la Universidad de Piura*”. El objetivo principal de esta investigación fue elaborar una propuesta de compostaje de los residuos vegetales que se generaban en el campus de la Universidad de Piura. Para desarrollar dicho proyecto se instaló cuatro pilas de compostaje de los residuos, llamados más adelante “tratamientos”; además se evaluó el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes (EM) sobre la calidad físico-química y microbiológica del compost, y también el grado de degradación alcanzado en cada tratamiento. La metodología empleada para realizar el compostaje se basó en un proceso aeróbico de dos meses, en el cual se realizaron volteos semanales de forma manual, riegos diarios para mantener la humedad óptima, medición de la temperatura tres veces por semana, aplicación semanal de EM en dosis

pre establecidas, y la toma de muestras se realizó cada dos semanas para el análisis físico-químico mientras que para el análisis microbiológico cada semana. Los resultados que se obtuvieron bajo las mismas condiciones ambientales fueron que, el nivel más alto de eficiencia lo obtuvo el tratamiento N° 2 con dosis de 1 L de EM-compost, concluyendo con una obtención de un compost de buena calidad y generó menor porcentaje de residuos sin degradar durante el proceso.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Residuos de poda.

Residuos de poda o residuos verdes se entienden todos los residuos vegetales tales como pasto cortado, hojas secas y ramas, que se generan como resultado del cultivo y mantenimiento de jardines, parques, espacios públicos (veredas), así como también por la conservación de paisajes. Estos residuos se caracterizan por tener un contenido hídrico variable y paredes celulares rígidas. Estas están compuestas principalmente por polisacáridos, macromoléculas que consisten en unidades repetitivas de azúcares simples o general glucosa.

Los 3 tipos de polisacáridos que normalmente aparecen en las paredes celulares vegetales son la celulosa, hemicelulosas y sustancias pécticas. La celulosa es un carbohidrato estructural, y es la sustancia que más abunda del grupo de carbohidratos, ya que le corresponde 50% o más del total de átomos de carbono en las plantas. (Palau, 2015)

2.2.2. Residuos de jardín.

Los residuos de Jardín son la variedad de residuos de origen vegetal generados durante la jardinería, paisajismo y mantenimiento general de terrenos. Las fuentes de residuos del jardín pueden ser de sectores públicos, residenciales, institucionales (públicas o privadas) y comerciales. Las fuentes públicas incluyen parques, jardines públicos y paisajismo (inicio y mantenimiento) de las propiedades públicas. (Janon, 2017).

2.2.3. Podas.

Constituida por la fracción (FV) en forma de restos vegetales de jardinería y poda de mayor y de tipo leñoso. Este enfoque considera como una fracción orgánica principalmente los residuos alimentarios, pero también permite integrar aquella fracción vegetal formada por los restos vegetales verdes de pequeña dimensión tales como ramos de flores mustios, malas hierbas, césped, pequeñas ramas de poda, hojarasca, etc. la poda de mayor tamaño y de tipo leñoso, la cual necesita de una gestión específica por cuestiones relacionadas con logística de recogidas, el tratamiento y uso (material estructurante para el compostaje) y la temporalidad de generación (frecuencia y periodo).

Dentro de los BIOS residuos, el conocimiento específico de los residuos vegetales procedentes de jardines urbana y pre urbana (fracción vegetal), es el objeto de este estudio. Los residuos vegetales, verdes, o de jardinería se generan a partir de un conjunto de operaciones específicas y necesaria para el mantenimiento y conservación de las zonas verdes, parques y jardines públicos o particulares ,en función de las características particulares de la planta, arbusto o árbol de que se trate ,estas operaciones se desarrollan bajo un calendario específico al respecto debido a esto la producción de restos vegetales se origina bajo condiciones de temporalidad según el aspecto cuantitativo o cualitativo, es decir, según la mayor o menor relación de operaciones de poda, limpieza, recogida de hojas caídas, siega o según se trate de ramas de árboles, hojas, tallos, etc. Estos residuos se pueden agrupar de forma simplificada en residuos de especies cespitosas, arbustivas, leñosas y palmáceas. (Rec, 2018).

2.2.4. Compostaje.

El compostaje es el proceso biológico más frecuente utilizado para la conversión de la fracción orgánica de los RSU a un material húmico estable conocido como compost. El proceso se efectúa mediante la fermentación controlada (control de temperatura, humedad y aireación) de la fracción orgánica de los RSU por poblaciones de microorganismos aerobios (bacterias, hongos y actinomicetos). Así mismo se efectúan determinadas operaciones de tipo mecánico como la trituración o el cribado cuya finalidad es, por una parte, facilitar el proceso y por otra, mejorar la calidad del producto obtenido. En términos generales el compostaje se puede definir como una biotécnica donde es posible ejercer un control sobre los procesos de biodegradación de la materia orgánica. La biodegradación es consecuencia de la actividad de los microorganismos que crecen y se reproducen en los materiales orgánicos en descomposición. La consecuencia final de estas actividades vitales es la transformación de los materiales orgánicos originales en otras formas químicas. Los productos finales de esta degradación dependerán de los tipos de metabolismo y de los grupos fisiológicos que hayan intervenido. Es por estas razones, que los controles que se pueden ejercer, siempre estarán enfocados a favorecer el predominio de determinados metabolismos y en consecuencia a determinados grupos fisiológicos. En una pila de material en compostaje, si bien se dan procesos de fermentación en determinadas etapas y bajo ciertas condiciones, lo deseable es que prevalezcan los metabolismos respiratorios de tipo aerobio, tratando de minimizar los procesos fermentativos y las respiraciones anaerobias, ya que los productos finales de este tipo de metabolismo no son adecuados para su aplicación agronómica y conducen a la pérdida de nutrientes. Lo importante no es biodegradar, sino poder conducir esta biodegradación por rutas metabólicas, que permitan la obtención de un producto final lo más apropiado posible, en el

menor tiempo posible. El éxito de un proceso de compostaje, dependerá entonces de aplicar los conocimientos de la microbiología, manejando la pila de compost como un medio de cultivo. A lo largo de la historia, se han empleado distintos procedimientos en la producción de compost que han generado numerosas publicaciones de divulgación con diferentes enfoques, posiblemente debido al desconocimiento de los mecanismos íntimos del proceso. Actualmente, se conoce las bases científicas de este proceso, y se lleva a cabo de una forma controlada. En tal sentido, el compostaje, se puede definir como un proceso dirigido y controlado de mineralización y prehumificación de la materia orgánica, a través de un conjunto de técnicas que permiten el manejo de las variables del proceso; y que tienen como objetivo la obtención de un biofertilizante de características físico-químicas, biológicas y microbiológicas predeterminadas, conocido como compost. A este proceso controlado de compostaje se le denomina compostaje aeróbico para diferenciarlo de las técnicas tradicionales. (Colomer, 2016).

2.2.5. Sistemas de compostaje.

Los sistemas de compostaje se dividen en dos: los Sistemas abiertos que pueden hacerse en pilas estáticas con aireación forzada (alternante, inyección y succión) y las pilas de volteo con aireación natural o forzada y los sistemas cerrados que pueden hacerse en contenedores o en túneles (reactores verticales: continuos y discontinuos y los reactores horizontales: estáticos y con movimiento del material. Las pilas con volteo consisten básicamente en derribar un montón de residuos orgánicos y volverlos a reconstruir. En este proceso de compostaje la pila se voltea periódicamente para homogenizar la mezcla y su temperatura a fin de eliminar el excesivo calor, controlar la humedad, aumentar la porosidad de la pila para mejorar la ventilación y reducir aún más el tamaño de las partículas del material. El proceso del volteo depende del tipo de material, de la humedad y de la rapidez con que se desee realizar el proceso. (Colomer, 2016).

2.3. Parámetros del proceso de compostaje

Partiendo de la base que en un proceso de compostaje los responsables de la transformación son los microorganismos, todos aquellos factores que pueden limitar su desarrollo serán limitantes también del propio proceso. Para conseguir que esta transformación se realice en condiciones controladas (aeróbicas y termófilas) hace falta un serie de requisitos, que no son otros que los que necesitan los microorganismos para desarrollarse. Las variables fisicoquímicas que deben ser consideradas son humedad, oxígeno, temperatura, pH, contenido en materia orgánica, contenido en nitrógeno y fósforo, relación C/N y actividad microbiológica.

Este conjunto de variables permiten determinar la sucesión de etapas características del proceso de compostaje. Barrena, (2016).

2.3.1. Temperatura.

La temperatura es consecuencia del tipo de proceso y por tanto un indicador de su funcionamiento. El incremento de la actividad biológica genera calor, que es retenido al considerarse el residuo una masa autoaislante, lo que provoca un incremento general de la temperatura. El incremento de la temperatura en la primera parte del compostaje indica la presencia de materiales muy degradables y unas condiciones de trabajo adecuadas, mostrando el desarrollo correcto del proceso. Las moléculas orgánicas contienen energía almacenada en sus enlaces que se libera cuando la molécula se degrada y se transforma en otras más sencillas.

Los cambios de temperatura durante la evolución del proceso proporcionan información directa del funcionamiento del mismo. El mantenimiento de temperaturas elevadas asegura la higienización del material, pero se pueden presentar problemas de inhibición de la actividad de la mayoría de microorganismos si éstas son muy altas. Por lo tanto, es necesario conseguir un equilibrio entre la máxima higienización y la biodegradación. Se considera que la mayor diversidad microbiana se consigue entre 35°C y 40 °C, la máxima biodegradación entre 45°C y 55 °C, y la higienización cuando se superan los 55 °C. La temperatura que se alcanza en cada etapa depende de la energía desprendida, de las pérdidas (convección, radiación, conducción) y de la capacidad de almacenar calor (muy relacionada con el calor específico y la conductividad térmica del material), que afecta sobre todo cuando el desprendimiento de energía es bajo. El contenido en humedad y la cantidad de materia mineral intervienen en el mantenimiento de la temperatura en las últimas fases del proceso gracias a su elevada capacidad de almacenar calor. (Barrena, 2016).

2.3.2. Humedad.

Los microorganismos requieren agua para asimilar los nutrientes, metabolizar nuevas células, y para reproducirse. También producen agua como parte del proceso de descomposición de la materia orgánica. Si se dan niveles con un contenido en humedad superior al 70%, el agua se va a acumular más rápido de lo que se va a eliminar a través de la aireación o evaporación, y se va a impedir el flujo de oxígeno, dando como resultado unas condiciones anaerobias.

El agua es un ingrediente clave que transporta las sustancias dentro de la masa que se está compostando y permite que los nutrientes sean química y físicamente accesibles para los microorganismos. Si el nivel de humedad desciende por debajo del 40%, los nutrientes no van a encontrarse en un medio acuoso que permita su fácil acceso a los microorganismos. Por lo

tanto, vamos a considerar adecuado un intervalo entre 50 y 70% de contenido en humedad a la hora de tener un entorno óptimo para los microorganismos que van a descomponer la materia orgánica. (Miyatake, 2016).

2.3.3. pH.

El pH es un parámetro que condiciona la presencia de microorganismos, ya que los valores extremos son perjudiciales para determinados grupos. Para conseguir que al inicio del compostaje la población microbiana sea la más variada posible hay que trabajar a pH cercanos a 7. Un pH extremo no es un impedimento para el proceso, pero si lo es para su cinética, dificultando la puesta en marcha, el tipo de reacciones y la velocidad, si bien con el tiempo aparece una cierta capacidad tampón del residuo causado por la formación de anhídrido carbónico (CO₂) y amoníaco (NH₃). Además de condicionar la vida microbiana, el pH es indicador de la evolución del proceso de compostaje. Así, al inicio, el pH puede disminuir debido a la formación de ácidos libres, pero a lo largo del proceso aumenta por el amoníaco desprendido en la descomposición de las proteínas. Al mismo tiempo, subidas bruscas de pH pueden facilitar la liberación de nitrógeno amoniacal, ya que un pH básico extremo afecta a los equilibrios ácido-base que influyen en la conservación del nitrógeno.

Una reducción de pH en algún momento del proceso puede indicar que se han producido condiciones anaerobias. Los microorganismos en ausencia de oxígeno producen ácidos de cadena corta como producto metabólico, acidificando el medio. (Barrena2016).

2.3.4. Oxígeno.

Para el correcto proceso de compostaje es necesario garantizar la presencia de oxígeno, ya que los microorganismos que en él intervienen son aerobio. De hecho, el desarrollo de condiciones de anaerobiosis en el material no solo desacelera el proceso de compostaje, sino que además tienen lugar riesgos asociados a la generación de sustancias que causan mal olor (Ekinci, 2014).

2.3.5. Relaciones C/N

La relación C/N, expresa las unidades de Carbono por unidades de Nitrógeno que contiene un material. El carbono es una fuente de energía para los microorganismos siendo el nitrógeno es un elemento necesario para la síntesis proteica. La relación adecuada entre estos dos nutrientes, favorecerá un bien crecimiento y reproducción. La relación C/N ideal de entrada, es decir de material "crudo o fresco" a compostar es de 25 unidades de carbono por una unidad de Nitrógeno, es decir $C(25)/N(1)=25$.

Un material que presente una C/N superior a 30, requerirá para su biodegradación un mayor número de generaciones de microorganismos, y el tiempo necesario para alcanzar una

relación C/N final entre 12-15 (considerada apropiada para uso agronómico) será mayor. Si el cociente entre estos dos elementos es inferior a 20 se producirán pérdidas importantes de nitrógeno. Los residuos de origen vegetal, presentan por lo general una relación C/N elevada. Las plantas y montes, contienen más nitrógeno cuando son jóvenes y menos en su madurez. Los residuos de origen animal presentan por lo general una baja relación C/N. (Jhorar, 2017).

Ricos en carbono

Hojas, tela de algodón, polvo del suelo, pinos, grama seca, cascaras de nueces, paja, huesos, polvo de aspiradoras, heno, plumas, estiércol, aserrín, pelos caballo, conejo y ovejas, hieros, cenizas de madera. Ricos en nitrógeno: cascaras de manzana, frijoles, toronjas, cascaras de banana, pan, lechuga, desechos de brócoli, zanahorias, limones, pepinos, melones, hojas de alcachofa, cebollas, peras, base de espárragos, piñas papas, filtros y desechos de café, calabazas, algas, cascaras de huevo, flores, grama verde, residuos de jardín. (Riego, 2016).

Ricos en Nitrógeno

Cascaras de manzana, frijoles, toronjas, cascaras de banana, pan, lechuga, desechos de brócoli, zanahorias, limones, pepinos, melones, hojas de alcachofa, cebollas, peras, base de espárragos, piñas papas, filtros y desechos de café, calabazas, algas, cascaras de huevo, flores, grama verde, residuos de jardín. Existen materias orgánicas de diferentes procedencias, los cuales poseen un contenido de carbono (total) en relación con el nitrógeno (total). Siendo uno de los factores que garantizan un buen compostaje. (Riego, 2016).

2.4. Materias primas que intervienen en la elaboración de compost

Para la elaboración del compost se puede emplear una gran variedad de materiales, conociendo que cuanto más triturados estén, más rápido se obtendrá el compost; también la materia introducida debe de ser orgánica, es recomendable mezclar materiales de lenta y rápida descomposición (Sandra Cuba Checnes R. H., Manual de la Producción de Compost Orgánico, 2016).

2.4.1. Materiales de rápida descomposición.

Hojas frescas, restos de la siega de césped, estiércol de animales de corral, malezas jóvenes.

Materiales de descomposición lenta

Pedazos de fruta y verdura, bolsas de infusiones, paja y heno viejo, restos de plantas, estiércoles pajizos (caballos, burros y vacas), flores viejas y plantas de macetas, desbroces de estos jóvenes, malezas perennes, lechos de hámster, conejos y otros animales domésticos (herbívoros). (Sandra Cuba Checnes R. H., Manual de la Producción de Compost Orgánico, 2016).

Materiales de descomposición muy lenta

Hojas de otoño, desbroces de setos duros, ramas podadas, aserrín y virutas de madera no tratada, cascaras de huevo, cascaras de frutos secos, lanas e hilos naturales, pelos y plumas, huesos de frutos (melocotón, aguacate, aceitunas, etc. (Sandra Cuba Checnes R. H, Manual de la Producción de Compost Orgánico, 2016).

Otros materiales

Ceniza de madera, cartón, cartones de huevos, servilletas, bolsas, envases de papel, periódicos.

No utilizar

Ceniza de carbón, heces de perros y gatos, pañales desechables, revistas ilustradas, restos de aspiradora, filtros de cigarrillos, tejidos sintéticos.

2.5. Fases del Compostaje

2.5.1. Fase Mesófila.

El material de partida comienza el proceso de compostaje a temperatura ambiente y en pocos días (incluso en horas), la temperatura aumenta hasta los 45°C. Este aumento de la temperatura es debido a la actividad microbiana, ya que en esta fase los microorganismos utilizan las fuentes sencillas de C y N generando calor. La descomposición de compuestos solubles, como azúcares, produce ácidos orgánicos y, por tanto, el pH puede bajar (hasta cerca de 4.0 o 4.5). Esta fase dura pocos días entre 2-8 días. En los cuales, se degradan los compuestos orgánicos de cadena corta o más fácilmente biodegradables (Tortarolo et al. 2018).

2.5.2. Fase Termófila.

La segunda fase es la termófila que se caracteriza por una mayor actividad microbiológica e inicia cuando el material alcanza una temperatura de 40 °C; a partir de este valor, la biomasa mesófila deja de ser competitiva y comienzan a predominar los organismos termófilos que aceleran la degradación de proteínas, grasas y carbohidratos complejos. A partir de los 60°C los hongos termófilos desaparecen y aparecen bacterias esporígenas y actinomicetes. Estos organismos son los encargados de descomponer proteínas y hemicelulosas. En esta etapa se eliminan posibles gérmenes patógenos para plantas y animales, así como el poder germinativo de las semillas de malezas. (Zurcan, 2016)

2.5.3. Fase de enfriamiento.

Tercera fase es la de descomposición mesófila de enfriamiento que se caracteriza porque la temperatura empieza a descender por debajo de los 60°C, reaparecen los hongos termófilos que reinvasen la parte superior del residuo (mantillo) y logran descomponer

compuestos, como la celulosa. Al bajar de 40°C, los mesófilos también reinician su actividad y el pH del residuo desciende ligeramente (Alvarado, 2017).

2.5.4. Fase de maduración.

Finalmente, la fase de madurez-estabilización requiere de 1 a 2 meses en promedio y se realiza exponiendo el compost a temperatura ambiente, protegido de la lluvia. Durante este periodo, se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización del humus; desciende el consumo de oxígeno y la fitotoxicidad del compost (Alvarado, 2017). El proceso de compostaje pasa por 4 etapas, donde los microorganismos presentes actúan como descomponedores, pero a una determinada temperatura. Donde en la primera etapa mesófila (0-45°C), la temperatura sube debido a la actividad microbiana donde se utilizan fuentes de N-C generando calor y ácidos orgánicos por lo que el pH baja (4.0-4.5); En la segunda etapa termófila (45-65°C) los microorganismos degradan fuentes de C más complejas y el nitrógeno es transformado en amoníaco por ello su pH sube (7.5-9.0); En la tercera etapa mesofílica II se agotan las fuentes de C y N y a temperatura cae, donde los microorganismos mesófilos reinician su actividad y el pH desciende (7.5); En la cuarta etapa de maduración se lleva a cabo la fermentación donde la parte menos biodegradable se va descomponiendo, llegando a una temperatura de 10-15°C y el pH permanece constante.

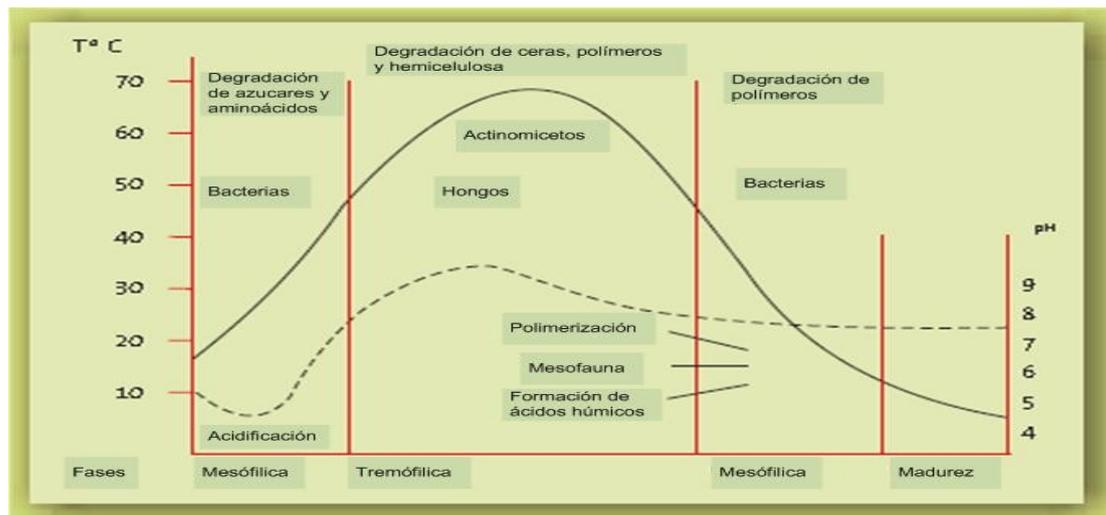


Figura N° 1 Curvas de temperatura y Ph

Fuente: (IESTP “LA MERCED”, 2016).

Los olores se originan porque el material esta mojado o compactado, la solución está en agregar materiales rústicos secos o más carbono. Cuando hace mucho calor, el oxígeno se consume más rápido y la pila se debe agitar o voltear con más frecuencia. Poner tierra sobre la pila contribuirá a absorber olores. Alimentos como carne, grasos o lácteos no deberían ser puestos sobre la pila, cuesta que se descomponga, se vuelven rancios y atraen pestes. Los

problemas que se presenta durante el proceso de compostaje, depende de muchos factores. Así mismo, presentan características con las cuáles nos podemos dar cuenta que algo anda mal, pero también existen las soluciones necesarias para mejorar el proceso de compostaje.

Tabla N° 1

Posibles problemas y soluciones en el compostaje

Síntoma	Posible problema	Soluciones
Malos olores	A. Demasiado mojado B. Necesita más aire C. Exceso de materiales con alto contenido de nitrógeno	A. Agréguele a la pila materiales secos como hojas. B. Voltee la pila para incorporarle más aire o mezcle materiales que no se compactan para crear espacios de aire. C. Agregue y mezcle materiales con alto contenido de carbono como olotes, hojas secas, etc.
La pila tiene olor a amoníaco	A. Demasiados materiales verdes. B. La relación C/N está fuera de balance	A y B. Voltee la pila o agréguele materiales secos como aserrín o pedazos de madera.
El proceso es muy lento	Las partículas en la pila de compost son demasiado grandes	Corte los desechos en pedazos que no sean mayores de 20 a 25 cm, además se puede agregar material compostado para proveer más microorganismos.
La pila no se calienta	A. Falta de nitrógeno b. el área superficial de la pila de compost puede ser muy pequeña	A. Agregue materiales con nitrógeno como grama verde o desechos vegetales. b. mezcle más materiales para crear una illa más grande
El centro está seco	A. no hay suficiente agua	A. Agregue agua cuando este volteando la pila de compost.

Fuente: Manual para hacer composta Aeróbica, Amigos de la Tierra, El Salvador

2.6. Elaboración del compost

La práctica del compostaje deriva probablemente del tradicional cúmulo de residuos en el Medio rural, que se generaba en las tareas de limpieza y mantenimiento de viviendas e instalaciones. Los desechos de las actividades de granja, agropecuarias y domiciliarias se acopiaban por un tiempo a la intemperie con el objetivo de que redujeran su tamaño para luego ser esparcidos empleándolos como abonos.

2.6.1. Duración del Proceso de Compostaje

En el compostaje de restos de poda el tiempo necesario para obtener un compost maduro es de aproximadamente un año, dependiendo de la metodología utilizada, pero hasta ahora ha sido poco investigada la posibilidad de los usos del producto con adecuada calidad obtenido en un período de tiempo menor. Otros autores afirman que siempre dependerá de la cantidad de restos vegetales, pero como norma general, desde que se empieza el primer día a depositar restos hasta que se recoge compost por primera vez, pasarán entre 3 y 4 meses. (Arrigo,2015)

2.6.2. Problemas frecuentes y su solución

Durante el proceso de estabilización de los materiales se pueden presentar algunos problemas de diferente tipo. Los más comunes, sus posibles causas y la forma de corregirlos, se enumeran a continuación.

Tabla N° 2

Problemas más frecuentes y su solución

Problema	Causa	Solución
Malos olores	Exceso de humedad	Voltear la pila
	Pila demasiado grande	Hacer la pila más pequeña
	Excesiva compactación	Voltear
	Superficie empapada	Voltear y reducir humedad
	Partículas muy grandes	Reducir el tamaño de partículas
	Presencia de plásticos y otros materiales no biodegradables	Separación en el origen
	Pila muy pequeña	Juntar dos pilas
Baja temperatura de la pila	Relación N:C incorrecta	Corregir
	Humedad insuficiente o exagerada	Agregar agua en el volteo evitar demasiado riego.
	Poco oxígeno o demasiado oxígeno	Voltear la pila
Disminución repentina de temperatura	Desecación exagerada de la pila	Humedecer con agua
	Todo el nitrógeno disponible ya ha sido consumido	Añadir materiales ricos en nitrógeno

Alta temperatura	Pilas muy grandes Alta compactación	Reducir el tamaño Voltear la pila
Compost adquiere color blanco polvoriento (Desarrollo de hongos muy fuerte)	Material demasiado seco Material no mezclado durante mucho tiempo	Añadir material rico en nitrógeno. Mezclar los materiales o hacer la pila de nuevo. Humedecer con agua
Compost adquiere un color negruzco (pudrición del compost)	Falta de aire y estructura Relación C:N muy baja Material demasiado húmedo Mezcla insuficiente del material	Preparar el montón de nuevo añadiendo material voluminoso y con una Relación C:N alta Remover el compost más frecuentemente durante el periodo de calentamiento
Superficie empapada	Depresión del tope Pendiente inadecuada Presencia de restos de alimentos	Rellenar el tope Aumentar la pendiente Eliminar los restos de comida
Vectores (Ratas, Mosquitos)	Presencia de agua estancada	Eliminar el agua y mejorar el drenado
Contaminación de aguas superficiales o subterráneas	Descarga de lixiviados	Tratamiento de lixiviados
Fuego/Combustión espontánea	Excesiva temperatura Escasa humedad Escasa humedad	Hacer pilas más pequeñas Agregar agua Eliminar fuentes potenciales de fuego próximas a las pilas

Fuente: entrevista con Harold Hernández, Ing. Agrónomo de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC). Santiago de Cali, 03 de Diciembre de 2017

2.7. Compostaje aeróbico

Se caracteriza por el predominio de los metabolismos respiratorios aerobios y por la alternancia de etapas mesotérmicas (10-40°C) con etapas termogénicas (40-75°C), y con la participación de microorganismos mesófilos y termófilos respectivamente. Las elevadas temperaturas alcanzadas, son consecuencia de la relación superficie/volumen de las pilas o camellones y de la actividad metabólica de los diferentes grupos fisiológicos participantes en el proceso. Durante la evolución del proceso se produce una sucesión natural de poblaciones

de microorganismos que difieren en sus características nutricionales (químico heterótrofos y *químico* autótrofos), entre los que se establecen efectos sin tróficos y nutrición cruzada. Debemos distinguir en una pila o camellón dos regiones o zonas: La zona central o núcleo de compostaje, que es la que está sujeta a los cambios térmicos más evidentes.

2.8. Compostaje anaeróbico

La digestión anaerobia es un proceso que se lleva a cabo por sí mismo en los sitios disposición de los residuos, sin embargo, es un proceso lento por lo cual es necesario trabajarlo como un biorreactor y acelerar la degradación mediante la manipulación de los principales parámetros involucrados en la degradación. Las ventajas y desventajas de la composta anaerobia son las siguientes: la ventaja es que se requiere de mayor infraestructura para su implementación y Es factible la recuperación y uso de biogás. Las desventajas son el Costos de operación más elevados, Baja demanda de la composta por desconocimiento de sus ventajas La calidad de la composta puede no ser aceptable si se elabora sin control de contenidos extraños y Rechazo a la forma de desarrollar el compostaje.

2.9. Sistemas de compostaje.

Los sistemas de compostaje atendiendo a diferentes criterios tales como nivel de complejidad, grado de control del proceso o método de ventilación empleado, pueden clasificarse en sistemas abiertos y sistemas cerrados. En los sistemas de compostaje cerrados el proceso se realiza en unos recipientes llamados reactores, contenedores o digestores. Estos sistemas tienen la ventaja de un mayor control de las condiciones del proceso, la necesidad de un menor espacio para la construcción de sus instalaciones, los tiempos de compostaje son relativamente más cortos y se evitan las emisiones de malos olores, pero en cambio tienen un elevado costo de inversión y mantenimiento que en muchas ocasiones los hacen inviables desde el punto de vista económico.

2.9.1. Compostaje en pilas con volteo

El material se dispone en hileras o pilas, de sección triangular, que son volteadas en repetidas ocasiones a lo largo del proceso. El volteo, que se realiza con máquinas volteadoras o con palas, Oxigena el material y provoca un elevado grado de mezcla. Las dimensiones de la pila varían en función del material y del equipo de volteo. El parámetro limitante es la altura, pues si es excesiva provoca la compactación del material. Se recomienda una altura de 1,2 1,8m, y un ancho de 2,4 3,6m. La longitud de la pila solo queda limitada por las dimensiones o la distribución de la planta, ya que esta dimensión no está restringida por el proceso.

2.9.2. Compostaje en canales.

Es un sistema de compostaje en continuo, donde el residuo fresco es alimentado por un extremo del canal y el producto final se obtiene por el otro extremo. El material a compostar se deposita al inicio de unos canales alargados de sección rectangular. Estos canales disponen de un sistema de inyección de aire como las pilas estáticas. Una maquina volteadora que circula por unos railes situados en la parte superior de las paredes del canal voltea el material periódicamente, homogeneizándolo y haciéndolo avanzar a lo largo del canal. El tiempo de residencia del material en el canal es función del número de veces que pasa la maquina volteadora. La periodicidad de volteo se establece de modo que, al llegar al final del canal, se pueda dar por finalizada la etapa de descomposición.

2.9.3. Compostaje en túneles.

El material se introduce en un túnel cerrado que dispone de un sistema de aireación forzada. Las dimensiones de los túneles son variables, alrededor de 4m de altura, 5-6m de ancho y longitud variable en función de la cantidad de residuo a tratar, habitualmente 20m. La ventaja de ese tipo de sistema es que permite controlar mejor las condiciones del proceso y, al ser un sistema cerrado, el control de gases y malos olores. El inconveniente es el elevado costo de instalación. Estos sistemas se construyen preferentemente si el emplazamiento está próximo a núcleos urbanos, por el control de olores y por los menores requerimientos de espacio.

2.10. Tipo de proceso de compostaje

El proceso está referido a las técnicas e instrumentos a emplearse a lo largo de todo el proceso de compostaje.

2.10.1. Compostaje tradicional.

Referido a la obtención del compost de manera artesanal es decir los residuos se acumulan en pilas de diversos tamaños utilizando en la selección de residuos inertes como plásticos, vidrios, cintas y otras manos de obra por jornal y también para el manejo de las pilas, se utilizan herramientas como rastrillos, palas y picos para el volteo. La degradación se dará de manera lenta siguiendo su proceso natural según a la estructura del material a compostar.

2.10.2. Compostaje mecanizado.

En este tipo de compostaje se utiliza maquinaria e instrumentos de manera que faciliten la producción, realizándola en menor tiempo y de mejor calidad de compost, se pueden utilizar fajas transportadoras para la selección de residuos inertes de la materia prima a compostar, maquinas picadoras las que reducen el tamaño de los componentes de los residuos orgánicos para una degradación más uniforme y rápida también volteadoras mecanizadas jaladas por un tractor esta maquinaria permitirá un volteo más uniforme y requerirá de menos esfuerzo ya que

solo se necesitara de una persona que maneje la maquina volteadora. La implementación de maquinaria en el compostaje es una gran contribución al desarrollo de esta práctica.

2.11. Características del compost de calidad

2.11.1. Características químicas.

De acuerdo a López (2017), un compost adecuado se caracteriza por tener un contenido de materia orgánica entre 25-40% sobre peso seco, humedad alrededor de 40%, pH entre 7 y 8, preferiblemente neutro, temperatura estable y similar a la ambiental (máx. 25 °C); una relación C:N entre 12 y 18, nitrógeno orgánico alrededor del 90% del total, el nitrógeno inorgánico principalmente en forma de nitratos y el amoníaco (NH₄) al final del proceso de no debe ser superior a 0.04%, el contenido mineral puede ser variable N=1.15%, P<1%, K=1%. Los valores de Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) pueden estar por encima de 60 meq/100g.

2.11.2. Características Físicas.

El compost debe estar libre de cuerpos extraños (metales, papeles, plásticos y vidrios), de granulometría fina, textura suave, color café oscuro, consistencia homogénea, con humedad pero sin saturación, y no es posible distinguir la materia orgánica inicialmente compostada.

2.12. Madurez y calidad

La madurez del compost se expresa como el estado de degradación, transformación y síntesis microbiana en que se encuentra el material compostado. La madurez del compost se determina colocando una muestra de compost levemente mojado en una bolsa plástica. El compost maduro emitirá un suave olor a tierra al abrir la bolsa después de una semana de almacenamiento a temperatura de 20 a 30 °C. Un compost inmaduro tendrá una fermentación anaeróbica que producirá un olor séptico. La madurez del compost no se debe confundir con la calidad del mismo. Madurez significa que los nutrientes se han combinado formando una masa orgánica estable.

La calidad por otro lado refleja madurez pero también refleja el contenido químico del sustrato de compost. La naturaleza intenta terminar un proceso inmaduro de compostaje cuando es posible. Por lo tanto, el grado de madurez del compost afecta la utilidad del mismo como aditivo para el suelo o mezcla para cultivos en maceta. Si se utiliza compost inmaduro, se puede interferir en el crecimiento de la planta mediante toxicidad por amonio e inmovilización del nitrógeno, o causando deficiencias de oxígeno en el suelo o la mezcla de sustrato para cultivos, la madurez del compost se define de acuerdo al uso que se espera del compost. Así, el compost que se usa como medio de cultivo para plantas en maceta debe ser más estable o maduro que el compost destinado a mezclas de suelo. El compost aplicado a los cultivos agrícolas y

hortícolas debe ser más estable que el compost para el mejoramiento de suelos. (Corporación, 2015).

2.13. Ventajas del compost, Según APROLAB el compost presenta las siguientes

Mejora las propiedades físicas del suelo. La materia orgánica favorece la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola, reduce la densidad aparente, aumenta la porosidad y permeabilidad, y aumenta su capacidad de retención de agua en el suelo. Se obtienen suelos más esponjosos y con mayor retención de agua. Mejora las propiedades químicas. Aumenta el contenido en macronutrientes N, P, K, y micronutrientes, la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) y es fuente y almacén de nutrientes para los cultivos. Mejora la actividad biológica del suelo. Actúa como soporte y alimento de los microorganismos ya que viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización. La población microbiana es un indicador de la fertilidad del suelo.

2.14. Generalidades de los microorganismos

Los microbios también denominados microorganismos, son seres vivos diminutos que individualmente suelen ser demasiado pequeños para ser observados a simple vista. El grupo incluye las bacterias, los hongos (levaduras y mohos), los protozoos y las algas microscópicas. También incluye los virus, entidades no celulares que a veces se consideran en el límite entre lo vivo y lo inerte. Sin embargo, la mayoría de ellos realizan contribuciones fundamentales al bienestar de los habitantes del mundo porque ayudan a mantener el equilibrio de los organismos vivos y las sustancias químicas en nuestro ambiente. Los microorganismos también tienen muchas aplicaciones comerciales. Se utilizan en la síntesis de productos químicos como acetona, ácidos orgánicos, enzimas, alcoholes y muchos fármacos. La industria alimentaria también emplea microbios en la producción de vinagre, encurtidos, bebidas alcohólicas, productos lácteos, pan. Además, en la actualidad es posible manipular enzimas provenientes de los microbios para producir sustancias que incluyen celulosa, sustancias digestivas, y limpiadores de desagües, sustancias terapéuticas como insulina.

2.15. Origen de la Materia Prima

Según Palomino (2015) dice que cualquier material orgánico puede ser transformable por compostación, desde desechos orgánicos de cocina y basuras orgánicas domiciliarias y municipales. La materia prima debe provenir de un proceso normal de producción, es decir que la fuente de carbono: tamos, ramas, bagazo, hojas, tallos, aserrín, El estiércol no debe provenir de animales enfermos o tratados con drogas convencionales, por ejemplo: antibióticos que destruyen los microorganismos que obrarían como descomponedores.

Tabla N° 3

Características de los materiales para compostaje

Insumo	Moléculas	Elementos que aporta
Estiércol, vegetales verdes, plumas, contenido ruminal	Lípidos, celulosa, hemicelulosa, carbohidratos, aminoácidos, proteínas.	C, H, O, N, S, P, y Trazas de otros elementos
Aserrín, pajas, tamos, bagazo, Melaza	Celulosa, hemicelulosa, lignina Carbohidratos, minerales, fosfo-azúcares	C, H, O, K y P

Fuente: López (2015)

2.16. D. L 1278 Ley De Gestión Integral De Residuos Sólidos

Artículo 1.- Objeto

El presente Decreto Legislativo establece derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, con la finalidad de propender hacia la maximización constante de la eficiencia en el uso de los materiales y asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos económica, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a las obligaciones, principios y lineamientos de este Decreto Legislativo.

Residuos sólidos urbanos (R.S.U)

Los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) hace referencia, en términos generales a los residuos que son los por cualquier actividad en centros urbanos , comercios, oficinas y servicios, así como todos aquellos que no tengan la calificación de peligrosos y que por su naturaleza o composición puedan asimilarse a los producidos en los anteriores lugares o actividades, nos ocuparemos rápidamente solo de aquellos residuos urbanos donde el factor orgánico predomina como son los siguientes; Residuos procedentes de la limpieza de vías públicas, residuos del mantenimiento de arbolado, zonas verdes, áreas recreativas públicas y privadas.

Artículo 51.- Valorización de los residuos orgánicos municipales

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. Los programas de parques y jardines de las municipalidades son beneficiarios prioritarios del compost, humus o bio producido con los residuos orgánicos que se generan a partir del servicio de limpieza pública. En caso de excedentes estos podrán ser destinados a donación en general o intercambio con otras municipalidades.

2.17. Definición de términos básicos

Según Moral (2008).en su libro Compostaje menciona

Abonado: acción o proceso cuya finalidad es hacer que la tierra sea fértil o productiva. Aplicación de fertilizante, ya sea sintético o natural.

Abono orgánico: el abono orgánico abarca los abonos elaborados con estiércol de ganado, compost rurales y urbanos, otros desechos de origen animal y residuos de cultivos. Los abonos orgánicos son materiales cuya eficacia para mejorar la fertilidad y la productividad de los suelos ha sido demostrada.

Humedad: El compostaje es un proceso biológico de descomposición de materia orgánica, por ende la presencia de agua es indispensable para las necesidades de los microorganismos.

Mezcla/Volteo: El volteo del material orgánico durante el proceso de compostaje es un factor operacional de gran importancia. En la fase inicial incrementa o disminuye el contenido de humedad hasta un nivel óptimo, pero en general se puede utilizar para conseguir una distribución uniforme de nutrientes y microorganismos, reducir el tamaño de las partículas y mantener la actividad aerobia.

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

Anaeróbico: proceso que ocurre en ausencia de oxígeno. Si esto ocurre durante el proceso de compostaje, éste se ralentiza y se pueden desprender malos olores, como consecuencia de procesos de pudrición.

Temperatura: La temperatura es tal vez el indicador más confiable ya que directamente afecta el control de patógenos, lo cual es muy importante para la producción de un buen compost. La mayoría de microorganismos aeróbicos crece mejor entre 20 y 35 C.

El pH: tiene una influencia directa en el compostaje debido a su acción sobre la dinámica de los procesos microbianos .El valor del pH, como la temperatura del compost varía con el tiempo durante el proceso de compostaje.

Descomposición: degradación de la materia orgánica.

Compost semiduro: compost que no ha terminado la etapa termófila del proceso de compostaje.

Compost maduro: compost que ha finalizado todas las etapas del compostaje

Lavado o lixiviación de nitratos: cuando el agua entra en contacto con fertilizantes nitrogenados o con estiércol, puede disolver los nitratos y otros componentes solubles del estiércol y transportarlos disueltos en su seno cuando se infiltra en el suelo y desciende hasta

las aguas subterráneas. En suelos con capas freáticas altas y altas velocidades de percolación es más probable que el agua contaminada alcance las aguas subterráneas.

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

Materia orgánica: residuos vegetales, animales y de microorganismos en distintas etapas de descomposición, células y tejidos de organismos del suelo y sustancias sintetizadas por los seres vivos presentes en el suelo.

Microorganismos: organismos vivos microscópicos (hongos, incluyendo levaduras, bacterias incluyendo actino bacterias, protozoos como nemátodos etc.).

Microorganismos Mesófilos: grupo de bacterias, y hongos (levaduras u hongos filamentosos) que pueden vivir, trabajar y multiplicarse durante el compostaje entre los rangos de temperatura de 30°C a 40°C.

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

Nitrato: es una forma inorgánica del nitrógeno. Se encuentra oxidado y es soluble en la solución del suelo. Se pierde con más facilidad por lixiviación.

Nitrógeno: elemento indispensable para las plantas que puede estar en forma orgánica (proteínas y compuestos orgánicos), o inorgánica (nitrato o amonio).

Orgánico: un compuesto orgánico es una sustancia que contiene carbono e hidrógeno y, habitualmente, otros elementos como nitrógeno, azufre y oxígeno. Los compuestos orgánicos se pueden encontrar en el medio natural o sintetizarse en laboratorio. La expresión sustancia orgánica no equivale a sustancia natural. Decir que una sustancia es natural significa que es esencialmente igual que la encontrada en la naturaleza. Sin embargo, orgánico significa que está formado por carbono.

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

Reciclaje de nutrientes: ciclo en el que los nutrientes orgánicos e inorgánicos, se transforman y se mueven el suelo, los organismos vivos, la atmósfera y el agua. En la agricultura, se refiere al retorno al suelo de los nutrientes absorbidos del mismo por las plantas. El reciclaje de nutrientes puede producirse por medio de la caída de hojas, la exudación (secreción) de las raíces, el reciclaje de residuos, la incorporación de abonos verdes, etcétera. Relación c/n: cantidad de carbono con respecto a la cantidad nitrógeno que tiene una materia

III. Materiales y métodos

3.1. Variables y Operacionalización de variables

3.1.1. Variable independiente

Tabla N° 4

Operacionalización de variables e indicadores

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicador	Unidad de medida
VI: características físico químicas de la producción del compost.	Es el proceso mediante el cual estableceremos sus características y su evolución del compostaje de jardinería	Análisis físico-químicas de las fases: -Mesófila -Termófila, -Mesófila II -Maduración	pH	(1.1.)
			Humedad	%
			Materia orgánica	%
			Olor	(ou/m ³)
			Color	colimetro

Fuente: Elaboración Propia

3.1.2. Tipo de estudio y diseño de investigación.

Tipo de estudio

La investigación es de tipo descriptiva, ya que lo que se busco fue analizar las características físico-químico de las etapas de la producción de compost utilizando residuos de poda de jardinería, esta tesis se realizó en el mes de verano donde controlamos la humedad. Evitando que el sol incida sobre el compostaje situándolo en una zona sombreada sin cambios de temperatura y humedad.

Tipo de diseño de investigación

Para el estudio utilizamos el diseño no experimental con una sola medición donde la investigación que se realizó sin manipular la variable y en lo que solo se observa los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos según Hernández *et al* (2003). Se registró las coordenadas donde se trabajó el proyecto para determinar las características físico-químico de las etapas de la producción de compost el cual se realizó de manera directa, cada registro se anotó en un registro (nota de apuntes), Se empleó un termómetro digital y cintas para medir el pH de las características físico-químico para evidenciar dichos datos recolectados.

3.1.3. Población y muestra de estudio.

Población: Estuvo conformada por los residuos vegetales obtenidas de las áreas verdes del centro poblado Callanca, Los residuos vegetales secos y verdes provenientes de las podas de los jardines secas y verdes, hojas de árboles frutales y plantas ornamentales que se generan son 600 kilogramos que fue nuestra población de estudio. En la pila compostera tuvo un peso de 350 Kg.

Muestra: La muestra de la investigación estuvo conformada por 1 pila compostera, se utilizó 350 kg de restos vegetales de los cuales 250 kg de restos vegetales secos entre ellos se obtuvo podas de gras 30 kg hierba mala 30 kg entre ramas y hojas de árboles frutales de mamey, plátano y guaba 70 kg asimismo con plantas ornamentales como la cucarda, chiflera y ciprés 70 kg y paja de deshierbe 50 kg y 100 kg de restos vegetales verdes con podas de grass 20 kg, hierba mala 20 kg, ramas y hojas de árboles frutales de mamey, plátano y guaba 30 kg y plantas ornamentales entre ella cucarda , chiflera y ciprés 30 kg provenientes del mismo lugar, para la obtención de los residuos se tuvo que realizar una previa selección del material a utilizar para la formación de las composteras.

Muestreo: Se procede a estimar el muestreo con medidas necesarias para el control de sus características físico-químicas en la pila de compostaje, los cuales van desde los tiempos de muestreo, registro y control. Políticamente el área está ubicada en el centro poblado de Callanca del distrito de Monsefú, Callanca cuenta con un clima de estepa local donde hay pocas precipitaciones durante todo el año, la temperatura es media anual es 7.8 °c, se realizó los estudios pertinentes utilizando residuos vegetales de los cuales se recolectaron en el mismo lugar Con 70% de restos vegetales secos y 30% de restos verdes, La pila de compostaje se realizó en un espacio adecuado con las siguientes medidas de 4m de largo ,2m de ancho y 2 m de altura. Se formaron mediante capas, primera capa de 3cm de vegetal seco cubierta de paja de deshierbe mezclado con un poco de Grass y así sucesivamente Se realizó la mezcla y homogenización hasta terminar en capa de restos vegetales secos de esa manera se pudo evitar la proliferación de moscas y otras plagas y finalmente se cubrió toda la pila con un plástico negro.

3.2. Técnicas e Instrumentos

El método que se utilizó para el proceso del compostaje de jardinería es mediante el compostaje en pila. Los cuales fueron necesarios sus condiciones óptimas de varios factores, entre los más importantes

Elementos necesarios para un compostaje

Materia orgánica: materiales ricos en hidratos de carbono (ramas y hojas secas) restos de podas, hierba mala.

Temperatura: Durante el proceso de compostaje se controló la temperatura. En las primeras fases del proceso la temperatura es de valores próximos a los 65°C. No debe superar valores mayores, ya que provoca la muerte de muchos microorganismos.

pH: Es una medida que indica si un producto de compostaje es ácido (pH inferior a 7), alcalino (pH superior a 7) o neutro (pH igual a 7).

Oxígeno: fue clave para la descomposición de la materia orgánica, donde se mantuvo una aireación adecuada para permitir la respiración de los microorganismos.

Humedad: Es muy importante durante las primeras fases del proceso de compostaje, ya que los organismos necesitan agua como medio para transportar nutrientes.

Aire: Los microbios del compost son aeróbicos y no crecer a menos que tengan aire. Además de la elección de los componentes de la pila se mezclaron los mismos para que entre aire y con un rastrillo se aflojo logrando una producción a gran escala.

Agua: En la pila de compostaje, se esparció agua en la superficie para que cubra cada partícula facilitando el desarrollo y dispersión de los microbios

Identificación del lugar donde se obtuvo las podas de Jardinería: El lugar de donde se obtuvo las podas de jardinería fue del centro campestre Señor Paraíso perteneciente a la familia Campos Castro ubicado en el Centro Poblado de Callanca, la poda se puede definir como cualquier parte de la planta como las hojas, ramas, flores.etc.

3.3. Plan de procesamiento para análisis de datos

Se llevó acabo la presente investigación con los datos obtenidos, de acuerdo a la estadística descriptiva, como tablas y figuras, las cuales fueron elaboradas utilizando los programas de software (Word 2013, Excel 2013) permitiendo la obtención de resultados satisfactorios.

IV. Resultados

4.1. Diagnosticar los residuos de poda generados en el centro poblado de Callanca

Tabla N° 5

Proporciones empleados en el compostaje

Componentes	Restos vegetales secos	Restos vegetales verdes
	-Podas de gras	
	-Paja de deshierbe	-Podas de gras
	- Hierba mala	-Hierba mala
	-Ramas de plátano y hojas de árboles frutales (mamey, guaba)	-Ramas de plátano y hojas de árboles frutales (mamey, guaba)
	-Plantas ornamentales (cucarda, chiflera, ciprés)	-Plantas ornamentales (cucarda, chiflera, ciprés)
Peso	250 kg	100 kg

Fuente elaboración propia

Se realizó el diagnóstico de la fuente del material vegetal, recolectando restos de vegetales secos (donde 30 kg de poda de gras, 50 kg de paja de deshierbe, 30 kg de hierba mala, 70 kg de ramas de plátano y hojas de mamey y guaba, y 70 kg de plantas ornamentales de cucarda, chiflera y ciprés; llegando a un total de 250 Kg) y en los restos de vegetales verdes (20 kg de podas de gras, 20 kg de hierba mala, 30 kg de ramas de plátano y hojas de frutales como mamey y guaba, y 30 kg de plantas ornamentales de cucarda, chiflera y ciprés; llegando a un total de 100 Kg picados

en un tamaño de 2.5cm); la recolección se dio en el Centro Campestre Señor Paraíso perteneciente a la familia Campos Castro con estos datos de la tabla N° 5 se empezó la formación de la pila de compostaje.

Tabla N° 6

Cantidad de residuos vegetales generados para el armado de la pila compostaje día 1

Día 1	Sacos kg	Restos vegetales secos	Sacos kg	Restos vegetales verdes
01/12/2018	15	Podas de gras	10	Podas de gras
	15	Hierba mala	10	Hierba mala
		Ramas y Hojas de árboles		Ramas y Hojas de árboles
	35	frutales (mamey, plátano. guaba)	15	frutales (mamey, plátano. guaba)
		Plantas ornamentales		Plantas ornamentales
	35	(cucarda, chiflera, ciprés)	15	(cucarda, chiflera, ciprés)
	20	Paja de deshierbe		
total	120 kg		50 kg	

Fuente elaboración propia

Los restos de vegetal secos y verdes fueron recolectadas en el centro Campestre Señor Paraíso del poblado de Callanca, donde el primer día de recolección se realizó el día 01/12/2018 recolecto (15 kg de poda de gras, 20 kg de paja de deshierbe, 15 kg de hierba mala , 35 kg de ramas de plátano y hojas de mamey y guaba, y 35 kg de plantas ornamentales de cucarda, chiflera y cispres; llegando a un total de 120 Kg) y en los restos de vegetales verdes (10 kg de podas de gras, 10 kg de hierba mala, 15 kg de ramas de plátano y hojas de frutales como mamey y guaba, y 15 kg de plantas ornamentales de cucarda, chiflera y cispres; llegando a un total de 50 Kg).

Tabla N° 7

Cantidad de residuos vegetales generados para el armado de la pila de compostaje día 2

Día 2	Sacos de 5 kg	Restos vegetales secos	Sacos de 5 kg	Restos vegetales verdes
07/12/2018	15	Podas de gras	10	Podas de gras
	15	Hierba mala	10	Hierba mala
		ramas y Hojas de árboles		ramas y Hojas de árboles
	35	frutales (mamey, plátano. guaba)	15	frutales (mamey, plátano. guaba)

		plantas ornamentales		plantas ornamentales
	35	(cucarda, chiflera, ciprés)	15	(cucarda, chiflera, ciprés)
	30	Paja de deshierbe		
Total	130 kg		50 kg	

Fuente elaboración propia

Los restos de vegetal secos y verdes fueron recolectadas en el centro Campestre Señor Paraíso del poblado de Callanca, el segundo día 07/12/2018 se recolecto (15 kg de poda de gras, 30 kg de paja de deshierbe, 15 kg de hierba mala, 35 kg de ramas de plátano y hojas de mamey y guaba, y 35 kg de plantas ornamentales de cucarda, chiflera y cispres; llegando a un total de 130 Kg) y en los restos de vegetales verdes (10 kg de podas de gras, 10 kg de hierba mala, 15 kg de ramas de plátano y hojas de frutales como mamey y guaba, y 15 kg de plantas ornamentales de cucarda, chiflera y cispres; llegando a un total de 50 Kg) en el día 1 01/12/2018 se recolecto 20 kg de paja de deshierbe mostrados en la talla N^a 6 y el día 2 07/12/2018 se recolecto 30 Kg, aculando un total de 50 Kg de paja de deshierbe en los restos vegetales secos.

Tabla N^o 8

Recolección total de restos vegetales verdes y secos

Día	Restos vegetales secos de hojas y ramas	Restos vegetales verdes de hojas y ramas
1	120 kilogramos	50 kilogramos
2	130 kilogramos	50 kilogramos
Total	250 kilogramos	100 kilogramos

Fuente elaboración propia

Concluyendo con la tabla N^a8 el día 1 se acumuló 120 Kg de restos vegetales secos y 50 Kg de restos vegetales verde y el día 2 se acumuló 130 Kg de restos vegetales secos y 50 Kg de vegetales secos verdes; sumando un total de restos vegetales secos del día 1 y 2 con 250 Kg y el total de restos vegetales verdes del día 1 y 2 con 100 Kg, sumando un total de 350 Kg en restos vegetales.



Figura N° 2 Picado de los residuos de podas

Fuente: Elaboración propia.

El procedimiento del picado de los residuos vegetales verdes se llevó a cabo con la ayuda de un machete, permitiendo así obtener un tamaño de partícula homogéneo de aproximadamente 2.5, permitiendo de esa forma una mayor área de contacto de la materia de restos vegetales para mezclar y así lograr que la descomposición aerobia sea la más óptima. (Figura 2).



Figura N° 3 Pesado de restos vegetales secos y verdes.

Fuente: Elaboración propia

Una vez clasificado el material a compostar se hizo el respectivo peso a cada resto vegetal seco y verde obteniendo así en restos vegetales secos 25 sacos de 10 kg y 10 sacos de 10 kg de restos de vegetal verdes.

4.2. Realizar el diseño de la pila compostera

El espacio en el que se realizó la pila de compostaje $12m^4$ Se encuentra a una distancia prudente y cumple con las condiciones necesarias para el desarrollo del aprovechamiento de estos residuos.

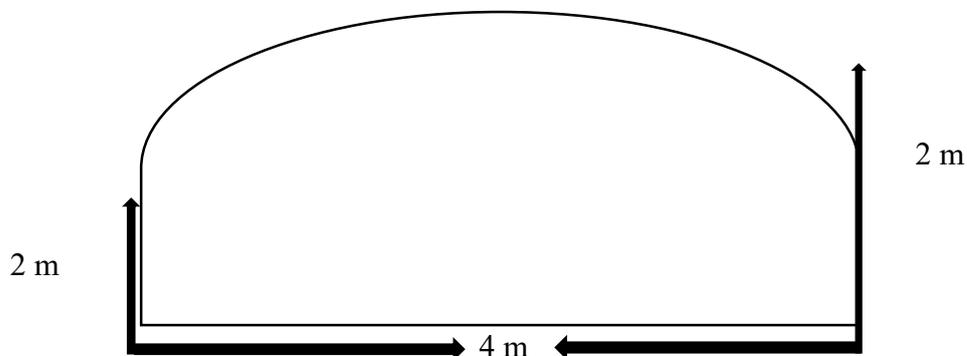


Figura N° 4. Medidas de la pila de compostaje.
Fuente: Elaboración propia.

La pila tuvo una altura de 2 m, el cual fue apropiado para airear la temperatura de la pila y no corren el riesgo de entrar en auto-combustión y generar malos olores, 2 m de ancho y 4 m de largo y la distancia de un 1 metro para facilitar el volteo del compostaje.

4.3. Implementar la pila Compostera.

Tabla N° 9

Formación de la pila de compostaje de podas de jardinería

Capas de la Pila de Compostaje		
Capas	Kg	Restos vegetales
6	10 kg	Restos vegetales secos de podas
5	85 kg	Restos vegetales secos: Hierba mala, ramas y Hojas de árboles frutales (mamey, plátano. guaba) plantas ornamentales (cucarda, chiflera, ciprés) Restos vegetales verdes: Hierba mala, ramas y Hojas de árboles frutales
4	50 kg	(mamey, plátano. guaba), plantas ornamentales (cucarda, chiflera, ciprés), podas de gras.
3	85 kg	Restos vegetales secos : Hierba mala ,ramas y Hojas de árboles frutales (mamey, plátano. guaba) -plantas ornamentales (cucarda, chiflera, ciprés) Restos vegetales verdes Hierba mala , ramas y Hojas de árboles frutales
2	50 kg	(mamey, plátano. guaba) -plantas ornamentales (cucarda, chiflera, ciprés),podas de gras

Primera mente se coloca un plástico negro impermeable de 5 m de ancho por 6 m de largo seguidamente se coloca los restos vegetales secos : podas de gras y paja deshierbe

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla N° 9 se realizó la formación de capas. Para ello se colocó primeramente un plástico negro impermeable de 5 m de ancho por 6 m de largo esto se puso como base para evitar el contacto de los materiales con la tierra para la formación de la pila de compostaje, se colocó la primera capa de 70 kg de restos de vegetales secos 50 kg de paja de deshierbe y 20 de podas secas, seguidamente se conformó la segunda capa con 50 kg de restos de vegetales verdes 10kg de podas ,10 kg de hierba mala ,15kg Hojas de árboles frutales de mamey, guaba y ramas de plátano ,15kg de plantas ornamentales como la cucarda, chiflera, ciprés , la tercera capa con 85 kg de restos vegetales secos 15 kg de hierba mala 35 kg Hojas de árboles frutales de mamey, guaba y ramas de plátano ,35kg de plantas ornamentales como la cucarda, chiflera, ciprés, la cuarta capa con 50 kg de restos vegetales verdes 10kg de podas ,10 kg de hierba mala ,15kg Hojas de árboles frutales de mamey, guaba y ramas de plátano ,15kg de plantas ornamentales como la cucarda, chiflera, ciprés y por último se dispuso una última capa con 10 kg de podas de gras secos para evitar proliferación de moscas y otras plagas y como capa final se cubrirá toda la pila con un plástico negro para dar el inicio del proceso de compostaje.



Figura N° 5. Pila Compostera.

Fuente: Elaboración propia

Se cubrió con un plástico color negro de esta manera para poder proteger las variaciones de la temperatura y así mismo evitar que el calor que se genera en la pila se escape dando así su inicio del proceso de compostaje.

4.4. Medir las características físicas -químicas de las diferentes fases del compostaje.

4.4.1. Aireación.



Figura N° 6 .Volteo de la pila compostera.

Fuente: Elaboración propia.

Con la finalidad de mantener una fermentación aerobia se procedió al volteo de las composteras, se utilizó palas y rastrillos los volteos se realizaron una vez a la semana (si no fuera preciso antes) para activar y airear el compost. En el volteado las capas externas del montón inicial deben quedar en el centro o en la capa interior de la pila también se procedió a colocar tronco en medio de la pila, para que actúen como respiraderos y a la vez permitan que ingrese las corrientes de aire y de esa forma mantenga aireadas las diferentes capas de la pila compostera.

4.4.2. Características físicas iniciales.

Tabla N° 10

Parámetro físico inicial de la materia prima

Tipo de residuo	Compuesto	Temperatura °C inicial	Humedad % inicial	Olor inicial
Residuos de jardinería	Restos de plantas verdes	22	40-60	Desagradable
Residuos de jardinería	Restos de plantas secas	19	9-10	Agradable

Fuente: Elaboración propia

La temperatura y la humedad varían restos de plantas verdes con 22°C y restos de planta secas con un 19°C, el olor de los restos de planta recién cortados en este caso los restos vegetales verdes tiene un olor desagradable, cuando una planta es cortada se liberan compuestos químicos que se esparcen en el aire: es una señal de peligro que trasmite la planta, y es el efecto secundario de algunas reacciones químicas mientras que en los restos de las plantas secas tiene olor agradable.

4.4.3. Evolución de la temperatura durante el compostaje.



Figura N° 7. Toma de temperatura con un termómetro.

Fuente: Elaboración Propia

Se utilizó un termómetro digital a una profundidad de 15, 35 a 50 cm, para medir la temperatura, la cual se realizó en un comienzo con la medición dejando un día, para evitar que la temperatura se incremente y no pase de los 70 °C, luego ya se procedió a medir la temperatura cada dos-tres días, a lo largo del tiempo que duró el proceso de compostaje. La temperatura en las pilas de compostaje inicia con un valor similar a la temperatura ambiente, con el paso de los días el valor aumenta por la marcada proliferación de los diferentes microorganismos, una vez consumidas la mayoría de las reservas de Carbono y Nitrógeno la temperatura desciende hasta lograr estabilizarse en un valor promedio a la temperatura ambiente. De manera general, las temperaturas mostraron una tendencia, descendente a partir del segundo volteo, que se rompió con ascensos puntuales tras algunos de los volteos posteriores, hasta que se llegó a una fase estable que se prolongó durante unos 3 meses.

Tabla N° 11

Monitoreo temperatura en la pila de compostaje

Seguimiento en Campo: Parámetros Fisicoquímicos			
FECHA	N° DE VOLTEO	PILA DE COMPOSTAJE	TEMPERATURA ° C
08/12/2018	0		23
15/12/2018	1		26.5
22/12/2018	2		31.5
28/12/2018	3		34
04/01/2019	4		37
11/01/2019	5		41.5
18/01/2019	6		46
24/01/2019	7		47
31/01/2019	8		46
07/02/2019	9		43.5
14/02/2019	10		42
21/02/2019	11		38
28/02/2019	12		34
06/03/2019	13		27.5
13/03/2019	14		20.5
20/03/2019	15		19
27/03/2019	16		18

Fuente elaboración propia

Leyenda

Mesófila	
Termófila	
Mesófila II	
Maduración	

Como se observa en la tabla N° 11, la Temperatura en las tres primeras semanas la fase Mesófila, con el paso de las semanas, se registra un aumento pronunciado en la temperatura, lo que conlleva a definir este periodo como la fase Termófila teniendo 47°C se inició el proceso, con la fase Mesófila II en la semana 11 , la temperatura promedio de 38 °C y continuó así hasta alcanzar los 27.5 °C la temperatura comenzó a asimilarse a los valores de la temperatura ambiente, y finalmente se llega a la semana 14 que nos indicó que el proceso de compostaje esta llegado a su fin.

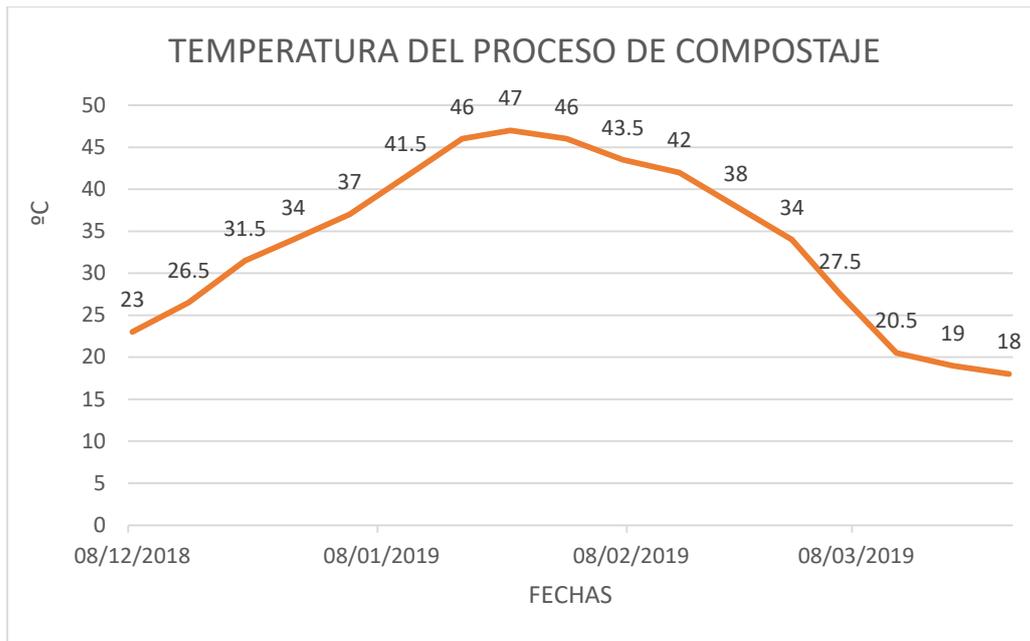


Figura N° 8. Temperatura de las pilas de compostaje

Fuente: Elaboración propia.

En la figura N° 8 la tendencia de la temperatura registrada del proceso de compostaje en la Pila la fase de crecimiento bacteriano se desarrolla en mayor tiempo, así mismo; la fase termófila se pronuncia en mayor grado de temperatura. Cabe resaltar, que los valores obtenidos del monitoreo de temperatura tienen mayor diferencia entre los procesos de compostaje en la evolución de la humedad durante el compostaje

Se utilizó un higrómetro digital para medir la humedad relativa ambiental del lugar donde se instaló la pila compostera, también se hizo de forma manual, aplicando la teoría del puño, el cual consiste en coger un puñado de compost y apretarlo en la mano: si nos humedece la mano, pero no escurre agua entre los dedos, la humedad es adecuada durante todo el proceso de compostaje. La medición de la humedad se llevó a cabo de manera semanal, en los volteos realizados en las pilas de compostaje. Es necesario mencionar, que la pila de compostaje se mantuvo cubierto durante todo el proceso con un plástico, esto para evitar que durante las horas de la mañana se pierda humedad por el efecto de la temperatura y los rayos de sol; y que en horas de la noche, las bajas temperaturas afecten lo menos posible al proceso de compostaje. Así mismo, al tener cubiertas la pila de compostaje, se evitaba que los radiación UV proveniente de los rayos de sol, alteren el desarrollo de las comunidades microbiológicas del proceso.

Tabla N° 12

Monitoreo del porcentaje de humedad

Seguimiento en Campo: Parámetros Fisicoquímicos		
FECHA	N° DE VOLTEO	PILA DE COMPOSTAJE HUMEDAD %
08/12/2018	0	57
15/12/2018	1	59
22/12/2018	2	58
28/12/2018	3	60
04/01/2019	4	57
11/02/2019	5	55
18/01/2019	6	50
24/01/2019	7	48
31/01/2019	8	45
07/02/2019	9	43
14/02/2019	10	39
21/02/2019	11	37
28/02/2019	12	35
06/03/2019	13	30
13/03/2019	14	27
20/03/2019	15	26
16/02/2019	16	26

Fuente elaboración propia

Leyenda	
Mesófila	
Termófila	
Mesófila II	
Maduración	

En la pila de compostaje, se registró un valor inicial de humedad de 57%, el cual es un valor aceptable, según lo establecido para este trabajo de investigación con el paso de las semanas, el porcentaje de humedad en la pila fue aumentando, esto debido a la progresiva descomposición de la materia orgánica de vegetales. Posteriormente, en la etapa Termófila se registró un porcentaje promedio de humedad del 57%, valor que se encuentra dentro de los rangos establecidos, por lo que; en esta pila no se tuvo que adicionar agua para aumentar el porcentaje de humedad, ya que; al tener una composición mayoritariamente de materias primas frescas, se generaban condiciones húmedas favorables al proceso. Después de la semana N° 7, la pila de compostaje fue perdiendo humedad, esto debido a que en la fase termófila, se registran los rangos de temperatura más altos de todo el proceso, lo que ocasiona pérdida de agua por evaporación. En la etapa de maduración del proceso de compostaje, se tuvo como porcentaje de humedad un promedio de 26%; este valor está por debajo del rango establecido; ya que la bibliografía recomienda porcentajes de humedad de entre un 30 y 40%.

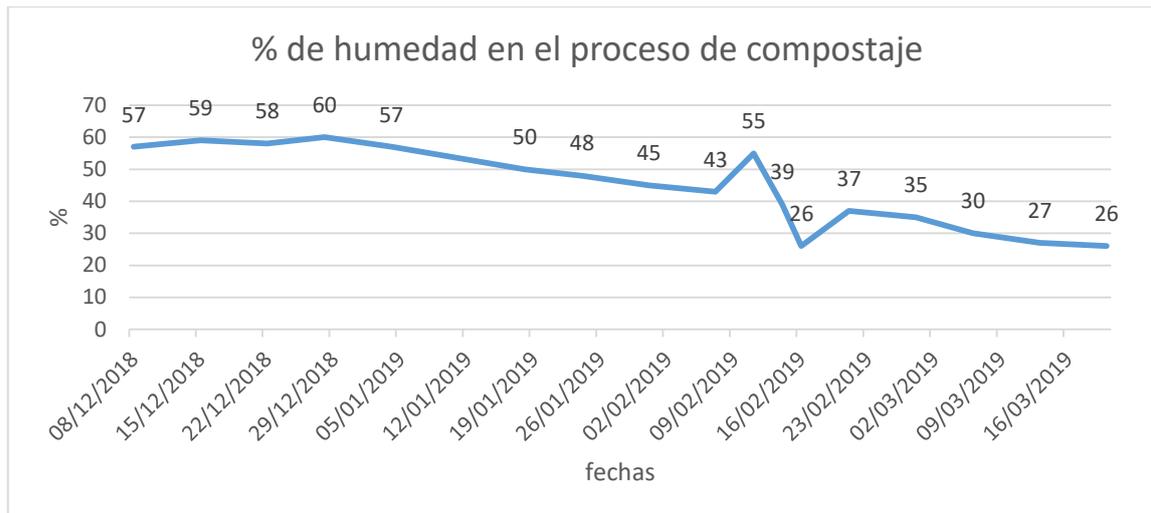


Figura N° 9. %Humedad en el proceso de compostaje.

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Figura N° 9, en la pila de compostaje se registró un porcentaje inicial de humedad de 57%, en la semana N° 3, el porcentaje de humedad comenzó a descender, A pesar de alcanzar un porcentaje aceptable de humedad en la fase termófila (Porcentaje promedio de 45%), los valores registrados fueron descendiendo en las últimas semanas del proceso de compostaje, teniendo como porcentaje de humedad en el compost maduro un valor de 26 %.



Figura N° 10. Humedecimiento de las pilas de compostaje.

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la Figura N° 10. En ciertas mediciones se requirió agregar agua para aumentar el porcentaje de humedad.

4.4.4. Evolución del pH en el compostaje

El pH in situ, se determinó con el uso de cintas indicadoras de pH al igual que la humedad se registró datos 02 veces por semana durante todo el proceso de compostaje.

Tabla N° 13

Monitoreo del pH

Seguimiento en Campo: Parámetros Fisicoquímicos			
fecha	N° de volteo	pila de compostaje	pH
08/12/2018	0		8
15/12/2018	1		7.5
22/12/2018	2		7
28/12/2018	3		6.5
04/01/2019	4		6.5
11/01/2019	5		7
18/01/2019	6		8
24/01/2019	7		8.5
31/01/2019	8		9
07/02/2019	9		9
14/02/2019	10		8.5
21/02/2019	11		8
28/02/2019	12		8.5
06/03/2019	13		9
13/03/2019	14		9
20/03/2019	15		9
27/03/2019	16		9

Fuente elaboración propia

Leyenda

Mesófila	
Termófila	
Mesófila II	
Maduración	

En la tabla N° 13. Se visualiza que en la etapa mesófila, el pH disminuyó hasta alcanzar su valor más bajo de 6.5 en la semanas 3 y 4 del proceso de compostaje, esto debido a que en esta etapa se desarrolló la descomposición de compuestos de la materia orgánica, por tanto, el pH baja. A partir de la semana N° 5 hasta la semana N° 10 ,etapa Termófila del proceso de compostaje el pH fue ascendiendo gradualmente alcanzado el valor de 9, durante las semanas N° 8 y 9; durante esta etapa, se desarrollaron las poblaciones bacterianas termófilas por lo que el pH del medio sube. Posteriormente, el pH bajó ligeramente en la etapa Mesófila II, el pH se estabilizó en valores alcalinos (pH 9), a partir de la semana N° 13 (Etapa de Maduración del proceso de compostaje). El valor del pH en el compost maduro, está por encima de los rangos establecidos, según la

bibliografía consultada. Esto puede deberse a la influencia de las materias primas utilizadas para la composición de esta pila de compostaje; ya que se usó materiales con mayor proporción de Nitrógeno que de Carbono, es el caso de los restos vegetales frescos.

Tabla N° 14

Características fisicoquímicas % h, pH y T° C

	Fechas	% H	pH	T°C
	08/12/18	57	8	23
Etapa de la mesófila	15/12/18	59	7.5	26.5
	22/12/18	58	7	31.5
	28/12/18	60	6.5	34
	04/01/18	57	6.5	37
	11/01/18	55	7	41.5
Etapa de termófila	18/01/19	50	8	46
	24/01/19	48	8.5	47
	31/01/19	45	9	46
	07/02/19	43	9	43.5
	14/02/19	39	8.5	42
Etapa de mesofila II	21/02/19	37	8	38
	28/02/19	35	8.5	34
	06/03/19	30	9	27.5
Etapa de maduración	13/03/19	27	9	20.5
	20/03/19	26	9	19
	27/03/19	26	9	18

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla N°14 se obtiene la características físicas químicas del compostaje de podas de jardín en la etapa mesofila la temperatura está comprendida entre 23 y 31.5°C esta fase duro tres semanas donde el calor y CO₂, caracterizando así por la disminución del pH que desciende al redor de 7, en la fase termófila la temperatura sube por la fermentación alcanza un valor de 34 a 47°C, se destruyen los microorganismos patógenos donde el pH asciende a valores de 9 en esta fase hay una gran demanda de oxígeno, en la fase de mesofila II en esta fase la temperatura empieza a descender y nuevamente los microorganismos mesofilos actúan degradando en cual el pH se estabiliza y la demanda de oxígeno se reduce .y por último la fase de la maduración en esta fase la temperatura se disminuye hasta valores muy

cercados a los ambientales, respecto a la humedad alcanza un nivel de 26.60% el contenido de la humedad dependiendo de los materias primas empleadas.

V. Discusión

5.1. Diagnosticar los residuos de poda generados en el centro poblado de Callanca

Se siguió un procedimiento el cual nos ayudó a llegar al objetivo de diagnosticar los residuos de podas por medio de la producción de Compost, no fue necesario adicionar materia orgánica o estiércol, con respecto al riego no se utilizó mucho ya que permanecía siempre humedad por la mismo residuos vegetales frescos ,al ser comparado con Hernández (2018) su investigación *``Calidad nutrimental de cuatro abonos orgánicos producidos a partir de residuos vegetales y pecuarios``* determina que el mejor tratamiento en elaboración del abono producido a partir de residuos vegetales es agregando estiércol para así llegar a obtener un buen compostaje y que es necesario que la fermentación se haga al abrigo de la lluvia para controlar el contenido de agua y evitar que sea excesivo, esto con el fin de mantener la descomposición aerobia de las materias orgánicas, evitar malos olores, y provocar fermentaciones anaerobias.

5.2. Realizar el diseño de la pila de compostaje

Durante una semana se realizó el pesado del material de residuos vegetales del Centro Poblado de Callanca, alcanzando un promedio de 350 Kg, la pila tuvo una altura de 2 m, 2 m de ancho y 4 m de largo y la distancia de un 1 metro para facilitar el volteo del compostaje el tiempo de elaboración fue de 110 días. Según Carrillo et al (2017), indica que el tiempo requerido para la preparación de los abonos orgánicos de compostaje de podas presentan los mejores resultados, 45 y 30 días respectivamente logrando una reducción de hasta el 50% del tiempo recomendado para el proceso de elaboración de abonos orgánicos con respecto al tiempo referencial dado por la FAO Estos resultados confirman la investigación realizada por donde se obtuvo una aceleración definida en el tiempo de elaboración, la cual logro reducir el proceso hasta en la mitad, alcanzando las características de estabilidad y madurez del abono orgánico.

5.3. Implementar la pila compostera

El sistema de riego fue dependiendo de las condiciones del clima, a pesar de estar en época de verano se observaba humedecida la pila se le agregaba agua solo si era necesario para no ocasionar un aumento en el porcentaje de la humedad y afectar el proceso de descomposición, en el sistema de volteo de las pilas de compost se realizó un día por semana a partir de la formación de la pila, a partir de la fase mesofila II el volteo solo fue necesario dos veces por mes hasta su maduración. En comparación Colomer (2016) demuestra que la utilización de aceleradores biológicos logra reducir la cantidad de material orgánico utilizado para la formación de pilas de compost.

5.4. Medir las características físicas -químicas de las diferentes fases del compostaje

5.4.1. Respecto a las características físicas químicas del compostaje temperatura.

Durante las mediciones de temperatura realizadas en la pila de compostaje de podas de jardín, se evidenciaron las diferentes etapas del proceso de compostaje basados en la temperatura, El valor más alto de temperatura registrado en la pila de compostaje, alcanza los 47 °C en la etapa Termófila, es decir; durante las semanas 6 y 7 del proceso. Esto se debe principalmente a la actividad de los microorganismos, ya que estos realizan la transformación del material orgánico que implica la liberación de energía en forma de calor. Posteriormente; desde la semana N° 12 hasta la N° 16, la temperatura desciende gradualmente, hasta nivelarse a valores de temperatura ambiente. Al presentarse estabilización en el gradiente de temperatura, se deduce que el proceso de compostaje está en su fase final, en lo cual no se mantuvo ningún olor desagradable al contrario presentaba un olor agradable. En comparación con Rafael (2015) indica la velocidad de compost se acelera cuando la temperatura está dentro los 35 y 70°C sobre esta temperatura los microorganismos mueren y podrían generarse olores desagradables en la medida que la pila se esteriliza a sí misma, demostrando que el proceso estuvo relativamente entre dichos valores.

5.4.2. Respecto a las características físicas químicas del compostaje humedad.

En la pila de compostaje de poda de jardinería, se registró un valor inicial de humedad de 57%, el cual es un valor aceptable, según lo establecido para este trabajo de investigación. Con el paso de las semanas, el porcentaje de humedad en la pila, fue aumentando, esto debido a la progresiva descomposición de la materia orgánica, que produce líquidos orgánicos. Posteriormente, en la etapa Termófila se registró un porcentaje promedio de humedad del 52.5%, por lo que en la pila no se tuvo que adicionar agua para aumentar el porcentaje de humedad, ya que al tener una composición mayoritariamente de materias primas frescas, se generaban condiciones húmedas favorables al proceso. Después de la semana 7, la pila de compostaje fue perdiendo humedad, esto debido a que en la fase termófila, se registran los rangos de temperatura más altos de todo el proceso, lo que ocasiona pérdida de agua por evaporación. En la etapa de maduración del proceso de compostaje, se tuvo como porcentaje de humedad un promedio de 26%.mientras que Vera (2018) indica que el contenido de humedad en la materia prima es determinante en el proceso de compostaje ya que los nutrientes se encuentran disponibles de forma disuelta y también favorece la migración y la colonización microbiana. El rango óptimo de humedad se encuentra entre un 50-60%, aunque puede variar

en función de la naturaleza mientras que en la fase termófila, se debe mantener un rango de humedad de entre el 45% y el rango ideal de humedad, en el compost maduro debería estar entre un 30% y 40%.

5.4.3. Respecto a las características físicas químicas del compostaje pH.

En la tabla N° 13 se observa que durante las primeras tres semanas del proceso de compostaje (Etapa Mesófila), se tuvo el descenso del pH que llegó hasta las 6.5 (ligeramente ácido) en la fase Termófila, el pH también aumentó hasta alcanzar el valor de 8.5 en la semana 7 por las podas de jardinera, que constituye un material seco que le brindó a la pila, una mayor proporción de Carbono que de Nitrógeno; es por eso que, en la fase Termófila, no se liberó mayor cantidad de Amoníaco, por lo que el medio se alcalinizó. En la fase Mesófila II, el pH se mantuvo alcalino, entre los valores de 8 y 8.5, con la etapa de Maduración, el pH aumentó ligeramente y se estabilizó en 9 (ligeramente alcalino). Valores que se encuentran por encima del rango ideal establecido para este trabajo de investigación a diferencia de Barrena, 2016. el pH del producto final del proceso de compostaje debe ser neutro (pH 6 – 7.5).

VI. Conclusiones

-Concluyendo con nuestro primer objetivo del diagnóstico de la fuente del material vegetal en el Centro Campestre Señor Paraíso perteneciente a la familia Campos Castro , donde se empezó la formación de la pila de compostaje, recolectando en los restos de vegetales secos (30 kg de poda de gras,50 kg de paja de deshierbe , 30 kg de hierba mala , 70 kg de ramas de plátano y hojas de mamey y guaba, y 70 kg de plantas ornamentales de cucarda,chiflera y cispres; llegando a un total de 250 kg) y en los restos de vegetales verdes (20 kg de podas de gras ,20 kg de hierba mala ,30 kg de ramas de plátano y hojas de frutales como mamey y guaba, y 30 kg de plantas ornamentales de cucarda,chiflera y cispres; llegando a un total de 100 kg picados en un tamaño de 2.5cm) sumando un total de 350 kg de material vegetal.

-En nuestro segundo objetivo del diseño de la pila compostera tuvo una $12m^4$, una distancia prudente que cumple con las condiciones necesarias para el desarrollo del residuo de la pila, teniendo una altura de 2 m apropiado para airear la temperatura de la pila y no correr el riesgo de entrar en auto- combustión y generas así malos olores, tiene 2 m de ancho y 4 m de largo y su distancia de un 1 metro para facilitar el volteo del compostaje. Formadas por 6 capas ,4 capas con restos vegetales secos y 2 capas con restos vegetales verdes.

-En nuestro tercer objetivo se realizó la formación de la pila de compostaje de podas de jardinería, está compuesta por 6 capas: la primera capa se colocó se colocó la primera capa de 70 kg de restos de vegetales secos 50 kg de paja de deshierbe y 20 de podas secas, la segunda capa con 50 kg de restos de vegetales verdes 10kg de podas ,10 kg de hierba mala ,15kg Hojas de árboles frutales de mamey, guaba y ramas de plátano ,15kg de plantas ornamentales como la cucarda, chiflera, ciprés , la tercera capa con 85 kg de restos vegetales secos 15 kg de hierba mala 35 kg Hojas de árboles frutales de mamey, guaba y ramas de plátano ,35kg de plantas ornamentales como la cucarda, chiflera, ciprés, la cuarta capa con 50 kg de restos vegetales verdes 10kg de podas ,10 kg de hierba mala ,15kg Hojas de árboles frutales de mamey, guaba y ramas de plátano ,15kg de plantas ornamentales como la cucarda, chiflera, ciprés ,la quinta capa 85 kg de restos vegetales secos 15 kg de hierba mala 35 kg Hojas de árboles frutales de mamey, guaba y ramas de plátano ,35kg de plantas ornamentales como la cucarda, chiflera, ciprés y por última capa se dispuso una última capa con 10 kg de podas de gras secos para evitar proliferación de moscas y otras plagas se finalizó cubriendo toda la pila con un plástico negro para dar el inicio del proceso de compostaje.

-En el cuarto objetivo se midió las características físicas-químicas, las diferentes fases del compostaje se alcanzó durante 16 semana de descomposición: donde el pH llego a obtener un valor aceptable de 9 ligeramente alcalino, en temperatura fueron de 23°C a 34°C en etapa mesófila 37°C a 47°C en etapa termófila ,27.5°C a 38°C en etapa mesó fila II y por ultimo descendió alcanzar los 18° C a 20°C en etapa de maduración; así mismo la humedad se mantuvo en un rango de 60 % a 26% terminando con la descomposición de residuos vegetales tanto en secos y verdes sumando un total de 350 kg; en último lugar se llegó el resultado final con 32 kg de partículas entre 9 a 12 mm.

VII. Recomendaciones

-Se recomienda para futuras investigaciones el uso de restos vegetales secos y verdes con distintas cantidades , en los cuales se puedan variar el uso de otros materiales vegetales como restos vegetales, hojarasca, grass; donde se puedan controlar los factores que puedan afectar el proceso de elaboración de la pila a la variación de temperaturas, sistema de ventilación, entre otros.

-Se sugiere para el tratamiento de los restos vegetales del Centro Poblado de Callanca, la construcción de un invernadero que proteja todo el proceso de elaboración de las variaciones del clima y condiciones ambientales, también la implementación de una guía para un mejor manejo de los residuos orgánicos, con el objetivo de asegurar un adecuado proceso de compostaje para la elaboración de abonos orgánicos.

- Se recomienda utilizar el compost elaborado con los residuos vegetales, proveniente de las viviendas del caserío de Callanca , específicamente para la aplicación en producción de hortalizas, para contrarrestar a la contaminación de los suelos por la utilización de agroquímicos convencionales, y por ser una forma más barata de enriquecer los suelos de nutrientes.

VII. Referencias bibliográficas

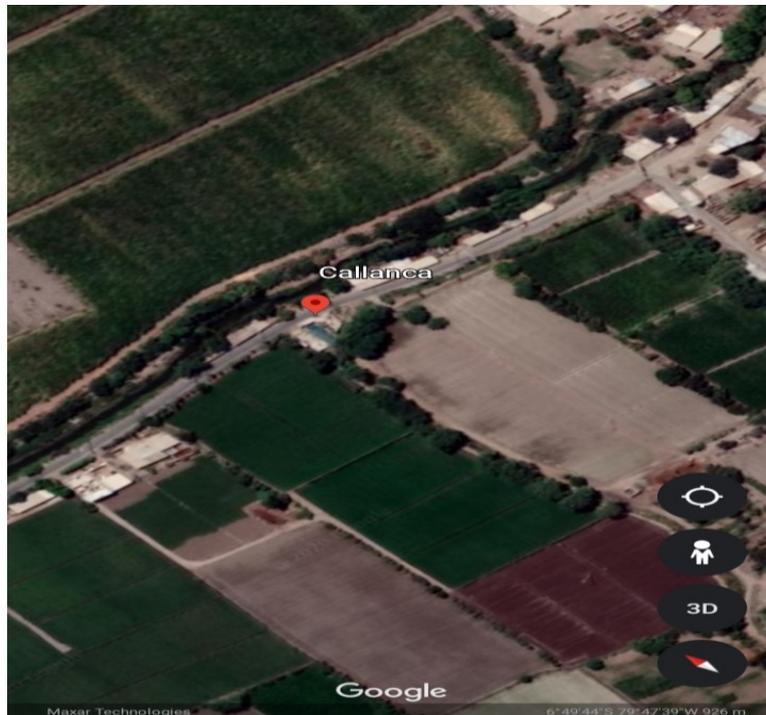
- Altamirano A (2016), elaboró la tesis “*Optimización del Manejo de Residuos Orgánicos por medio de la utilización de Microorganismos eficientes en el proceso de compostaje en la Central Hidroeléctrica Chagall*”. En la Universidad de Huánuco.
- Alvarado, M (2017). Manual de compostaje de aprovechamiento de residuos orgánicos a través de sistemas de compostaje y lombricultura en el valle de Aburrá. Medellín, Colombia: ACODAL
- Arrigo M,(2015) Residuos de poda compostados y sin compostar uso potencial como enmienda orgánica en suelo. Revista Ciencias del Suelo. Vol. 23, No. 1.
- Barrena R (2016). Tesis doctoral Compostaje de residuos sólidos orgánicos aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso. (Universitat Autònoma de Barcelona, España.
- Bejarano, E. & Delgadillo, M. (2007). Tesis: Evaluación de un Tratamiento para la Producción de Compost a partir de Residuos Orgánicos Provenientes del Establecimiento Carcelario de Bogotá “La Modelo” por Medio de la Utilización de Microorganismos Eficientes (EM). Bogotá D.C. Colombia: Universidad de La Salle.
- Chanduví, R. (2010). Compostaje y lombricultura piramidal. 24/03/2016, de Instituto Nacional de Innovación Agraria Sitio web: <http://www.inia.gob.pe/sala-deprensa/notas-deprensa/737-inia-desarrolla-tecnologia-de-produccion-masiva-deabono-organico>.
- Hernández, M (2018) calidad nutrimental de cuatro abonos orgánicos producidos a partir de residuos vegetales y pecuarios. Tierra latinoamericana. Disponible en: <https://www.redalyc.org/html/573/57327411004>.
- Juan (2016), elaboró la tesis “*Efecto de los Bio abonos en el Rendimiento y la Calidad de la Asociación de Pasturas en condiciones Edafoclimática de Cay huayna en la Universidad Nacional Hermilio Valdizan*” Huánuco.
- Janon, E (2017) .Reciclaje y tratamiento biológico de los residuos sólidos municipales. Quito, Ecuador: Editorial Ecuador Sheila (2018) “elaboración de compost a partir de los residuos orgánicos generados en la limpieza de planta de la empresa COPEINCA SAC”.
- López D (2017) Compostaje de residuos orgánicos Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería, Santiago de Cali.pp.100.
- Moral, R. (2018). Compostaje. Editorial mundi-prensa Barcelona, Madrid.
- Palas 2015. El mundo de las plantas. Atlas botánica. Madrid: Editorial Cultural S.A, pp11.
- Rafael H (2015) proceso de producción y aplicación del producto microorganismos eficaces en la calidad de compost a partir de tres mezclas orgánicas. (pp13).

- SZTERN, D. Pravia, (1999) M. Manual para la elaboración de compost bases conceptuales y procedimientos. Organización Panamericana de la Salud (OPS) 69 p.
- Tarrillo S (2016). Manual de Elaboración de Compost Orgánico. Ministerio de la Producción-Perú, (pp6)
- Tortarolo, P (2018). Influencia de la inoculación de microorganismos sobre la temperatura en el proceso de compostaje. Scielo pp 41-50
- Vásquez D (2018).Tesis “*Producción de cuatro tipos de bioabonos como alternativa biotecnológica de uso de residuos orgánicos para la fertilización de suelos de la localidad de Riobamba*”, Escuela superior politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador
- Zurcan, L (2016). Estudio experimental en planta piloto del proceso de compostaje de residuos agroalimentarios. Montevideo.

VIII. Anexos

Anexo 1: Ubicación está ubicado en el centro poblado de Callanca distrito de Monsefù del departamento de Lambayeque.

Mapa del caserío de Callanca.



Fotografías de la investigación realizada



Fotografía 1



Fotografia 2



Fotografia 3



Fotografia 4



Fotografia 5



Fotografia 6



Fotografia 7



Fotografia 8



Fotografia 9



Fotografia 10



Fotografia 11



Fotografia 12



Fotografia 13



Fotografia 14



Fotografia 15