

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**



**Caracterización de los residuos orgánicos provenientes del cafetín
universitario y poda de jardines utilizados en la elaboración de compost en
Universidad de El Salvador**

POR

Fátima Melissa Meléndez Pérez

Ciudad universitaria, junio de 2022

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE**



Caracterización de los residuos orgánicos provenientes del café universitario y poda de jardines utilizados en la elaboración de compost en Universidad de El Salvador

Por

Fátima Melissa Meléndez Pérez

Requisito para optar al grado de:

Ingeniero Agroindustrial

Ciudad Universitaria, junio 2022

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

LIC. M. Sc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL:

LIC. M. Sc. FRANCISCO ANTONIO ALARCON SANDOVAL

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS

DECANO:

ING. AGR. FRANCISCO LARA ASCENCIO

SECRETARIO:

**ING. AGR. M. Sc. BALMORE MARTINEZ
SIERRA**

JEFE DEL DEPARTAMENTO D RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE

ING. AGR. M. SC. JOSÉ MAURICIO TEJADA ASCENCIO

DOCENTES DIRECTORES:

ING. AGR. M. SC. JOSÉ MAURICIO TEJADA ASCENCIO

ING. AGR. M. SC. CARLOS ALBERTO AGUIRRE CASTRO

COORDINADOR DE PROCESOS DE GRADUACIÓN

ING. MAECE. NELSON BERNABÉ GRANADOS

i. Agradecimientos

Nuestras vidas se encuentran llenas de retos y uno de ellos es la universidad, gracias a Dios que nos permitió terminar esta etapa que es la base para el entendimiento del campo laboral en el que nos encontramos inmersos.

Gracias a Jehová Dios por permitirme tener y disfrutar a mi familia, gracias a mi familia y amigos por apoyarme en cada decisión y proyecto, gracias a la vida porque cada día me demuestra lo hermosa que es la vida y justa que puede llegar a ser; agradezco a las personas que con una palabra de aliento me dieron ánimo y permitieron cumplir con excelencia el desarrollo de esta tesina. Gracias por creer en mí y gracias a Dios por permitirme vivir y disfrutar cada día.

No ha sido fácil ni sencillo el camino hasta ahora, pero gracias a sus aportes, su amor, a su inmensa bondad y apoyo, lo complicado de lograr esta meta se ha notado menos.

Finalmente agradezco a quien lee este apartado y más de mi trabajo, por permitir a mis experiencias, investigaciones y conocimiento, incurrir dentro de su repertorio de información mental.

ii. Dedicatoria

El presente trabajo de investigación lo dedico con mucho cariño a mis padres y a todos a quienes aportaron positivamente a lo largo de mi formación académica, brindándome el apoyo e incentivación para seguir adelante, aunque en muchas ocasiones las situaciones se tornaban un tanto complicadas, pero fueron ellos los testigos del trabajo perseverante para lograr un nuevo éxito en mi vida profesional.

Por eso y por mucho más le dedico este proceso de formación que constituirá el cimiento fundamental en mi vida profesional y a través del cual forjare un nuevo presente en las labores que desempeñen todos los días.

iii. Índice

Contenido

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
III. OBJETIVOS	4
3.1 Objetivo general.....	4
3.2 Objetivos específicos	4
IV. ESTADO DEL ARTE.....	5
V. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	6
5.1 Agroecología y su importancia	6
5.2 Abono orgánico	7
5.3 Origen y forma de obtención de los abonos orgánicos	8
5.4 Establecimiento.....	8
5.4.1 Materiales que se utilizan.....	9
5.4.2 Mezcla de los materiales.....	10
5.4.3 Época de elaboración	10
5.4.4 Cuidados y otras consideraciones.....	11
5.4.5 Posibles problemas y soluciones en el proceso de compostaje.....	12
5.5 Composición de los abonos orgánicos.....	13
5.5.1 Descomposición y mineralización de la materia orgánica del suelo	13
5.6 Elaboración de Abonos Orgánicos Compost.....	14
5.6.1 Compost.....	14
5.6.2 Los abonos orgánicos pueden clasificarse en:.....	14
5.7 Fundamentos Prácticos del Compostaje	15
5.7.1 Herramientas recomendadas	15
5.8 Técnicas de Compostaje	16
5.8.1 Sistemas abiertos o en pilas.....	16
5.8.2 Tamaño de la pila o volumen en compostaje.....	17
5.8.3 Dimensiones de una pila de compostaje para pequeño agricultor.....	18
5.8.4 Técnica de compostaje termofílica de hileras estáticas con aireación pasiva....	18
5.9 Fases del Compostaje	22
5.10 Factores a Monitorear durante El Compostaje	24
5.10.1 Oxígeno	24

5.10.2 Dióxido de Carbono (CO ₂)	26
5.10.3 Humedad	26
5.10.4 Temperatura.....	27
5. 10. 5 pH	28
5.10.6 Relación Carbono-Nitrógeno (C:N)	29
5.10.7 Tamaño de partícula	29
5.10.8 Aporte Nutricional del Compost	30
5.10.9 Ventajas y Desventajas del Compost	31
VI. METODOLOGÍA	34
6.1 Materiales, instrumentos y equipo de la investigación.	35
6.2 Tipo de investigación.....	35
6.3 Metodología de oficina.....	35
6.3.1 Elaboración del proyecto de investigación.	35
6.3.2 Muestreo	36
6.3.3 Procesamiento y análisis de datos	38
7. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	38
7.1 Método de Hilera estáticas de Aireación pasiva.....	38
7.2 Caracterización del compostaje de la Universidad de El Salvador a base de residuos de cafetines con el método de Hilera estáticas de Aireación Pasiva.....	38
7.1.1 Procedimiento para el establecimiento de pilas o módulos de compostaje.....	39
7.1.2 Proceso de elaboración del compostaje.....	40
7. 2 Los parámetros de evaluación para módulos de compostaje	42
7.2.1 Temperatura.....	42
7.2.2 pH.....	43
7.2.3 Color	44
7.2.4 Olor	44
7.2.5 Presencia de organismos.....	46
VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	46
VIII. CONCLUSIONES.....	48
IX. BIBLIOGRAFÍA	49
X. Anexos	51
.....	56

Índice cuadros

Cuadro 1. Materiales ricos en carbono y nitrógeno	8
Cuadro 2. Problemática del proceso de compost	12
Cuadro 3. Fases térmicas de la compost	23
Cuadro 4. Oxígeno	26
Cuadro 5. (%) Humedad	27
Cuadro 6. Temperaturas que se pueden obtener durante el proceso de fermentación en el compost	28
Cuadro 7. Valores de pH que pueden ocurrir durante el proceso de fermentación	29
Cuadro 8. Relación C:N en cuanto a material vegetativo agregado	29
Cuadro 9. Tamaño de partículas.....	30
Cuadro 10. Aporte nutricional del compost	31
Cuadro 11. Equipo y materiales utilizados en el estudio del compostaje.....	35
Cuadro 12. Materiales para la proceso del compostaje	39
Cuadro 13. Valoración de aroma	45

Índice figuras

Figura 1. Diseño de compostera.....	10
Figura 2. Macro y micro elementos	13
Figura 3. Herramientas para elaborar compost.....	16
Figura 4. Sistemas de compostaje	17
Figura 5. Dimensiones de una pila de compost	18
Figura 6. Delimitación de área para hilera de compostaje.....	19
Figura 7. Montaje de hilera	19
Figura 8. Base de hilera de compostaje	20
Figura 9. Colocación de primeras capas de residuos.....	21
Figura 10. Colocación de desechos orgánicos en toda la hilera.	21
Figura 11. Cerrar la hilera de compostaje	22
Figura 12. Parámetros óptimos de la compost	25
Figura 13. Universidad de El Salvador.....	34
Figura 14. Esquema del proceso de establecimiento de módulos	39
Figura 15. Proceso de establecimiento.....	40
Figura 16. Ciclo de elaboración de compost.....	41
Figura 17. Temperaturas que presentan los módulos.....	43

Índice Anexos

Anexo 1. Instrumento de toma de datos	51
Anexo 2. Toma de temperatura de módulo 4; dato obtenido 27. 3.....	54
Anexo 3. Muestras tomadas con diferentes alturas para identificar el color, módulo 4	54
Anexo 4. Medición de pH módulo 4.....	55
Anexo 5. Toma de temperatura de módulo 5; dato obtenido 29.5	55
Anexo 6. Muestras tomadas con diferentes alturas para identificar el color, módulo 5	56
Anexo 7. Análisis realizado a abono orgánico.....	56
Anexo 8. Análisis realizado a biofertilizante.....	57

iv. Resumen

La presente investigación se llevó a cabo bajo el proceso de grado de Gestión integral de sistemas productivos agroecológicos en el año 2021 el lugar de ejecución fue la Universidad de El Salvador. Esta investigación se enfoca en la importancia de implementar técnicas de abonos orgánicos como lo es el compost, siendo los principales materiales orgánicos que se encuentran en el cafetín universitario y restos de podas, desperdicios de comida (frutas y verduras). El estudio por su lugar de ejecución se considera documental esto es por la existencia de investigaciones previas y para su realización se consideró el seguimiento del trabajo ya iniciado por el Departamento de Recurso Naturales y Medio Ambiente a su vez se identificó el método utilizado el cual fue el de Hilera estáticas de Aireación pasiva obteniendo de esta forma datos de campo de las composteras para conocer más de sus características durante el proceso de descomposición o transformación en abono, como en el caso del pH el valor obtenido es 7.69 que posteriormente puede ser utilizado para preparar sustratos dentro del campus universitario.

v. Abstract

The present investigation was carried out under the process of integral management of agroecological productive systems in the year 2021 and the place of execution was at the University of El Salvador. This investigation focuses on the importance of implementing organic bonus techniques such as compost, considering the main organic materials found in the university cafeteria and pruning residues, food waste (fruits and vegetables). The study for its place of execution is considered to be documentary. This is because of the existence of previous investigations and for its realization it was considered the follow-up of the work initiated by the Department of Natural Resources and the Environment, instead the method used was identified. the statics of passive Aireación Hilera thus obtaining field data of the composters to know more about their characteristics during the decomposition process or transformation in allowance, as in the case of the pH the value obtained is 7.69 that later can be used to prepare substrates within the university campus.

I. INTRODUCCIÓN

La separación de residuos o desechos producidos por diversas actividades ya sea agrícola, forestal, industrial o doméstica ha sido concebido como un problema durante la actualidad y aún más si se busca realizarlo a grandes volúmenes.

El compostaje se considera como una alternativa de aprovechamiento simple y de bajo costo, y a su vez como una tecnología ambiental (amigable con el medio ambiente) para convertir estos residuos en un producto de alta calidad, logrando reducir el efecto contaminante y también permitir su reutilización en la agricultura. El proceso de compostaje se puede definir como una oxidación biológica que ocurre bajo condiciones controladas de humedad, temperatura y aireación.

Sin embargo, para la elaboración de un compost es necesario la adición de microorganismos de montaña (bacterias, hongos y actinomicetes) los cuales utilizan el carbono y nitrógeno disponibles en los residuos orgánicos, liberando energía por la actividad metabólica y produciéndose gracias a una serie de reacciones bioquímicas, agua, anhídrido carbónico y sales minerales.

Es un proceso complejo y dinámico, se puede dividir en cuatro fases de acuerdo a los cambios de temperatura: fase Mesófila (10-40 grados C), fase termófila (40-60 grados C), fase de enfriamiento y finalmente fase de maduración (estabilización a temperatura de ambiente).

El compost posee un gran valor nutricional, utilizándose como abono orgánico en el suelo, con el fin de mejorar su estructura, como fertilizantes orgánicos y como sustrato para la producción de plantas, entre otros usos.

El estudio se basa en la utilización de los desechos orgánicos producidos por la Universidad de El Salvador (cafetería) de forma eficiente, por medio de la implementación de una compostera para la generación de abono orgánico para optimizar su utilización desechos orgánicos.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la Universidad de El Salvador, dada la magnitud en tamaño y afluencia de estudiantes que forman parte del Alma Mater, los cafetines generan una cantidad de desechos orgánicos los cuales de alguna manera en su momento no eran utilizados, dando lugar a un desperdicio de los beneficios que estos pueden llegar a representar; sin embargo, dado que se ha demostrado que existen muchas formas de tratamiento de los desechos orgánicos provenientes de la cocina, estos se pueden transformar en abono orgánico y ser utilizado en las diferentes plantaciones e incluso se puede incorporar al suelo y de esta forma regresar un poco de nutrientes al mismo. Según la FAO se debe tener en cuenta la condición de los suelos los cuales se consideran un 8% de los suelos se encuentran degradados con un valor menor de 30% de la producción de granos básicos, esto podría estar en peligro.

Aunque las técnicas de elaboración son muchas, una de ellas consiste en la realización de un compostaje, esta práctica se desarrolla a partir de la obtención de una cantidad de materia orgánica procedentes de residuos orgánicos y de la jardinería.

El compostaje consiste en una técnica mediante la cual se crean las condiciones necesarias para las que a partir de residuos orgánicos los organismos descomponedores fabriquen un abono de elevada calidad.

Los beneficios que aportan una técnica como el compostaje es el mejoramiento de la estructura del suelo. El compost, debido a su estructura aterronada, facilita la formación de conglomerados del suelo permitiendo así mantener una correcta aireación y humedad. Actúa como bactericida y fungicida. Aporta nutrientes a las plantas. Este es un proceso se puede realizar en el hogar. Es por estos beneficios que hoy en día se emplean técnicas como la realización de compostaje, para regenerar las condiciones del suelo.

La población directamente beneficiada de la elaboración de compost dentro del campus universitario son los estudiantes de la facultad de ciencias

agronómicas dado que el producto se entrega a los estudiantes sin fines de lucro para la realización de actividades que se desarrollan en diferentes asignaturas impartidas por la Facultad de igual forma se entrega a personal de la cafetería las cuales también comparten con personas de sus círculo social, es decir que el impacto social va en aumento, es por esto necesario crear una cultura más amena con el medio ambiente.

¿Cuál es la importancia del aprovechamiento de los residuos dentro de la Universidad de El Salvador para mejorar las condiciones del suelo dentro del campus?

III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

- Caracterización de los residuos de origen orgánico provenientes del cafetín universitario, para la elaboración de abonos orgánicos con el método termofílico y aireación pasiva en la Universidad de El Salvador.

3.2 Objetivos específicos

- Identificar los principales residuos que se utilizan para la elaboración de compost.
- Describir las características del método de elaboración del compostaje
- Describir el comportamiento de los parámetros que participan en la durante el proceso de fermentación del compost: temperatura, pH, color, olor y presencia de microorganismos

IV. ESTADO DEL ARTE

Nuestros suelos productivos se están perdiendo o degradando por la erosión y malas prácticas de cultivo, lo que hace necesario notar la importancia y urgencia de lograr ser eficientes en el uso y manejo de nuestros suelos, con prácticas agrícolas sostenibles y amigables con el medio ambiente. (Raudes 2009)

Abono orgánico elaborado a partir de material biodegradable, es el resultado de la transformación del material vegetal o animal de origen orgánico en humus, mediante un proceso donde actúan microorganismos, y factores climatológicos y ambientales como el sol, agua y aire. Comparada con la descomposición no controlada del material orgánico, esta descomposición ocurre más rápido, llega a temperaturas más altas y resulta en un producto de mejor calidad. (Camacho 2005)

Se trata de una técnica mediante la cual se crean las condiciones necesarias para las que a partir de residuos orgánicos los organismos descomponedores fabriquen un abono de elevada calidad. (Rodríguez 2008)

Se detectó la necesidad de controlar este factor de contaminación con una estrategia que ofreciera una solución económicamente viable y técnicamente adecuada para el control y disposición de este subproducto, identificando el proceso de compostaje como la mejor opción. (Álvarez 2009)

Las propiedades del compost, que condicionan en gran medida sus posibles aplicaciones, dependen tanto de los materiales de partida como del proceso de compostaje. Esta dependencia es particularmente importante en el caso del compost de biorresiduos, que puede obtenerse a partir de distintas corrientes de residuos de diversa naturaleza y origen (de parques y jardines, de restos de alimentos, domiciliarios, comerciales, etc.) y por diferentes procesos (industrial o autocompostaje). (Ansorena 2014)

El método artesanal indio de compostaje termofílica, presentado a la comunidad universitaria por el profesor Paul Richard Müller, perteneciente al Departamento de Ingeniería Rural del Centro de Ciencias Agropecuarias de la UFSC, comenzó a ser utilizado y perfeccionado. Este método, difundido por el botánico inglés Mr. Albert Howard para el reciclaje de residuos orgánicos, pasó a ser conocido como el “método UFSC de pilas estáticas con aireación pasiva”. Debido a la arquitectura de las pilas, que incluye gran parte de materiales estructurantes (como paja y aserrín) dispuestos con capas de residuos orgánicos, se establecen condiciones favorables para la acción microbiológica, especialmente para las bacterias termófilas cuya acción eleva la temperatura del material. Por encima de 55° C, favoreciendo la limpieza y eliminación de patógenos, así como la rápida y eficiente degradación de los residuos orgánicos. (FAPESC 2017)

V. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

5.1 Agroecología y su importancia

La Agroecología puede ser inscripta dentro de un nuevo paradigma de las ciencias agropecuarias desde el cual generar y sirve para validar prácticas que promuevan el uso de los recursos naturales a una tasa menor o igual en los cuales estos se regeneran y que fortalezcan las indispensables propiedades emergentes vede los Agroecosistema: resiliencia socio-ecológica, productividad y equidad. Todas ellas, como formas de contribuir a la sostenibilidad, en términos de sustentabilidad fuerte e integral de los Agroecosistema y de la agricultura, en general. (FCA UNCUYO 2019)

En el ámbito de las prácticas, la Agroecología rescata y valora las prácticas socio productivas de los agricultores y las agricultoras, y comunidades originarias. Considera a estos como actores sociales con trayectorias que disponen de poder para actuar sobre la estructura que los contiene y que poseen un sentido y una lógica práctica, junto a una racionalidad ecológica, que les ha permitido construir estrategias productivas y de reproducción social que se traducen en prácticas singularmente ajustadas a las características de sus Agroecosistema.

En términos ecológicos, la Agroecología se sostiene en un conjunto de pilares que permiten construir Agroecosistema resilientes. Dichos pilares son: 1- mantener, favorecer y promover la biodiversidad funcional, 2- mejorar la eficiencia en el uso de la energía, 3- mejorar la calidad (salud) del suelo y 4- eficiencia de uso del recurso agua. (FCA UNCUYO 2019)

De acuerdo con Martínez et. al (2004), La agroecología surge como un nuevo campo de conocimiento científico con diferentes implicaciones epistemológicas, metodológicas y prácticas; que delinean una disciplina, y ayuda social, política y éticamente a resolver dicha problemática en el agro nacional. La agroecología pretende no solo la maximización de la producción de un componente particular; sino la optimización del Agroecosistema en lo económico, social y ecológico.

La agroecología como alternativa incorpora un enfoque de la agricultura más ligado al entorno natural y más sensible socialmente, centrada en una producción sustentable ecológicamente. Sin obviar, los fenómenos netamente ecológicos dentro del campo de cultivo, tales como relaciones depredador-presa o competencia de cultivo-arvense.

Su objetivo es proporcionar una base ecológica racional para el manejo del Agroecosistema, a través de tecnologías de producción estables y de alta adaptabilidad ambiental y social, con técnicas naturales. Como lo es la implementación y desarrollo de abonos orgánicos.

5.2 Abono orgánico

Los abonos orgánicos son sustancias que están constituidas por desechos de origen animal, vegetal o mixto que se añaden al suelo con el objeto de mejorar sus características físicas, biológicas y químicas. Estos pueden consistir en residuos de cultivos dejados en el campo después de la cosecha; cultivos para abonos en verde (principalmente leguminosas fijadoras de nitrógeno); restos orgánicos de la explotación agropecuaria (estiércol, purín); restos orgánicos del procesamiento de productos agrícolas; desechos domésticos, (basuras de vivienda, excretas); compost preparado con las mezclas de los compuestos antes mencionados

(Cajamarca 2012).

5.3 Origen y forma de obtención de los abonos orgánicos

La procedencia de los abonos orgánicos y su dinamismo es muy diferente según hablemos de ecosistemas naturales con vegetación permanente o hablemos de ecosistemas agrícolas, aun así, para ambos, la fuente originaria de lo que entendemos como abonos orgánicos serán mayoritariamente desechos de origen animal, vegetal o mixto. Los abonos orgánicos son productos naturales que se obtienen de la descomposición de los desechos de las fincas y que aplicados correctamente al suelo mejoran las condiciones físicas, químicas y microbiológicas (Cajamarca 2012).

5.4 Establecimiento

Al elaborar compost se deben considerar la relación carbono-nitrógeno. Los materiales ricos en nitrógeno (baja relación C/N) no contribuyen a una buena estructura y por lo tanto a una buena aireación si se compostean por separado.

Los materiales que tienen una buena estructura tienen usualmente un alto contenido de carbono y no suministran suficiente nitrógenos para que las bacterias puedan alimentarse. La mezcla de diferentes materiales contribuye a obtener una composición balanceada de nutrientes y una estructura que permita una aireación adecuada.

Cuadro 1. Materiales ricos en carbono y nitrógeno

Tipos de Fuentes	Material
Carbono:	Materiales secos como la grama, hierba, cascarilla de arroz, residuos de tallos, ramas, hojas, otros.
Nitrógeno:	Los materiales suaves como los residuos orgánicos de cocina, estiércoles de animales, residuos verdes, otros.

Fuente: Cajamarca 2012

Localización de la compostera El compost debe ubicarse cerca de la fuente de la

materia prima y del campo donde se aplicará. El lugar debe estar a la sombra y poseer cerca una fuente de agua. Lugares anegados o que se anegan fácilmente deben evitarse, la cama de compost no debe ser localizada cerca de la casa de vivienda ya que estas pueden atraer ratas, serpientes, termitas etc., y de vez en cuando despiden algo de mal olor. (Camacho 2005)

5.4.1 Materiales que se utilizan

De acuerdo con Camacho et al. (2005), La cama o pila de compost debe establecerse cuando ya se tiene suficiente material para su elaboración. Si en la finca no se producen suficientes materiales vegetativos, los mismos se pueden obtener de otras fuentes fuera de la finca.

Los materiales adecuados para compostaje son:

- 1) Material vegetativo: Estos poseen una mezcla balanceada de nitrógeno y Carbono: broza de café, bagazo de caña, cascarilla de arroz, restos vegetales de la piña, banano de desecho
- 2) Residuos de cocina: cáscaras de yuca, otoo, plátano, restos de hortalizas y vegetales.
- 3) Residuos de chapias verdes: hierba o grama, rastrojo, hojas.
- 4) Restos de madera de árboles, ramas picadas, aserrín. (No muy recomendable, a menos que estén ya transformados)
- 5) Estiércol de animales: bovino, porcino, ricos en potasio (K) y fósforo (P); la gallinaza rica en fósforo; estiércol de cabras, caballos, etc.
- 6) Cachaza, melaza.
- 7) Cenizas de madera; contiene K, Na, Ca, Mg etc. También se utiliza carbón.
- 8) Roca fosfórica: el fósforo se fija a los materiales orgánicos y por lo tanto esta menos fijado a los minerales del suelo; por lo cual es mejor aplicarlo a la pila de compost que al suelo directamente.
- 9) Pequeñas cantidades de tierra, especialmente aquellas ricas en arcillas o roca molida mejoran el proceso y la estructura del compost; usualmente son mezclados con otros materiales o usados para cubrir la pila para reducir las pérdidas de nutrientes.
- 10) Carbonato de calcio o cal agrícola.

5.4.2 Mezcla de los materiales

Según Camacho et al. (2005), Los materiales finos poseen una mayor superficie y por lo tanto pueden ser digeridos más fácilmente por las bacterias; una longitud ideal es de 2 a 5 cm. Si son más pequeños como en el caso de hierbas, desechos de cocina o cenizas estos deben de ser mezclados con materiales más grandes para facilitar la aireación. Para permitir un proceso ideal de compostaje, la mezcla debe consistir aproximadamente de:

- Un tercio de material grueso con una buena estructura (ramas, corteza de árboles, material grueso).
- Un tercio de materiales medianos a finos con una alta relación C/N (paja, hojas, residuos de cultivos etc.).
- Un tercio de material fino con baja relación C/N (desperdicios de cocina, estiércol etc.).
- 5 a 10 % de suelo

5.4.3 Época de elaboración

Es más fácil producir buen compost durante la época lluviosa ya que la lluvia ahorra mano de obra y agua.

Tamaño de la compostera

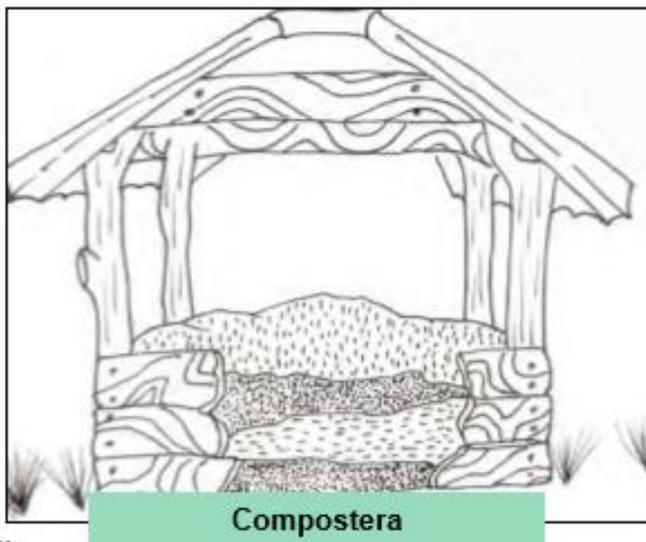


Figura 1. Diseño de compostera
Fuente: Camacho 2005

La pila de compostaje debe ser de un metro cúbico (1 metro de ancho por 1 metro de largo por un metro de altura) para permitir el desarrollo de un proceso de compostaje adecuado y para permitir la aireación. La construcción no debe tener más de 1.5 metros de altura, se pueden utilizar tablas de madera, hojas de zinc u otro material (Camacho 2005).

Los materiales que no son adecuados, y por tanto, no deben usarse para hacer compost son:

- Material vegetativo infectado por enfermedades bacteriales o virales.
- Residuos del patio tratados con plaguicidas químicos.
- Malezas perennes o con semillas.
- Materiales con espinas o protuberancias duras.
- Materiales de origen no natural tales como piedras, plásticos, metales, vidrios.
- Productos químicos en general
- Excrementos humanos, de perro o gato.
- Alimentos grasosos como aceite de freír.

5.4.4 Cuidados y otras consideraciones

De acuerdo con Camacho et al. (2005), Durante el período que toman los materiales en transformarse en abono orgánico compost, se debe observar y cuidar que la temperatura sea la adecuada para una mejor descomposición de los materiales. Por lo tanto, se debe tapar para protegerlo de los efectos del sol y el viento. Poco a poco el abono pierde temperatura y olor. Algunas consideraciones que los agricultores deben tomar en cuenta antes de iniciar la producción de compost.

- 1) Durante el proceso de descomposición algo de materia orgánica y de nutrientes se perderá.
- 2) La producción de compost requiere mano de obra y demanda una atención regular.
- 3) Requiere de más tiempo para su producción.
- 4) Dependiendo del origen de los materiales se producen malos olores en los primeros meses.

En cuanto a su ubicación es importante que no se elaboren cerca de fuentes de agua que puedan contaminarse. También es importante considerar que no se deben aplicar grandes cantidades que no puedan ser utilizadas por las plantas o

incorporadas en el suelo y se pueda arrastrar a las fuentes de agua cercanas. Algunos problemas que se dan y soluciones aplicables durante el proceso de compostaje se mencionan en la siguiente tabla:

5.4.5 Posibles problemas y soluciones en el proceso de compostaje

Cuadro 2. Problemática del proceso de compost

Diagnostico	Problema	Posible razón	Solución
Temperatura no sube	Microorganismos no se pueden desarrollar	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de aire o demasiado aire • Reacción C/N incorrecta • Material o muy seco o muy húmedo • Demasiada tierra 	<ul style="list-style-type: none"> • Mojar con agua u orina • Aflojar el montón • Mezcle más estiércol o material verde en el montón
Baja temperatura repentinamente	Proceso de transformación para	<ul style="list-style-type: none"> • Material se ha secado demasiado • Todo el Nitrógeno disponible ha sido utilizado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mojar con agua u orina. • Añadir materiales ricos en Nitrógeno.
El compost adquiere un color blanco polvoriento	Desarrollo de hongos demasiado fuertes	<ul style="list-style-type: none"> • Material demasiado seco • Material no mezclado por largo tiempo 	<ul style="list-style-type: none"> • Mezcle los materiales y haga el monton o pila de nuevo • Mojar con agua u orina • Añadir material rico en Nitrógeno
El material adquiere un color negro	Compost se está pudriendo	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de aire y estructura • Relación C/N muy baja • Material demasiado húmedo 	<ul style="list-style-type: none"> • Prepara el montón de nuevo agregándole material voluminoso y con una relación alta de C/N

		<ul style="list-style-type: none"> Material no se ha mezclado lo suficiente 	<ul style="list-style-type: none"> Mezclar el compost más frecuentemente durante el periodo de calentamiento.
--	--	--	--

Fuente: Camacho 2005

5. 5 Composición de los abonos orgánicos

Cajamarca (2012), aporta que la calidad de abonos orgánicos se juzga por su potencial de vida, y no por su contenido de nutrientes medidos químicamente. Los abonos orgánicos constan de innumerables sustancias vitales como aminoácidos, hormonas, ácidos (especialmente húmicos y fúlvicos), enzimas y en general quelantes que como los organismos, ceden lentamente los nutrientes, protegiéndolos de la lixiviación por lluvias y de la erosión. Todas estas sustancias vitales son ignoradas por el análisis químico, que reduce solo a Nitrógeno, Fósforo y Potasio. Los diferentes elementos se dividen en dos grupos: Micro, y Macro elementos primarios y secundarios.

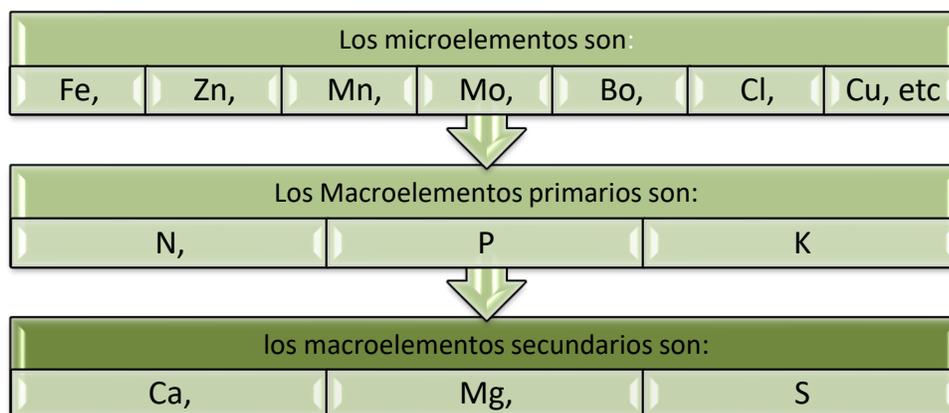


Figura 2. Macro y micro elementos

5.5.1 Descomposición y mineralización de la materia orgánica del suelo

De acuerdo con Cajamarca et al. (2012), La descomposición o mineralización de los residuos orgánicos por los microorganismos del suelo es netamente un proceso oxidativo, Una vez oxidada, lo que queda de la materia orgánica ha sido definida como humus, que es un material oscuro, heterogéneo y coloidal y responsable en gran parte de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) de los suelos. De la

energía liberada, una parte es usada por los microorganismos y el resto se queda entre los residuos o es disipada como calor. Los nutrientes liberados son esenciales para el crecimiento de las plantas y absorbidos a través de su sistema radical.

Los microorganismos del suelo que descomponen la materia orgánica comprenden principalmente a las bacterias, hongos, actinomicetos y protozoos. La descomposición de la materia orgánica tiene lugar por distintas poblaciones de microorganismos. Los compuestos de bajo peso molecular son descompuestos principalmente por levaduras saprófitas que son los colonizadores primarios. Los colonizadores secundarios utilizan materiales más complejos, como los polisacáridos. Los colonizadores terciarios metabolizan los polímeros más complejos, como la lignina. Entre algunos de los microorganismos que descomponen la materia orgánica en el suelo tenemos: *Streptomyces*spp., *Methanomonasmethanica*, *Clostridiumdisolvens*, *Clostridiumwernerii*, *Clostridiumamyloliticum*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus clavatus*, *Penicillium*sp., *Fusarium*sp. (Cajamarca 2012)

5.6 Elaboración de Abonos Orgánicos Compost

5.6.1 Compost

El compost es un abono orgánico que resulta de la descomposición de residuos de origen animal y vegetal. La descomposición de estos residuos ocurre bajo condiciones de humedad y temperatura controlada (Cajamarca 2012)

5.6.2 Los abonos orgánicos pueden clasificarse en:

Abonos microbiales: Los microorganismos benéficos más divulgados actualmente en la agricultura son micorrizas, lactobacilos, levaduras, rizobios, azobacter, levaduras y trichoderma, bacterias fotosintetizadoras etc. Estos organismos constituyen la base de múltiples preparados orgánicos.

Los abonos vegetales se caracterizan por ser de origen vegetal, pueden ser compost de superficie, residuos de cosecha, de plantas sembradas como abonos verdes (leguminosas).

Abonos de origen animal: estos abonos difieren entre sí, dependiendo de su

preparación: Fermentados anaerobios: provenientes de los procesos dados en el biodigestor, Lombricompost, es el humus originado de la digestión que hacen las lombrices de la materia orgánica. Compost aerobios, del estiércol animal; este compost se hace en presencia de aire e incluye un saneamiento por golpe de fuego. Purines, dilución en agua de estiércol fresco. - Harinas, de tejidos animales, como sangre, huesos y otros. Fango acuático, proviene del fondo de ríos y lagos. (Cajamarca 2012)

Los abonos de naturaleza mineral: provienen de minería, yacimientos marinos y mantos de origen volcánico y generalmente agregados a los compost. Se incluye la cal, la roca fosfórica, los basaltos, la escoria, la potasa entre otros.

Abonos homeopáticos: Algunos abonos orgánicos se aplican en pequeñas proporciones para energizar volúmenes grandes de otros preparados, o también son el compostaje de cultivos enfermos para propiciar respuestas homeopáticas en dichos cultivos. Abonos de yacimientos orgánicos Son turbas o lignitos los cuales liberan ácido húmico y fúlvicos para diluir y aplicar al suelo. (Cajamarca 2012)

5.7 Fundamentos Prácticos del Compostaje

De acuerdo con la FAO (2015)

5.7.1 Herramientas recomendadas

- **Horqueta y/o pala:** para agregar material, voltear y sacar el compost terminado, Tijeras de podar o trituradora: para conseguir un tamaño de partícula adecuado, de 5 a 20 cm
- **Regadera, manguera o aspersor:** para mantener una correcta humedad en el material en compostaje. **Termómetro:** para la medición de temperaturas del material en compostaje si no se tiene un termómetro, se puede usar una vara metálica o un palo de madera.
- **Tamiz:** Para el cernido del material al finalizar el proceso de compostaje y separar elementos gruesos que aún no se han descompuesto
- **Papel de pH (opcional):** para el control de la acidez durante el proceso.
- **Hay otros utensilios** que ayudan en la labor, aunque no son imprescindibles, como los rastrillos, carretillas, aireadores manuales, etc.



Figura 3. Herramientas para elaborar compost

5.8 Técnicas de Compostaje

Los factores claves a la hora de decidir una técnica son:

- Tiempo de proceso.
- Requisitos de espacio.
- Seguridad higiénica requerida.
- Material de partida (ausencia o presencia de material de origen animal).
- Condiciones climáticas del lugar (temperaturas bajo cero, vientos fuertes, lluvias torrenciales u otros eventos climáticos extremos)

Las diferentes técnicas se dividen generalmente en sistemas cerrados y sistemas abiertos. Los sistemas abiertos son aquellos que se hacen al aire libre, y los cerrados los que se hacen en recipientes o bajo techo. (FAO 2015)

5.8.1 Sistemas abiertos o en pilas

Cuando hay una cantidad abundante y variada de residuos orgánicos (sobre 1m³ o superior), se puede llevar a cabo este tipo de compostaje.

En función del manejo de las pilas en planta (espacio, tecnificación, tiempo de retención), existe una amplia variedad de formación de pilas, variando así el volumen de estas, su forma, la disposición y el espacio entre ellas.

5.8.2 Tamaño de la pila o volumen en compostaje

De acuerdo con la FAO (2015), Existen diversos sistemas de compostaje: en pilas, en cajas o composteras, abiertas o cerradas.

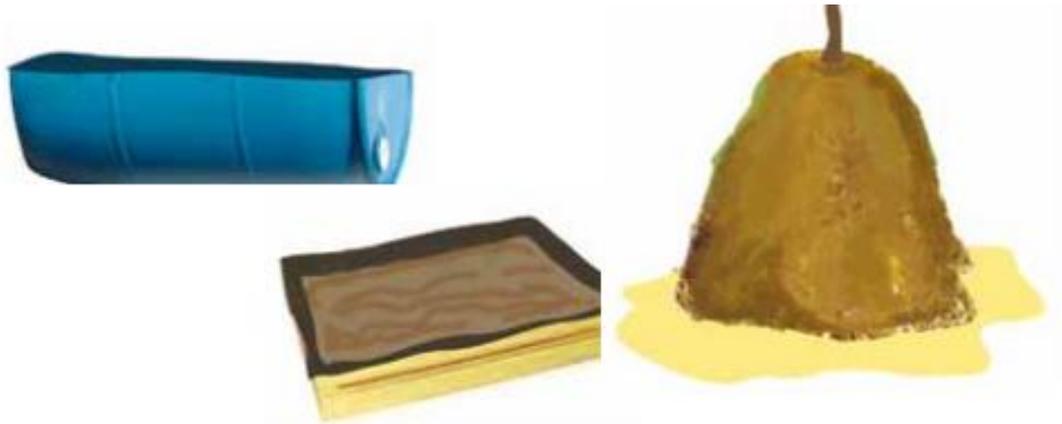


Figura 4. Sistemas de compostaje

En el caso del compostaje en pilas, el tamaño de la pila, en especial la altura, afecta directamente al contenido de humedad, de oxígeno y la temperatura. Pilas de baja altura y de base ancha, a pesar de tener buena humedad inicial y buena relación C:N, hacen que el calor generado por los microorganismos se pierda fácilmente, de tal forma que los pocos grados de temperatura que se logran, no se conservan. El tamaño de una pila viene definido por la cantidad de material a compostar y el área disponible para realizar el proceso. Normalmente, se hacen pilas de entre 1,5 y 2 metros de alto para facilitar las tareas de volteo, y de un ancho de entre 1,5 y 3 metros. La longitud de la pila dependerá del área y del manejo.

5.8.3 Dimensiones de una pila de compostaje para pequeño agricultor

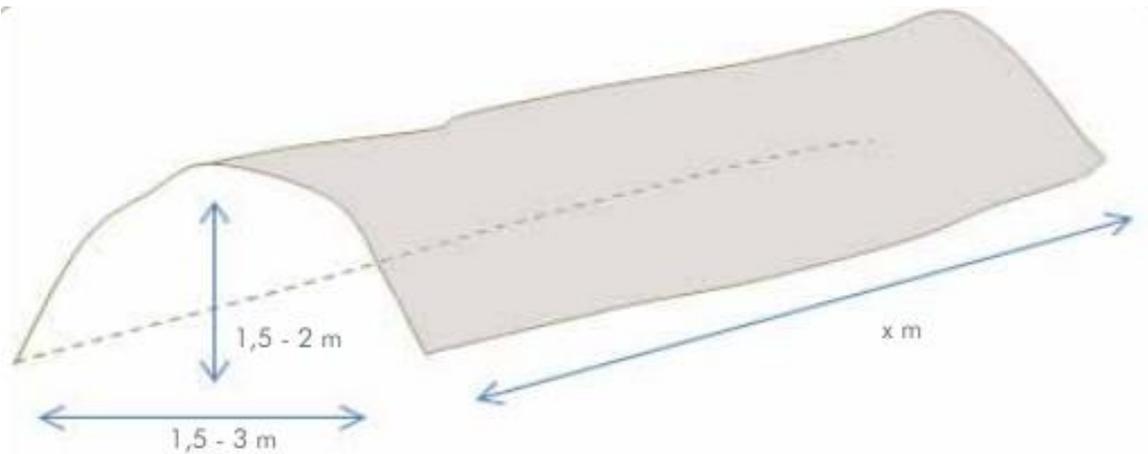


Figura 5. Dimensiones de una pila de compost

En el momento de estimar las dimensiones de la pila de compostaje, se debe tener en cuenta que durante el proceso de compostaje, la pila disminuye de tamaño (hasta un 50% en volumen) debido en parte a la compactación y en parte a la pérdida de carbono en forma de CO_2 . (FAO 2015)

5.8.4 Técnica de compostaje termofílica de hileras estáticas con aireación pasiva.

De acuerdo con CEPAGRO 2019. Este método fue desarrollado en el Departamento de Ingeniería de la Universidad Federal de Santa Catarina (UFSC), por lo que se le conoce como el “modelo UFSC”. Fue ampliamente difundido en todas las obras de Cepagro y de varias otras instituciones en Brasil y en el mundo. Las imágenes demuestran la práctica a diferentes escalas.

Patio de compostaje en la subprefectura de Lapa (São Paulo), inspirado en la Revolución de Baldinhos, con capacidad mensual para 140 toneladas de residuos orgánicos.

Montaje de una hilera de compost

El suelo debe ser plano y limpio. A continuación, delimite el área de la hilera en el suelo. En el ejemplo del dibujo tenemos el inicio de una hilera de 2x8m, cuya capacidad es de hasta 10 toneladas de residuos orgánicos por mes. (CEPAGRO 2019)

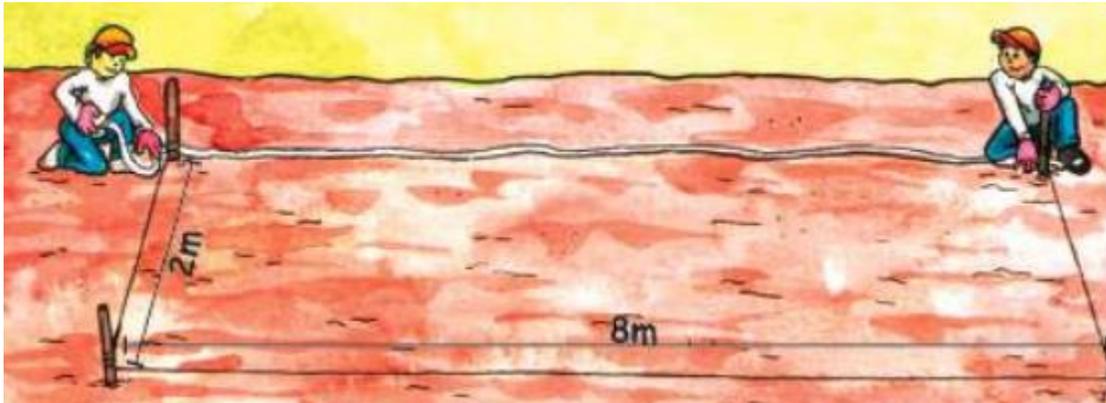


Figura 6. Delimitación de área para hilera de compostaje

Montaje

El suelo debe recibir un sistema de drenaje del mismo ancho y largo de cada hilera, y una profundidad de 0,25 m excavado en forma de V. El hoyo recibe una capa de grava y un tubo de PVC perforado, envuelto en una manta impermeable. La tubería debe tener una pendiente del 2% para conducir el líquido filtrado a una caja de hormigón, que puede ser reintroducida en la propia hilera o utilizada como abono líquido. (CEPAGRO 2019)



Figura 7. Montaje de hilera

Base

En la base de la hilera (en la parte superior del sistema de drenaje), materiales secos más voluminosos, como restos de poda, ramas y hojas de palma, permitiendo la aireación natural del sistema.



Figura 8. Base de hilera de compostaje

Primeras capas

Luego se coloca una capa de serrín o restos de poda troceados, que sirve para absorber parte de los líquidos. Encima viene una capa de compost prefabricado, que funciona como inoculante, agregando las bacterias y los hongos responsables del compostaje. Alrededor de la hilera se coloca una barrera de paja que funciona como “muro”, conteniendo los residuos y controlando el acceso de pequeños animales al interior. (CEPAGRO 2019)



Figura 9. Colocación de primeras capas de residuos

Colocando residuos

Se coloca una capa de restos de comida y otros materiales verdes y húmedos, distribuidos uniformemente a lo largo de la hilera. Con la herramienta adecuada, se debe dar la vuelta al nuevo material para incorporar las capas inferiores.



Figura 10. Colocación de desechos orgánicos en toda la hilera.

Cerrando la hilera

Sobre los restos húmedos se debe añadir una capa de serrín o restos de poda picados. Finalmente, la hilera se cubre con paja. Con cada nueva carga, la pajita superior se retira y se convierte en una “pared”. Con la pila abierta, se repiten los pasos anteriores: introducción de residuos, volteo, colocación de serrín y cobertura de paja. (CEPAGRO 2019)

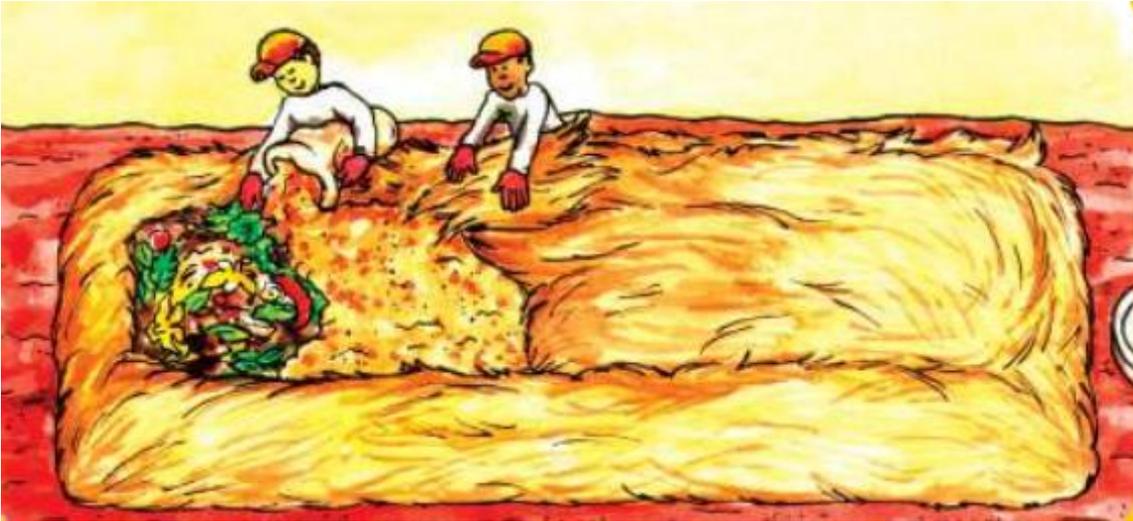


Figura 11. Cerrar la hilera de compostaje

5.9 Fases del Compostaje

De acuerdo con la FAO (2015), El compostaje es un proceso biológico, que ocurre en condiciones aeróbicas (presencia de oxígeno). Con la adecuada humedad y temperatura, se asegura una transformación higiénica de los restos orgánicos en un material homogéneo y asimilable por las plantas.

Es posible interpretar el compostaje como el sumatorio de procesos metabólicos complejos realizados por parte de diferentes microorganismos, que en presencia de oxígeno, aprovechan el nitrógeno (N) y el carbono (C) presentes para producir su propia biomasa. En este proceso, adicionalmente, los microorganismos generan calor y un sustrato sólido, con menos C y N, pero más estable, que es llamado compost. Al descomponer el C, el N y toda la materia orgánica inicial, los microorganismos desprenden calor medible a través de las variaciones de temperatura a lo largo del tiempo. Según la temperatura generada durante el

proceso, se reconocen tres etapas principales en un compostaje, además de una etapa de maduración de duración variable. Las diferentes fases del compostaje se dividen según la temperatura, en:

Cuadro 3. Fases térmicas de la compost

Fases de compostaje según la temperatura
Fase Mesófila
El material de partida comienza el proceso de compostaje a temperatura ambiente y en pocos días (e incluso en horas), la temperatura aumenta hasta los 45°C. Este aumento de temperatura es debido a 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 dos y ocho días).
Fase Termófila o de Higienización
Cuando el material alcanza temperaturas mayores que los 45°C, los microorganismos que se desarrollan a temperaturas medias (microorganismos mesófilos) son reemplazados por aquellos que crecen a mayores temperaturas, en su mayoría bacterias (bacterias termófilas), que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de C, como la celulosa y la lignina. Estos microorganismos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco por lo que el pH del medio sube. En especial, a partir de los 60 °C aparecen las bacterias que producen esporas y actinobacterias, que son las encargadas de descomponer las ceras, hemicelulosas y otros compuestos de C complejos. Esta fase puede durar desde unos días hasta meses, según el material de partida, las condiciones climáticas y del lugar, y otros factores. Esta fase también recibe el nombre de fase de higienización ya que el calor generado destruye bacterias y contaminantes de origen fecal como <i>Escherichia coli</i> y <i>Salmonella spp.</i> Igualmente, como se verá en el capítulo 3.4, esta fase es importante pues las temperaturas por encima de los 55°C eliminan los quistes y huevos de helminto, esporas de hongos fitopatógenos y semillas de malezas que pueden encontrarse en el material de partida, dando

lugar a un producto higienizado.

Fase de Enfriamiento o Mesófila II

Agotadas las fuentes de carbono y, en especial el nitrógeno en el material en compostaje, la temperatura desciende nuevamente hasta los 40-45°C. Durante esta fase, continúa la degradación de polímeros como la celulosa, y aparecen algunos hongos visibles a simple vista (Figura 4). Al bajar de 40 °C, los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio desciende levemente, aunque en general el pH se mantiene ligeramente alcalino. Esta fase de enfriamiento requiere de varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración.

Fase de Maduración.

Es un período que demora meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos.

Fuente: FAO 2015

5.10 Factores a Monitorear durante El Compostaje

El compostaje es un proceso biológico llevado a cabo por microorganismos, se deben tener en cuenta los parámetros que afectan su crecimiento y reproducción. Estos factores incluyen el oxígeno o aireación, la humedad de substrato, temperatura, pH y la relación C: N.

Externamente, el proceso de compostaje dependerá en gran medida de las condiciones ambientales, el método utilizado, las materias primas empleadas, y otros elementos, por lo que algunos parámetros pueden variar. No obstante, éstos deben estar bajo vigilancia constante para que siempre estén siempre dentro de un rango óptimo. A continuación se señalan los parámetros y sus rangos óptimos (FAO 2015).

5.10.1 Oxígeno

El compostaje es un proceso aerobio y se debe mantener una aireación adecuada para permitir la respiración de los microorganismos, liberando a su vez, dióxido de

carbono (CO₂) a la atmosfera. Así mismo, la aireación evita que el material se compacte o se encharque. Las necesidades de oxígeno varían durante el proceso, alcanzando la mayor tasa de consumo durante la fase termofílica (FAO 2015).

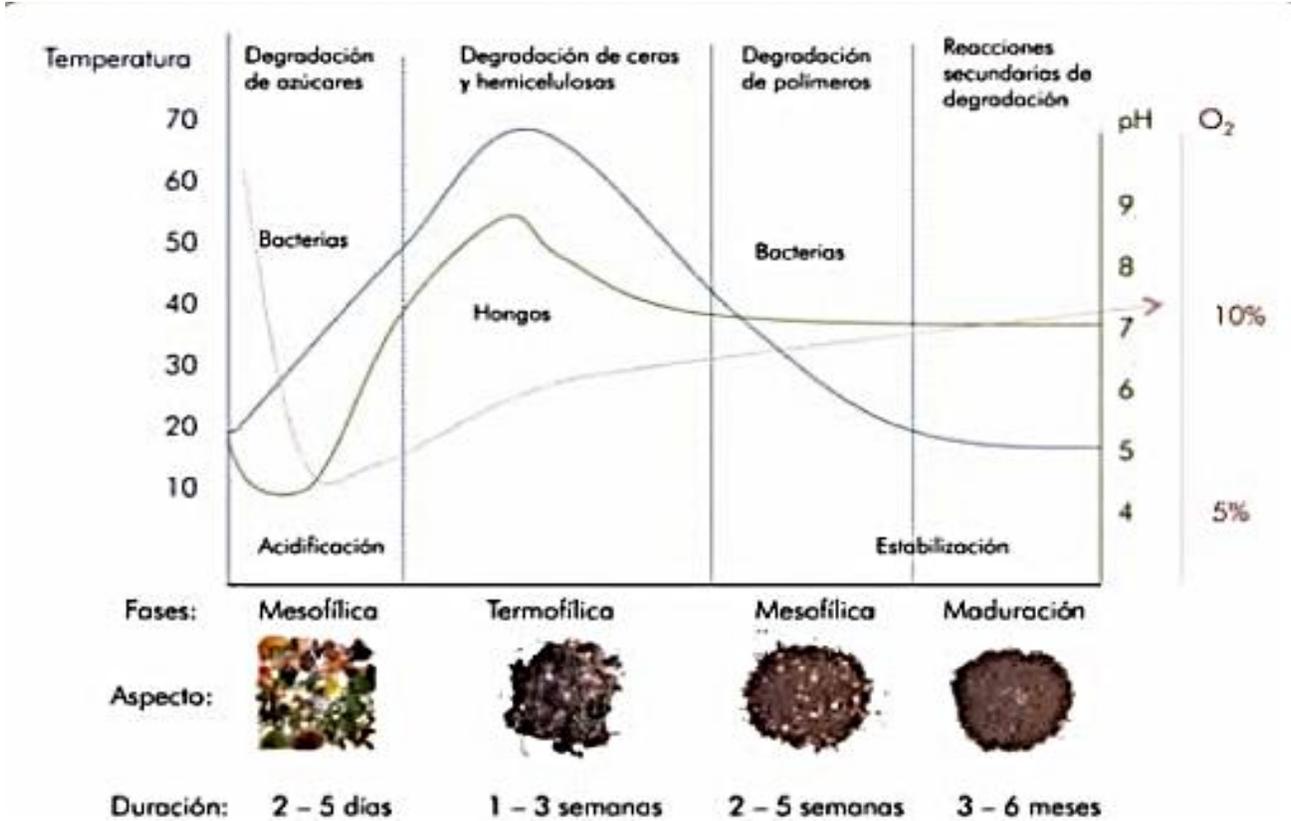


Figura 12. Parámetros óptimos de la compost

La saturación de oxígeno en el medio no debe bajar del 5%, siendo el nivel óptimo el 10%. Un exceso de aireación provocaría el descenso de temperatura y una mayor pérdida de la humedad por evaporación, haciendo que el proceso de descomposición se detenga por falta de agua. Las células de los microorganismos se deshidratan, algunos producen esporas y se detiene la actividad enzimática encargada de la degradación de los diferentes compuestos. Por el contrario, una baja aireación, impide la suficiente evaporación de agua, generando exceso de humedad y un ambiente de anaerobiosis. Se producen entonces malos olores y acidez por la presencia de compuestos como el ácido acético, ácido sulfhídrico (H₂S) o metano (CH₄) en exceso. (FAO 2015)

Cuadro 4. Oxígeno

Porcentaje de aireación	Problema		Soluciones
<5%	Baja aireación	Insuficiente evaporación de agua, generando exceso de humedad y un ambiente de anaerobiosis	Volteo de la mezcla y/o adición de material estructurante que permita la aireación .
5% - 15% Rango ideal			
>15%	Exceso de aireación	Descenso de temperatura y evaporación del agua, haciendo que el proceso de descomposición se detenga por falta de agua.	Picado del material a fin de reducir el tamaño de poro y así reducir la aireación. Se debe regular la humedad, bien proporcionando agua al material o añadiendo material fresco con mayor contenido de agua (restos de fruta y verduras, césped, purines u otros)

5.10.2 Dióxido de Carbono (CO₂)

Como en todo proceso aerobio o aeróbico, ya sea en el compostaje o aun en la respiración humana, el oxígeno sirve para transformar (oxidar) el C presente en las materias primas (substrato o alimentos) en combustible. A través del proceso de oxidación, el C se transforma en biomasa (más microorganismos) y dióxido de carbono (CO₂), o gas producido por la respiración, que es fuente de carbono para las plantas y otros organismos que hacen fotosíntesis. Sin embargo, el CO₂ también es un gas de efecto invernadero, es decir, contribuye al cambio climático.

Durante el compostaje, el CO₂ se libera por acción de la respiración de los microorganismos y, por tanto, la concentración varía con la actividad microbiana y con la materia prima utilizada como sustrato. En general, pueden generarse 2 a 3 kilos de CO₂ por cada tonelada, diariamente. El CO₂ producido durante el proceso de compostaje, en general es considerado de bajo impacto ambiental, por cuanto es capturado por las plantas para realizar fotosíntesis (FAO 2015).

5.10.3 Humedad

La humedad es un parámetro estrechamente vinculado a los microorganismos, ya

que, como todos los seres vivos, usan el agua como medio de transporte de los nutrientes y elementos energéticos a través de la membrana celular. La humedad óptima para el compost se sitúa alrededor del 55%, aunque varía dependiendo del estado físico y tamaño de las partículas, así como del sistema empleado para realizar el compostaje. Si la humedad baja por debajo de 45%, disminuye la actividad microbiana, sin dar tiempo a que se completen todas las fases de degradación, causando que el producto obtenido sea biológicamente inestable. Si la humedad es demasiado alta (>60%) el agua saturará los poros e interferirá la oxigenación del material (FAO 2015).

En procesos en que los principales componentes sean sustratos tales como aserrín, astillas de madera, paja y hojas secas, la necesidad de riego durante el compostaje es mayor que en los materiales más húmedos, como residuos de cocina, hortalizas, frutas y cortes de césped. El rango óptimo de humedad para compostaje es del 45% al 60% de agua en peso de material base (FAO 2015).

Cuadro 5. (%) Humedad

Porcentaje de humedad	Problema		Soluciones
<45%	Humedad insuficiente	Puede detener el proceso de compostaje por falta de agua para los microorganismos	Se debe regular la humedad, ya sea proporcionando agua al material o añadiendo material fresco con mayor contenido de agua (restos de fruta y verduras, césped, purines u otros)
45% - 60% Rango ideal			
>60%	Oxígeno insuficiente	Material muy húmedo, el oxígeno queda desplazado. Puede dar lugar a zonas de anaerobiosis.	Volteo de la mezcla y/o adición de material con bajo contenido de humedad y con alto valor en carbono, como serrines, paja u hojas secas.

5.10.4 Temperatura

La temperatura tiene un amplio rango de variación en función de la fase del proceso. El compostaje inicia a temperatura ambiente y puede subir hasta los 65°C sin

necesidad de ninguna actividad antrópica (calentamiento externo), para llegar nuevamente durante la fase de maduración a una temperatura ambiente.

Es deseable que la temperatura no decaiga demasiado rápido, ya que a mayor temperatura y tiempo, mayor es la velocidad de descomposición y mayor higienización (FAO 2015).

Cuadro 6. Temperaturas que se pueden obtener durante el proceso de fermentación en el compost

Temperatura (°C)	Causas asociadas		Soluciones
Bajas temperaturas (T° ambiente < 35°C)	Humedad insuficiente.	Las bajas temperaturas pueden darse por varios factores, como la falta de humedad, por lo que los microorganismos disminuyen la actividad metabólica y por tanto, la temperatura baja.	Humedecer el material o añadir material fresco con mayor porcentaje de humedad (restos de fruta y verduras, u otros)
	Material Insuficiente.	Insuficiente material o forma de la pila inadecuada para que alcance una temperatura adecuada.	Añadir más material a la pila de compostaje.
	Déficit de nitrógeno o baja C:N.	El material tiene una alta relación C:N y por lo tanto, los microorganismos no tienen el N suficiente para generar enzimas y proteínas y disminuyen o ralentizan su actividad. La pila demora en incrementar la temperatura mas de una semana.	Añadir material con alto contenido en nitrógeno como estiércol.
Altas temperaturas (T ambiente >70°C)	Ventilación y humedad insuficiente	La temperatura es demasiado alta y se inhibe el proceso de descomposición. Se mantiene actividad microbiana pero no la suficiente para activar a los microorganismos mesofílicos y facilitar la terminación del proceso.	Volteo y verificación de la humedad (55-60%). Adición de material con alto contenido en carbono de lenta degradación (madera, o pasto seco) para que ralentice el proceso.

5. 10. 5 pH

El pH del compostaje depende de los materiales de origen y varía en cada fase del proceso (desde 4.5 a 8.5). En los primeros estadios del proceso, el pH se acidifica por la formación de ácidos orgánicos. En la fase termófila, debido a la conversión del amonio en amoniaco, el pH sube y se alcaliniza el medio, para finalmente estabilizarse en valores cercanos al neutro.

El pH define la supervivencia de los microorganismos y cada grupo tiene pH óptimos de crecimiento y multiplicación. La mayor actividad bacteriana se produce a pH 6,0-7,5, mientras que la mayor actividad fúngica se produce a pH 5,5-8,0. El rango ideal

es de 5,8 a 7,2 (FAO 2015).

Cuadro 7. Valores de pH que pueden ocurrir durante el proceso de fermentación

pH	Causas asociadas		Soluciones
<4,5	Exceso de ácidos orgánicos	Los materiales vegetales como restos de cocina, frutas , liberan muchos ácidos orgánicos y tienden a acidificar el medio.	Adición de material rico en nitrógeno hasta conseguir una adecuada relación C:N.
4,5 – 8,5 Rango ideal			
>8,5	Exceso de nitrógeno	Cuando hay un exceso de nitrógeno en el material de origen, con una deficiente relación C:N, asociado a humedad y altas temperaturas, se produce amoníaco alcalinizando el medio.	Adición de material mas seco y con mayor contenido en carbono (restos de poda, hojas secas, aserrín)

5.10.6 Relación Carbono-Nitrógeno (C:N)

La relación C:N varía en función del material de partida y se obtiene la relación numérica al dividir el contenido de C (%C total) sobre el contenido de N total (%N total) de los materiales a compostar. Esta relación también varía a lo largo del proceso, siendo una reducción continua, desde 35:1 a 15:1 (FAO 2015).

Cuadro 8. Relación C:N en cuanto a material vegetativo agregado

C:N	Causas Asociadas		Soluciones
>35:1	Exceso de Carbono	Existe en la mezcla una gran cantidad de materiales ricos en carbono. El proceso tiende a enfriarse y a ralentizarse	Adición de material rico en nitrógeno hasta conseguir una adecuada relación C:N.
15:1 – 35:1 Rango ideal			
<15:1	Exceso de Nitrógeno	En la mezcla hay una mayor cantidad de material rico en nitrógeno, el proceso tiende a calentarse en exceso y se generan malos olores por el amoníaco liberado.	Adición de material con mayor contenido en carbono (restos de poda, hojas secas, aserrín)

5.10.7 Tamaño de partícula

La actividad microbiana está relacionada con el tamaño de la partícula, esto es, con la facilidad de acceso al sustrato. Si las partículas son pequeñas, hay una mayor superficie específica, lo cual facilita el acceso al sustrato. El tamaño ideal de los materiales para comenzar el compostaje es de 5 a 20 cm (FAO 2015).

La densidad del material, y por lo tanto la aireación de la pila o la retención de humedad, están estrechamente relacionados con el tamaño de la partícula, siendo la densidad aproximadamente 150 -250 kg/m³, conforme avanza el proceso de compostaje, el tamaño disminuye y por tanto, la densidad aumenta, 600-700 kg/m³ (FAO 2015).

Cuadro 9. Tamaño de partículas

Tamaño de las partículas (cm)	Problema		Soluciones
>30 cm	Exceso de aireación	Los materiales de gran tamaño crean canales de aireación que hacen bajar la temperatura y desaceleran el proceso.	Picar el material hasta conseguir un tamaño medio de 10-20 cm
5 – 30 cm Rango ideal			
<5 cm	Compactación	Las partículas demasiado finas crean poros pequeños que se llenan de agua, facilitando la compactación del material y un flujo restringido del aire, produciéndose anaerobiosis.	Volear y/o añadir material de tamaño mayor y volteos para homogenizar

5.10.8 Aporte Nutricional del Compost

Los nutrientes en el suelo, se dividen en macro- y micro- nutrientes, en función de las cantidades que la planta necesite. Los macronutrientes primarios son Nitrógeno, Fósforo y Potasio, y los secundarios son Magnesio, Azufre y Calcio. Los micronutrientes son requeridos en cantidades muy pequeñas, pero generalmente son importantes para el metabolismo vegetal y animal. Estos son el hierro, el zinc, el manganeso, el boro, el cobre, el molibdeno y el cloro. El Nitrógeno, N (1%-4% del extracto seco de la planta) es el motor del crecimiento de la planta ya que está involucrado en todos los procesos principales de desarrollo de las plantas. Un buen aporte de nitrógeno para la planta es importante también por la absorción de los otros nutrientes (FAO 2015).

El Fósforo, P (0,1% - 0,4% del extracto seco de la planta) juega un papel importante en la transferencia de energía, por lo que es esencial en la eficiencia de la

fotosíntesis. El fósforo es deficiente en la mayoría de los suelos naturales o agrícolas o donde el pH limita su disponibilidad, favoreciendo la fijación.

El Potasio, K (1%-4% del extracto seco de la planta) juega un papel vital en la síntesis de carbohidratos y de proteínas, y por ende en la estructura de la planta. El potasio mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad. Las plantas bien provistas con K sufren menos de enfermedades (FAO 2015).

El contenido en nutrientes del compost tiene una gran variabilidad (cuadro 10), ya que depende de los materiales de origen:

Cuadro 10. Aporte nutricional del compost

Nutriente	% en compost
Nitrógeno	0,3% – 1,5% (3g a 15g por Kg de compost)
Fósforo	0,1% – 1,0% (1g a 10g por Kg de compost)
Potasio	0,3% – 1,0% (3g a 10g por Kg de compost)

5.10.9 Ventajas y Desventajas del Compost

La principal ventaja que presenta el uso del compostaje es que nos permite eliminar y reciclar de una forma segura muchos tipos de residuos orgánicos biodegradables en insumos para la producción agrícola, evitando así problemas de contaminación ambiental que desencadenaría su abandono o vertido (Alvarado 2019).

5.10.9.1 Ventajas del compost

De acuerdo con Alvarado et al. (2019)

- Permite dar un segundo uso a la materia orgánica, recuperándola y reciclándola.
- Se reduce la cantidad de residuos sólidos urbanos (RSU) que se destinan a vertederos y plantas de tratamiento, evitando así problemas de contaminación de suelos o la emisión de gases nocivos a la atmósfera.
- Con su uso, se favorece la productividad de la tierra sin necesidad de aplicar otros productos químicos de síntesis, por lo que produce una serie de efectos de repercusión agro-biológica muy favorable.

- La materia orgánica aportada contribuye favorablemente a mejorar la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola, aumenta la permeabilidad hídrica y gaseosa, y contribuye a aumentar la capacidad de retención hídrica del suelo mediante la formación de agregados
- Debido a que es un fertilizante 100% natural, libre de aditivos, contribuye a mejorar la estructura del suelo, protege contra la erosión y sirve como sustrato para cultivos, jardines, parques, por lo que se considera que el compost mejora las propiedades fisicoquímicas del suelo, ya que, en el sentido químico, aporta macronutrientes como el N, P y K, al igual que micronutrientes, y mejora la capacidad de intercambio catiónico del suelo.
- La utilización de compost contribuye a mejorar la actividad biológica del suelo, ya que la materia orgánica aportada supone una fuente de energía y nutrición para los microorganismos presentes en el suelo.
- No sólo se puede utilizar como abono parcial o total, sino que también se puede utilizar como acolchado en plazas municipales, parques, etc.
- Su uso requiere un menor consumo de terreno, menor impacto sobre el paisaje, el suelo y las aguas subterráneas ya que se reduce el volumen de residuos que se va al relleno.
- Es un producto comercializable, ya que son cada vez más los agricultores y particulares que deciden elegir el compostaje para aplicar en sus cultivos, jardines, pastizales, viveros.
- Incremento de los ácidos húmicos y fúlvicos del suelo
- Lucha contra el cambio climático mediante la fijación de dióxido de carbono en los suelos, los grandes sumideros de carbono (Alvarado 2019).

Alvarado (2019), Aparte de todas las ventajas anteriormente mencionadas, también presenta ciertos beneficios sociales y económicos, como son:

- Se consolida como una buena forma de educación medioambiental
- Fomenta la participación ciudadana y valores como la responsabilidad, el

trabajo en equipo o el respeto por otras personas

Genera un ahorro en cuanto a los gastos de recolección y gestión de los residuos orgánicos para municipios, ciudades.

5.10.9.2 Desventajas del composta

Alvarado (2019), Una de las desventajas del compostaje es que se trata de un proceso para el cual hace falta una cierta inversión, ya que se necesitan una serie de equipos y en algunos casos, cierto tipo de instalaciones adecuadas para su proceso.

- La disponibilidad de terreno, ya que el compostaje requiere de una serie de terrenos diferentes para poder llevar a cabo cada una de las diferentes fases del proceso.
- La climatología, ya que, si el clima es muy frío, el proceso se alarga debido a las bajas temperaturas e incluso a veces se detiene. Las lluvias también pueden afectar al proceso de compostaje originando encharcamientos y condiciones anaeróbicas si no existe un buen drenaje, etc.
- El valor fertilizante que no es del todo cierta, y es la de que tiene fama de presentar un bajo contenido en nitrógeno y esto sólo ocurre en el caso de que se hayan producido pérdidas a lo largo del proceso como consecuencia de una mala práctica.
- Por último, se requieren cantidades mayores de compost a aplicar en los cultivos que las que habría que aplicar cuando se utilizan fertilizantes químicos ya que los nutrientes presentes en el compost se encuentran en formas muy complejas y tardan más tiempo en ser asimilados por las plantas.

VI. METODOLOGÍA

La investigación se realizó en la Universidad de El Salvador, debido a que ahí se encuentra la ubicación del terreno designado para la realización de la composta; se ubica al costado Nor-este del campus Universitario, su posición geográfica es Al norte colinda con la calle circunvalación, al Sur con la bóveda de la quebrada San Antonio, al Este con la calle circunvalación y al Oeste con terreno en vías de Expansión; ubicado en la Final 25 Avenida Norte, Ciudad Universitaria, Municipio de San Salvador, El Salvador bajo las condiciones de 698.31 m.s.n.m, Latitud: 13°71'96"72, Longitud: -89°20'21"3, Humedad: 94 %, Presión: 0.9998 Atm, Temperatura Máxima: 26.15°C y Temperatura Mínima: 22.15°C.



Figura 13. Universidad de El Salvador

6.1 Materiales, instrumentos y equipo de la investigación.

Para llevar a cabo la fase de campo se utilizaron los siguientes materiales y equipo para realizar un muestreo de los compostajes que se encontraban en proceso de descomposición:

Cuadro 11. Equipo y materiales utilizados en el estudio del compostaje

Equipo	Materiales
Cinta métrica	Bolsas ziplock
Erlenmeyer	Vasos
Termómetro	Regla
pH metro	Lápiz
Cámara	

6.2 Tipo de investigación

La investigación en estudio, por el propósito se considera básica descriptiva, debido a que se realizó como apoyo, ya que su objetivo es recabar datos de investigaciones científicas; propósito fue documentar la existencia de investigación pasadas en relación al tema en estudio; por sus niveles de profundidad se considera exploratoria, por su búsqueda de información general, descriptiva ya que sus variables son expuestas; con un aporte a la sociedad gnoseológico, presentando una nueva investigación.

6.3 Metodología de oficina.

6.3.1 Elaboración del proyecto de investigación.

El proyecto se realizó a través del Método Científico. Debido a que posteriormente se identificó el problema, luego se identificaron las principales causas de la problemática conociendo sus causas se procedió a realizar la estructuración del trabajo, iniciando con la definición del título de la investigación, se determinaron los objetivos, para luego dar paso con la recolección de información, para poder llegar armar el marco bibliográfico, el cual servirá como una herramienta útil para futuras investigaciones e implementación de abonos orgánicos como lo es el caso del

Compostaje

Fase de campo

Para el establecimiento de una pila o módulo de compostaje aéreo, con el método denominado Hilera estática de aireación pasiva

Selección del terreno: Es necesario la selección del terreno, dado que para el establecimiento de los módulos de compostaje se realizó en un terreno de topografía plan que permite optimizar la estructura de los mismos.

Limpieza de la zona: Se realizó una limpieza de la zona retirándose residuos que no son propios para el compostaje; dentro de estos se retiraron bolsas plásticas, botellas y demás residuos.

Materiales para apilamiento de los residuos: se hizo uso de materiales para estructurar la pila del compostaje y favorecer el establecimiento de los módulos de compostaje: varas de bambú con una altura de 1.20 a 1.50 cm, plástico, maya anti mosquitos, tubo de PVC de 3 pulgadas, martillo, clavos, palas.

Diseño de la estructura del compostaje: para el diseño se procedió a cercar el área o perímetro designado para el módulo, se hizo una pequeña remoción de suelo para colocar el plástico y luego colocar el tubo de PVC, este se conecta con un recipiente donde se recolectan los lixiviados del compostaje y se le coloco la maya anti mosquitos, para poder comenzar a colocar las capas del compostaje.

6.3.2 Muestreo

Para la toma de los parámetros de evaluación del compostaje fue necesario hacer un muestreo del compost que se encontraban en proceso de descomposición, identificado como **módulo 4 y módulo 5**; se tomaron varias muestras de diferentes sitios de la compostera y de su mezcla se tomó una muestra de 300 gr, Modulo 4 del periodo de feb – jul de 2021; Modulo 5, que va de un periodo de jul – oct de 2021.

Toma de datos

La temperatura fue necesario la identificación de los módulos, se procedió a tomar la temperatura con la ayuda de termómetro en dos puntos diferentes del módulo.

pH se tomaron muestras de 25 gr de cada uno de los módulos, esta muestra se deposita en un vaso el cual posee agua destilada se agita, dejándose en reposo durante 15 min para luego realizar lectura con el pH metro.

Color se tomaron muestras a distintas profundidades en toda la superficie de la pila, una vez tomada la muestra fue caracterizada con los valores y categorías que se clasificaran como (4) verdoso, (3) marrón oscuro, (2) marrón claro y (1) original.

Olor con la ayuda de un trozo de madera o palo, se procedió la manipulación de las pilas, introduciéndolo de manera vertical dentro de la pila, se dejaba reposar por tres minutos, luego se retiraba el palo de madera y se procedía a sentir el olor (aroma) a lo largo del mismo realizando el registro correspondiente; y clasificándolo (1) amoniacal fuerte (muy desagradable), (2) amoniacal ligero (desagradable), (3) neutro y (4) tierra vegetal.

Presencia de microorganismos para la identificación de microorganismos mediante fue la manipulación de la compost para realizar los anteriores ítems se observaba si había presencia de microorganismos en cada uno de los módulos.

Fase de laboratorio

En esta fase se analizó una muestra de abono orgánico con el fin de conocer la cantidad de nutrientes que aporta en sí, un abono orgánico los datos de dicho análisis se pueden ver en el Anexo 7. Fue una muestra que pertenece a FUNDESYRAM 2020. Siendo este un dato que puede ser referencia para demostrar que al lograr un equilibrio entre los desechos orgánicos se puede obtener nuevamente nutrientes de los mismos.

6.3.3 Procesamiento y análisis de datos

El método para procesar y analizar los datos de la investigación, fue el método descriptivo, se optó por este análisis debido a que se tiene un gran conjunto de datos sobre investigaciones pasadas pero también se realizó toma de datos, se hizo a través de un instrumento de medición (Anexo 1), en los que se incluyeron las siguientes características a evaluar temperatura, pH, color, olor y presencia de microorganismos.

7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

7.1 Método de Hilera estáticas de Aireación pasiva.

El método utilizado se conoce como Hileras estáticas de aireación pasiva, esta técnica se empleó para el desarrollo del compostaje en la Universidad de El Salvador por el departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente de la Facultad de Ciencias Agronómicas la cual consistió en la formación de montículos o módulos de desechos orgánicos los cuales eran recolectados del área de la cafetería y al rededores de la universidad (poda zonas verdes), debido al tipo de aireación que realiza esta técnica de forma de convección natural, la cual consiste que el aire se calienta y sale por la parte superior del módulo y el aire frío es captado o aspira por la parte baja del módulo.

7.2 Caracterización del compostaje de la Universidad de El Salvador a base de residuos de cafetines con el método de Hilera estáticas de Aireación Pasiva

En la elaboración de compostaje, (abono orgánico) en el campus, se utilizan los desechos orgánicos que se generan en los cafetines en los predios de la Universidad como el material vegetal de la poda de las zonas verdes y las hojas, ramas y troncos generados en la poda, frutas y especialmente las cáscaras de las frutas o semillas, los vegetales del corte de la grama, los sobrantes de la cocina como verduras son fuentes de insumos que pueden ser aprovechados como una solución al proceso de fertilización de nuestras plantas.

Cuadro 12. Materiales para la proceso del compostaje

Materiales	Cantidad/ tamaño de capa
Poda (zonas verdes)	5 cm de Hojarasca, 5 cm de grama
Cáscaras de las frutas o semillas	Se reúnen los residuos diarios, hasta reunir una cantidad significativa. (5 a 10 cm) se coloca una capa de forma uniforme.
Sobrantes de cocina (verduras diversas)	Se reúnen los residuos diarios (cascara de verduras, frutas) hasta reunir una cantidad significativa. (5 a 10 cm al menos un aproximado)
Microorganismos	1 litro
Suelo	2 a 3 cm

7.1.1 Procedimiento para el establecimiento de pilas o módulos de compostaje

Para la realización del establecimiento de las pilas o módulos de compostaje fue necesario realizar actividades previas para optimizar el proceso de descomposición del mismo.



Figura 14. Esquema del proceso de establecimiento de módulos

El proceso de compostaje se realizó de la siguiente forma:

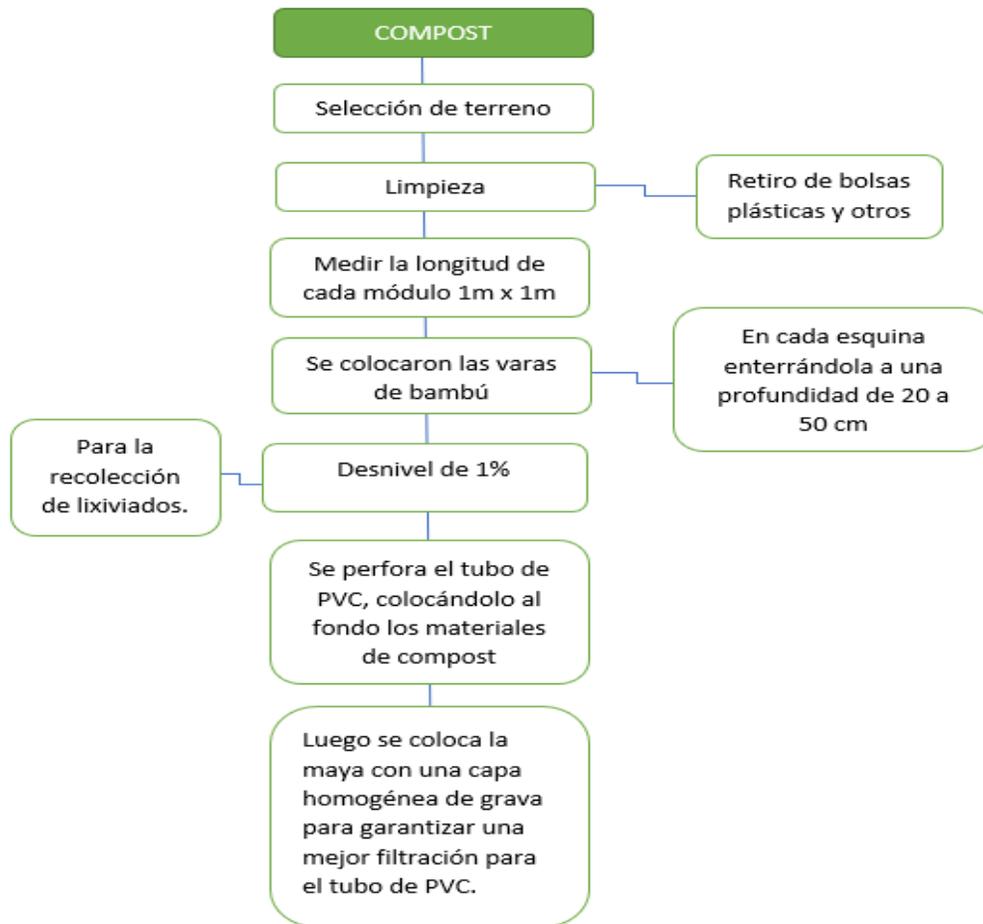


Figura 15. Proceso de establecimiento

7.1.2 Proceso de elaboración del compostaje

Cada capa que se coloca en la elaboración del compost se realiza con las proporciones que se ven reflejadas en el cuadro 12, se usan estas proporciones para que el material se pueda mover con más facilidad y de esta forma se asegura que sea homogénea la mezcla de todos los ingredientes. El orden que se colocan las capas es el siguiente; sin embargo, desde la elaboración de compost, identificado como Módulo 2, las proporciones pueden variar y esto se debe a la cantidad de residuos recolectados.



Figura 16. Ciclo de elaboración de compost

Siendo ese el ciclo que se implementa para la elaboración de la compost en la universidad de El Salvador, sin embargo para la creación de un Módulo, este es necesario alimentarlo cada semana o eventualmente cada 15 días, aunque también esta alimentación dependerá de la cantidad residuos que se obtengan diariamente, por lo general si se obtienen suficientes residuos, el ciclo de la colocación de capas puede repetirse de dos a tres veces; sin embargo si la cantidad de residuos es muy escasa solo se realiza una vez y la cantidad de microorganismos aumenta su volumen a dos litros que se aplican sobre la tierra para acelerar el proceso de fermentación y descomposición de los residuos.

Dado que estas son las etapas para realizar el compostaje dentro del campus universitario y hasta la fecha se han desarrollado más pilas o Módulos como son identificados, se procedió a realizar una pequeña evaluación en la cual se tomaron datos de diferentes parámetros como: temperatura, pH, color, olor y presencia de microorganismos.

La evaluación se realizó a dos módulos, los cuales se encontraban disponibles, fueron identificados de la siguiente forma MÓDULO 4 y MÓDULO 5.

7. 2 Los parámetros de evaluación para módulos de compostaje

7.2.1 Temperatura

La toma de temperatura se realizó a una profundidad 30 cm en las pilas de compostaje, la toma de temperatura se registró en los dos lados de la pila. (Anexo 2 y 5)

TEMPERATURA					
MODULO 4			MODULO 5		
T° 1	T° 2	PROMEDIO	T° 1	T° 2	PROMEDIO
27.1° C	27.3° C	27.2° C	29.5° C	29.9° C	29.7° C

Observaciones: El módulo 5 se encontró en proceso de descomposición es debido a eso la variación en la temperatura cabe destacar que los módulos son de diferentes periodos de elaboración.

A continuación, se muestra un gráfico (figura 11) en el cual se puede observar la temperatura entre los módulos de compost.

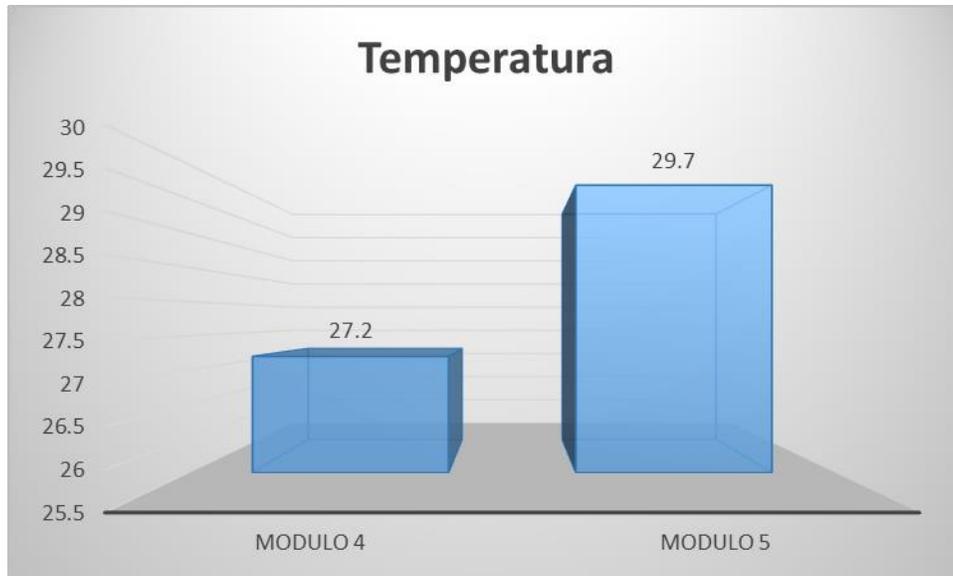


Figura 17. Temperaturas promedio que presentan los módulos.

En la figura 11. En el grafico se presentan las temperaturas obtenidas de cada uno de los módulos es decir lo siguiente el módulo 4 la temperatura promedio fue de 27.2° C teniendo en cuenta que su periodo de descomposición ha sido de feb. a jul. 2021. Para el módulo 5 su temperatura promedio es de 29.7° C considerando que dicho módulo su periodo es de descomposición es de jul. a oct. 2021. Las temperaturas mostradas en el grafico es un promedio, esto se debe a que la temperatura es cambiante y esto se debe a la etapa en descomposición en que se encuentre el módulo.

7.2.2 pH

Tomar una muestra aproximadamente de 25 gr de compost, depositarla en un vaso con 50 ml de agua destilada, agitar la muestra por 2 minutos para dejar reposar por 15 minutos y así poder realizar la medición de pH al sobrenadante. (Anexo 4)

pH
MODULO 4
7.69

7.2.3 Color

Para describir el color se deben de tomar muestras a distintas profundidades en toda la superficie de la pila (Anexo 3 y 6); una vez tomada la muestra fue caracterizada con los valores y categorías siguientes:

(4) verdoso	(3) marrón oscuro	(2) marrón claro	(1) original.
-------------	-------------------	------------------	---------------

COLOR				
MODULO 4	Cm (profundidad)	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
		10	10	10
	Valor asignado	3	3	3
MODULO 5	Cm (profundidad)	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
		10	10	10
	Valor asignado	2	4	3

Observación: El módulo 5 se encuentra en proceso de descomposición y se observan residuos orgánicos en su estado original; el tiempo de proceso de descomposición apenas llevaba un periodo de 4 meses debido a esto es que aún se podía observar residuos en este estado.

7.2.4 Olor

Para realizar este control se introdujo un palo de madera para proceder a obtener datos de las composteras identificadas como Módulo 4 y Módulo 5 utilizando el siguiente cuadro de referencia en cuanto a olores provenientes de un proceso de descomposición:

Cuadro 13. Valoración de aroma

Valor y clasificación	(1) amoniacal fuerte (muy desagradable)	(2) amoniacal ligero (desagradable)	(3) neutro	(4) tierra vegetal
------------------------------	---	-------------------------------------	------------	--------------------

Tomando en cuenta la escala de valores en el cuadro 13. Los valores que se obtuvieron para el módulo 4, se puede observar que para la muestra 1 su aroma fue de 4 considerado como un aroma a tierra vegetal, esto en cuanto la muestra 1, para la muestra 3 del mismo modulo su valor fue de 2, considerado como un aroma desagradable, este es un valor el cual difiere del anterior, pero puede deberse a que al momento de realizar los volteos no se haya logrado una homogenización de todos los extremos del módulo.

Para el caso del módulo 5 para la muestra 1, su valor obtenido fue de 3 considerado un aroma neutro, pero para sus siguientes muestras los valores fueron de 2 e incluso 1, esto se debe a que el módulo 5 aun no completaba su periodo de descomposición.

OLOR					
MODULO 4			MODULO 5		
MUESTRA	MUESTRA	MUESTRA	MUESTRA	MUESTRA	MUESTRA
1	2	3	1	2	3
4	3	2	3	2	1

Observaciones: El módulo 5 se encuentra en proceso de descomposición es por eso la obtención de esos valores para cada una de las muestras que se tomaron de dicho módulo.

7.2.5 Presencia de organismos

Mediante la observación, verificar la presencia de microorganismos en el compost.

Se observó la presencia de macroinvertebrados en el módulo 4 al momento de extraer las 3 muestras; sin embargo en la muestra 2 del módulo 4 no había existencia de macro invertebrados esto puede deberse a varios factores. Para el módulo 5 no se observó presencia de macro invertebrados en ninguna de las muestras extraídas.

En el caso de observar presencia de microorganismo se procedió a aplicar agua oxigenada a 12 volúmenes para ambos módulos. En el módulo 5 se pudo ver una reacción de efervescencia al momento de aplicar el agua oxigenada.

PRESENCIA DE MACRO Y MICROORGANISMOS			
MODULO 4	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
	Hormigas	---	Lombrices
MODULO 5	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
	---	---	---

Observaciones: El módulo 5 se encuentra en proceso de descomposición este puede ser un factor por el cual no se logró observar presencia de ningún macro invertebrado.

VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para el establecimiento de las pilas de compostaje se puede ver que se tiene en cuenta las dimensiones del tamaño de estos, en este caso para el establecimiento de los módulos se tomó en cuenta la altura de las varas de bambú, para determinar

el volumen de cada uno de los componentes o capas a colocar de los materiales a incorporar para realizar el compost, es importante de acuerdo con la FAO 2015 el estimar las dimensiones de la pila de compostaje, debido a que el proceso de compostaje, la pila disminuye de tamaño (hasta un 50% en volumen) debido en parte a la compactación y en parte a la pérdida de carbono en forma de CO₂.

Los materiales y herramientas para el establecimiento pueden variar, lo importante es realizar una buena práctica de conservación para obtener los mejores resultados en cuanto a producto final, para que este pueda proporcionar los nutrientes necesarios para las plantas y a la vez al suelo.

Es por eso realmente necesario encontrar un equilibrio en la relación de carbono y nitrógeno, según Cajamarca 2012 los materiales que se pueden utilizar se destacan hierba, residuos de tallos, ramas, en relación a materiales ricos en carbono y para el caso la incorporación de materiales ricos en nitrógeno se encuentran los residuos orgánicos de cocina, residuos verdes que para el caso de nuestros módulos son los materiales que se han utilizado para lograr una descomposición de materiales homogénea.

En cuanto a los resultados obtenidos con la ayuda del instrumento se puede observar que los módulos 4 y 50 el valor obtenido en cuanto a temperatura es 27.2 de 29.7°C un valor que se encuentra por debajo según la FAO 2015, aunque es necesario tomar en cuenta que el valor es de 65°C pero depende de la fase de descomposición que el compost se encuentre.

El pH del compost evaluado en este caso para el módulo 4, su valor fue de 7.69 y el rango ideal para un compost es de 4.5 a 8.5, quedando dentro del parámetro ideal FAO 2015; se tomó a bien solo evaluar el módulo 4 debido a que este era el módulo que presentaba mayor descomposición en cuanto a materiales orgánicos.

VIII. CONCLUSIONES

El estudio permite demostrar que aun los residuos orgánicos que se generan día con día se pueden llegar a elaborar abonos orgánicos, como lo es el compostaje que se considera como una técnica de fácil desarrollo; esta técnica es la de hileras de aireación; sin embargo se puede implementar otras para reutilizar los residuos; esto se debe a que la técnica utilizada para la implementación de compostaje dentro de la Universidad de El Salvador, permite el aprovechamiento de los residuos y se puede implementar en otras áreas.

Al lograr identificar los diferentes materiales ricos en nitrógeno y carbono tales como los desechos orgánicos cascaras de vegetales y materiales secos grama, y la implementación de la técnica de hileras de aireación para el desarrollo de una pila se aseguran un proceso de descomposición para los elementos que constituyen el compostaje y así obtener el resultado que espera de abono orgánico.

Se puede concluir que se alcanzó el objetivo de conocer el comportamiento de los parámetros que sirven como indicadores para el desarrollo de una buena compostera; dado los datos obtenidos por los parámetros de evaluación sobre los módulos 4, en cuanto a la T° los valores se encontraban entre los 27°C a 30°C.

Para el caso del pH, el dato obtenido ~~no~~ indicaba la producción de actividad bacteriana se encuentra entre el rango esperado que va de 5.8 a 7.2. El color para el módulo 4 se estaba llegando definitivamente a lo que se espera a este tipo de procesos que es un color marrón, es decir el típico color de un suelo con suficientes nutrientes.

En cuanto al olor el módulo 4 se percibía a un olor más a tierra o suelo vegetal, es decir que al respetar el tiempo y alimentar de forma correcta se obtiene el resultado de una transformación de desechos orgánicos satisfactorios de igual forma fue en dicho modulo que se observó mayor presencia de macro organismos los cuales fueron de mucha ayuda para el proceso de descomposición.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado G. 2019. Ventajas y desventajas del compostaje. (En Línea). España. Consultado 5 feb. 2022. Disponible en <https://www.fertibox.net/single-post/ventajas-compost>
- Álvarez S. 2009. Investigación de campo para desarrollar un acondicionador de suelos. (En línea). Consultado 10 oct. 2021. Disponible en [http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/344/1/INVESTIGACION DE CAMPO PARA DESARROLLAR UN ACONDICIONADOR DE SUELO S.pdf](http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/344/1/INVESTIGACION_DE_CAMPO_PARA_DESARROLLAR_UN_ACONDICIONADOR_DE_SUELO_S.pdf)
- Ansorena J. 2014. Evaluación de la calidad y usos del compost como componente de sustratos, enmiendas y abonos orgánicos. (En línea). Consultado 1 sept. 2021. Disponible en https://issuu.com/horticulturaposcosecha/docs/140711evaluar_compost_ansorena
- Cajamarca D. 2012. Procedimientos para la elaboración de abonos orgánicos. (En línea). Tesis Ing. Agr. Quito, Ecuador. Consultado 18 oct. 2021. Disponible en <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3277/1/TESIS.pdf>
- Camacho N. 2005. Manual de Buenas Prácticas para el Manejo de Cuencas Hidrográficas. (En línea). Consultado 18 oct. 2021. Disponible en https://rmportal.net/library/content/Water_Watershed_Management/panama-documents/manual-de-buenas-practicas-para-el-manejo-de-ch.pdf/view
- CEPAGRO (El Centro de Estudos e Promoção da Agricultura de Grupo). 2019. REVOLUÇÃO DOS BALDINHOS: A TECNOLOGIA SOCIAL DA GESTÃO COMUNITÁRIA DE RESÍDUOS ORGÂNICOS E AGRICULTURA URBANA. (En línea). Brasil. 32 p. consultado 18 abr. 2022
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura). 2015. MANUAL DE COMPOSTAJE DEL AGRICULTOR. (En línea). Santiago de Chile. Consultado 2 nov. 2021. Disponible en <https://www.fao.org/docrep/019/i3388s/i3388s.pdf>
- FAPESC (La Fundación de Apoyo a la Investigación e Innovación del Estado de Santa Catarina). 2017. Critérios técnicos para elaboração de projeto, operação e monitoramento de pátios de compostagem de pequeno porte. (En línea). Santa Catarina, Brasil. 48 p. consultado 18 abr. 2022

Martinez, R. (2004). Fundamentos culturales, sociales y económicos de la agroecología. (En línea). San José, Costa Rica. Vol. I-II, núm. 103-104, 2004, pp. 93-102. Consultado el 19 abr. 2022. Disponible en https://campus.ues.edu.sv/pluginfile.php/5734962/mod_resource/content/1/fundamentos%20agroecol%C3%B3gicos.pdf

Raudez M. 2009. Manual de conservación de suelos. (En línea). Honduras. Consultado 20 ago. 2021. Disponible en https://www.se.gob.hn/media/files/media/Modulo_3_Manual_Conseervacion_de_Suelos..pdf

Rodríguez J. 2008. Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino: Manual de compostaje. (En línea). España. Consultado 9 sept. 2021. Disponible en https://www.miteco.gob.es/images/es/Manual%20de%20compostaje%202011%20PAGINAS%201-24_tcm30-185556.pdf

UNCUYO (Universidad Nacional de Cuyo). 2019. (En línea). Dossier de Agroecología - ISSN 51(1):1853-8665. Consultado 15 oct. 2021. Disponible en http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-86652019000100015

X. Anexos

Anexo 1. Instrumento de toma de datos



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO
AMBIENTE
INGENIERIA AGROINDUSTRIAL



EVALUACION DE CARACTERISTICAS DE COMPOST

Tema: Caracterización de propiedades biológicas de ingredientes provenientes de desechos de cocina y poda de jardines para la elaboración de compost en Universidad de El Salvador.

Indicaciones: Los parámetros a evaluar con la ayuda de este instrumento son de temperatura, pH, color, olor, presencia de organismos (bacterias).

- **Temperatura**

Se debe realizar a una profundidad 30 cm en pilas de compost, la toma de temperatura se registró en los dos lados de la pila.

Temperatura		
Toma 1	Toma 2	Promedio

Observaciones: _____

- **pH**

Tomar una muestra aproximadamente de 25 gr de compost, depositarla en un vaso con 50 ml de agua destilada, agitar la muestra por 2 minutos para dejar reposar por 15 minutos y así poder realizar la medición de pH al sobrenadante.

pH	

Observaciones: _____

- **Color**

Para describir el color se deben de tomar muestras a distintas profundidades en toda la superficie de la pila, una vez tomada la muestra fue caracterizada con los valores y categorías siguientes:

(3) marron oscuro	(2) marron claro	(1) original.
-------------------	------------------	---------------

Color					
Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3	
Profundidad	Valor	Profundidad	Valor	Profundidad	Valor

Observaciones: _____

- **Olor**

Para realizar este control se deberá introducir un palo de madera limpio en forma perpendicular dentro de la pila, se dejar en reposar por tres minutos, luego sacar el palo de madera y se sentir el olor a lo largo del mismo realizando el registro correspondiente; clasificación del olor:

Valor y clasificación	(1) amoniacal fuerte (muy desagradable)	(2) amoniacal ligero (desagradable)	(3) neutro	(4) tierra vegetal
-----------------------	---	-------------------------------------	------------	--------------------

Olor	
Muestras (pila)	Valor

Observaciones: _____

- **Presencia de organismos**
Mediante la observación, verificar la presencia de organismos en el compost

Presencia de organismos	
Muestra	Organismo

Observaciones: _____

FOTOGRAFÍAS DE DÍA DE TOMA DE DATOS

Anexo 2. Toma de temperatura de módulo 4; dato obtenido 27. 3



Anexo 3. Muestras tomadas con diferentes alturas para identificar el color, módulo 4



Anexo 4. Medición de pH módulo 4



Anexo 5. Toma de temperatura de módulo 5; dato obtenido 29.5



Anexo 6. Muestras tomadas con diferentes alturas para identificar el color, módulo 5



Anexo 7. Análisis realizado a abono orgánico


MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA
CENTA
CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGRICULTURA Y FORESTAL "ENRIQUE ACOSTA CORDON"

LABORATORIO DE QUÍMICA AGRÍCOLA
labquimica@centa.gob.sv / grecia.henriquez@centa.gob.sv

San Andrés, 11 de diciembre de 2020.

Nombre de la empresa: FUNDESYRAM – FORTALECIMIENTO AL MAOES
Responsable: Ing. José Jesús Córdova Miranda
Tipo de muestra: Abono orgánico
Producto: Compost ECO-CORMI
Lugar de recolección de muestra: Planta de producción, Apaneca
Fecha de recibido: 25/11/2020

RESULTADOS (BASE SECA)

No.	Identificación	% Humedad	% N	% P	% K	% Ca	% Mg	% Zn	% Cenizas
416P	Compost ECO-CORMI	10.17	1.70	0.36	1.07	3.57	0.60	0.01	56.80

Nota: Este informe de análisis se basa en una muestra de material recibida por el laboratorio, el proceso de muestreo ha sido responsabilidad del interesado.

Químico Analista: Inga. Grecia de Chávez


 Inga. Grecia Henríquez de Chávez
 Jefa del Laboratorio de Química Agrícola



Km 33 ^{1/2} carretera a Santa Ana, Ciudad Arce, La Libertad, El Salvador. CENTA - Laboratorio de Química Agrícola
 Teléfono (503) 2397 - 2269; Comutador 2397-2200 ext. 269
www.centa.gob.sv

Anexo 8. Análisis realizado a biofertilizante



GOBIERNO DE
EL SALVADOR

MINISTERIO
DE AGRICULTURA
Y GANADERÍA



CENTA
CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA Y FORESTAL
"ENRIQUE ALVAREZ CORDOVA"

LABORATORIO DE QUÍMICA AGRÍCOLA
labquimica@centa.gob.sv / grecia.henriquez@centa.gob.sv

San Andrés, 11 de diciembre de 2020.

Nombre de la empresa: **FUNDESYRAM – FORTALECIMIENTO AL MAOES**
 Responsable: **Ing. José Jesús Córdova Miranda**
 Tipo de muestra: **Biofertilizante**
 Producto: **Folcompost ECO-CORMI**
 Lugar de recolección de muestra: **Planta de producción, Apaneca**
 Fecha de recibido: **25/11/2020**

RESULTADOS (BASE HÚMEDA)

No.	Identificación	Densidad g/mL	% N	% P	% K	% Ca	% Mg	% S	% Fe	% Cu	% Mn	% Zn
421P	Folcompost ECO-CORMI	1.0004	0.04	0.006	0.16	0.02	0.009	ND	0.001	0.0002	0.0001	0.0006

ND: no detectable
Nota: Este informe de análisis se basa en una muestra de material recibida por el laboratorio, el proceso de muestreo ha sido responsabilidad del interesado.

Químico Analista: Lic. Amanda de Arévalo



Inga. Grecia Henríquez de Chávez
Jefa del Laboratorio de Química Agrícola



Km 33 ^{1/2} carretera a Santa Ana, Ciudad Arce, La Libertad, El Salvador. CENTA - Laboratorio de Química Agrícola
 Teléfono (503) 2397 – 2269; Comutador 2397-2200 ext. 269
 www.centa.gob.sv