

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



**TESINA:**

**EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS DEL ABONO ORGÁNICO GENERADO CON LA METODOLOGÍA UFSC, A PARTIR DE RESIDUOS DEL CAFETÍN CENTRAL DE LA UES.**

**POR:**

**GLENDA GUADALUPE PALMA MELARA**

**SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA, 2023**

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



**TESINA:**

**“EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS DEL ABONO ORGÁNICO GENERADO CON LA METODOLOGÍA UFSC, A PARTIR DE RESIDUOS DEL CAFETÍN CENTRAL DE LA UES”**

**POR**

**GLENDA GUADALUPE PALMA MELARA**

**REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERA AGRÓNOMO**

**SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA, 2023**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR**

MSc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

**SECRETARIO GENERAL**

MSc. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS**

**DECANO**

DR. FRANCISCO LARA ASENCIO

**SECRETARIO**

ING. AGR. MSc. BALMORE MARTINEZ SIERRA

**JEFE DEL DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES  
Y MEDIO AMBIENTE.**

ING. MSc. JOSÉ MAURICIO TEJADA ASCENCIO

**ASESOR DIRECTOR**

ING. MSc. JOSE MAURICIO TEJADA ASCENCIO

**TRIBUNAL CALIFICADOR**

ING. MSc. PhD. MIGUEL ÁNGEL HERNÁNDEZ MARTÍNEZ

ING. MSc. JOSÉ MAURICIO TEJADA ASCENCIO

ING. AGR. MAECE. NELSON BERNABÉ GRANADOS ALVARADO

**COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACION**

ING. AGR. MAECE. NELSON BERNABÉ GRANADOS ALVARADO

Esta investigación fue realizada al finalizar el curso de especialización de “gestión integral de sistemas productivos agroecológicos” bajo la dirección del comité de investigación indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito para obtener el Título de:

### **Ingeniera Agrónomo**

### **Comité de Tesina**

---

Ing. Agr. MSc. José Mauricio Tejada Asensio  
Tutor de Tesina

---

Ing. MSc. José Mauricio Tejada Asensio  
Jefe Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente

---

Ing. Agr. MAECE. Nelson Bernabé Granados Alvarado  
Coordinador de Procesos de Graduación  
Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente

## **Agradecimientos**

### **A Dios todo poderoso**

Por haberme guiado en todo el camino por darme la fortaleza y la sabiduría necesaria para tomar decisiones y enfrentar los retos de cada día, por la oportunidad y las bendiciones recibidas antes y durante mis estudios realizados para culminar con satisfacción una de las metas más importante de mi vida.

### **Alma mater.**

Por haberme dado la oportunidad de ser parte del grupo tan selecto de estudiantes a los que han formado nuestra querida Universidad de El Salvador.

### **A la Facultad de Ciencias Agronómicas**

A todo el personal docente por su valiosa labor a lo largo de mi formación académica en cadauna de las áreas del conocimiento de la carrera, como del departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente.

### **A mi asesor de tesina**

Ing. Agr. José Mauricio Tejada Asencio mil gracias por su apoyo y su colaboración durante toda la realización de esta investigación y por compartir sus conocimientos y asesorarme de la mejor manera.

Ing. Agr. Juan Carlos Romero Quintanilla mil gracias por su apoyo, quien ha estado disponible siempre colaborando y compartiendo de sus conocimientos.

A mis hermanas y en especial a Blanca Imelda Palma Melara por su apoyo incondicional y palabras de aliento en los momentos difíciles de la carrera.

## **Dedicatoria**

### **En memoria de mi padre Ricardo Palma**

Quien estuvo a mi lado siempre a pesar de toda limitante y me permitió alcanzar todas mis metas y objetivos motivándome con sus excelentes palabras y ejemplo quien me apoyo con conocimientos prácticos en la agricultura.

### **A mi madre**

Erlinda Melara De Palma por estar siempre conmigo y por el gran sacrificio que ella ha realizado para que pueda salir adelante quien me apoyo con consejos y con sus conocimientos, por lo que ahora doy las gracias por culminar esta fase de mi vida logrando titularme. Así mismo a los que no creyeron en mí, también formaron parte fundamental para culminar esta anhelada meta.

### **A mis amigos**

José Ignacio Rivera Menjívar mil gracias por haberme tenido fe y por brindarme su apoyo incondicional, amistad, comprensión durante los últimos años de la carrera.

Mariella Reneé Burgos Bonilla por haberme brindado su amistad y compañerismo estos últimos años. Y darme palabras de aliento en los momentos difíciles de la carrera.

María Iveth Hernández López por haberme brindado su amistad y compañerismo en estos últimos años.

Héctor Alcides Díaz Urías por su apoyo y su colaboración durante la realización de la investigación. A mis seres queridos que me apoyaron y estuvieron conmigo en el transcurso de la carrera en especial a Luis Alberto Beltrán López, Ludwing Vladimir Leyton Barrientos y Elías Antonio Vásquez Osegueda. Para todos mis excelentes compañeros de clase y amigas que junto a ellos pasamos muchos gratos momentos de la vida estudiantil.

## Índice

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
I. Introducción .....	1
II. Planteamiento del problema de investigación .....	2
III. Objetivos .....	3
3.1. Objetivo general.....	3
3.2. Objetivos específicos .....	3
IV. Estado del arte .....	4
V. Revisión bibliográfica.....	6
5.1. Abonos orgánicos .....	6
5.2. Compost.....	7
5.3. Residuos orgánicos .....	7
5.4. Composición de los residuos orgánicos .....	7
5.4.1. El compostaje de los residuos orgánicos .....	8
5.5. Descripción del proceso de compostaje .....	9
5.5.1. Manejo del proceso de compostaje.....	12
5.5.2. Proceso de compostaje.....	12
5.5.3. Factores que influyen en el proceso de compostaje.....	12
5.5.4. Madurez y calidad del compost .....	13
5.5.5. Criterios de calidad que se deben de tener en cuenta al valorar el compost producido.....	14
5.5.6. Clasificación de calidad del compost compost clase A .....	14
5.5.7. Compost clase B: .....	15
5.6. Requisitos según la norma NCH2880- 2003.....	15
5.6.1. Requisito de la materia prima .....	15
5.6.2. Productos que no se deben incluir como materia prima para compostaje .....	15
5.6.3. Requisito físico – químico .....	16
5.6.4. Requisitos específicos para compost orgánico características del compost.....	16
5.7. Compostaje pasivo en pilas estáticas .....	19
5.7.1. Hilera estática .....	19
5.7.2. Aireación pasiva .....	19



5.7.3.	Pilas con aireación pasiva.....	20
VI.	Metodología.....	25
6.1.	Descripción del Lugar de estudio.....	25
6.2.	Materiales y equipo.....	26
6.3.	Tipo de investigación.....	26
6.4.	Metodología de oficina.....	26
6.5.	Metodología de campo.....	26
6.6.	Metodología del compostaje.....	27
6.7.	Metodología de laboratorio.....	27
6.7.1.	Análisis físico.....	28
6.7.2.	Análisis químico.....	29
6.7.3.	Análisis biológico.....	30
6.8.	Análisis e interpretación de los resultados.....	30
VII.	Análisis de resultados.....	31
7.1.	Parámetros físicos.....	31
7.2.	Parámetros químicos potencial Hidrógeno (pH).....	33
7.3.	Parámetros biológicos.....	37
VIII.	Conclusiones.....	39
IX.	Bibliografía.....	40
X.	Anexos.....	47

## Índice de cuadros

	<b>Página</b>
Cuadro 1. Temperaturas y tiempo de exposición requerido para la destrucción de algunos parásitos y organismos patógenos. ....	17
Cuadro 2. Límites microbiológicos según diferentes normas.....	18
Cuadro 3. Distribución de la microbiota durante las diferentes etapas del compostaje expresado en unidades formadoras de colonia por gramo. ....	18
Cuadro 4. Contenido de nutrientes presentes en el abono orgánico de acuerdo a las normas correspondientes, deben cumplir con los requisitos que se muestran. ....	36
Cuadro 5. Resultados obtenidos en el laboratorio .....	37
Cuadro 6. Resultados obtenidos en el laboratorio de microbiología para determinar bacterias mohos y levaduras. ....	38

## Índice de figuras

	<b>Página</b>
Figura 1. Comportamiento de la temperatura, composta piloto. ....	12
Figura 2. Pila con aireación pasiva.....	20
Figura 3. Delimitación de área para hilera de compostaje.....	21
Figura 4. Instalación del sistema de drenaje. ....	21
Figura 5. Base de hilera de compostaje. ....	22
Figura 6. Montaje de hilera.....	22
Figura 7. Colocación de primeras capas de residuos.....	23
Figura 8. Colocación de desechos orgánicos.....	23
Figura 9. Cerrar la hilera de compostaje por cada capa.....	24
Figura 10. Destapar para incorporar los restos de alimentos.....	24
Figura 11. Cerrar la hilera totalmente.....	25
Figura 12. Mapa de ubicación del área de estudio.....	25
Figura 13. Resultados obtenidos de granulometría por tamices .....	32

## Índice de anexos

	<b>Página</b>
Anexo 1. Alimentación al montículo.....	47
Anexo 2. Tamizado del compost, separación de partículas de mayor tamaño. ....	47
Anexo 3. Medición de humedad .....	47
Anexo 4. Tamizado del compost (a). Recolección de muestra. (b). pesado de la muestra .....	48
Anexo 5. Rotulación de muestra. ....	48
Anexo 6. Identificación de color con la tabla Munsell.....	48
Anexo 7. (a) Colocación de tamiz de mayor a menor mesh (b) pesado del restante de cada tamiz.....	49
Anexo 8. Tamaño de partícula por cada tamiz. ....	49
Anexo 9. Determinar la densidad para cada fracción. ....	49
Anexo 10. Identificación de materiales en el compost. ....	50
Anexo 11. Identificación del tamaño de partículas a) 2 mm, b) 1 mm, c) 0.5 mm, d) 0.25 mm, e) 0.125 mm, f) < 0.125 mm. ....	51
Anexo 12. Cálculo de densidad. ....	51
Anexo 13. Resultado del análisis de los parámetros químicos.....	52
Anexo 14. Resultado del análisis de los parámetros microbiológicos. ....	53
Anexo 15. Cuadro de determinación de colores en muestras de compost, utilizando tabla Munsell para suelos. ....	53
Anexo 16. Cuadro de características generales de un compost comercial aceptable. ....	54
Anexo 17. Cuadro de rango de los parámetros más significativos para el compost .....	54
Anexo 18. Parámetros microbiológicos NTC 5167. ....	55

## Resumen

Con el objetivo de determinar los parámetros físicos, químicos y biológicos del abono orgánico generado bajo la metodología UFSC (Universidad Federal de Santa Catarina) utilizando residuos orgánicos del cafetín universitario se realizó la investigación en el campus de la Universidad de El Salvador, esta consistió en tres fases; siendo: la descripción del lugar, con coordenadas latitud Norte 13°43'08.83 y Longitud Oeste 89°12'01.21" de donde se realizaron los montículos de compostaje dentro de la Facultad de Ciencias Agronómicas; la fase de laboratorio que se llevó a cabo en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agronómicas, en el cual se realizaron los análisis físicos mientras que parámetros químicos y biológicos se realizaron en el laboratorio acreditado posteriormente se realizó una fase denominada análisis y discusión de resultados en donde los resultados fueron analizados y comparado con la normachilena NCH 2880-2003. Los resultados en los parámetros físicos del compost presentaron un color pardo oscuro, olor agradable a tierra, granulometría el 39.38% son partículas en el rango de 2 a 5 mm donde se observó la presencia de residuos como cascarones de huevo, terrones, piedra pómez, raíces, ramillas y hojas. La concentración de nutrimentos fue de 0.66% Nitrógeno (N), 0.13% fósforo (P), 0.34% potasio (K), 0.22% magnesio (Mg), 4.7% calcio (Ca), 1.99% hierro (Fe) y 239.01 ppm de manganeso (Mn), mientras que el Sodio (Na) siendo un valor ligeramente superior que al ser utilizado en mezcla no representa riesgos debido a que se sobresalió de los niveles recomendados con 0.28%. Se considera un compost inmaduro debido a que no se desarrolló las 4 fases del compostaje sin embargo por sus características físicas posee aportes de macro y micronutrientes. En los análisis biológicos, no se encontró presencia del agente contaminante *Echerichia coli* en las muestras de compost.

**Palabras clave:** residuos orgánicos, abono orgánico, compostaje, compost, análisis.

## Abstract

With the objective of determining the physical, chemical and biological parameters of the organic compost generated under the UFSC (Federal University of Santa Catarina) methodology using organic waste from the university cafeteria, the research was carried out on the campus of the University of El Salvador, this consisted of three phases; being: the description of the site, with coordinates North latitude 13°43'08.83 and West longitude 89°12'01. 21" from where the compost heaps were made within the Faculty of Agronomic

Sciences; the laboratory phase was carried out in the soil laboratory of the Faculty of Agronomic Sciences, in which the physical analyses were carried out while the chemical and biological parameters were carried out in the accredited laboratory; then there was a phase called analysis and discussion of results where the results were analyzed and compared with the Chilean standard NCH 2880-2003. The results in the physical parameters of the compost showed a dark brown color, pleasant earthy odor, particle size 39.38% are particles in the range of 2 to 5 mm where the presence of residues such as eggshells, clods, pumice, roots, twigs and leaves was observed. The concentration of nutrients was 0.66% nitrogen (N), 0.13% phosphorus (P), 0.34% potassium (K), 0.22% magnesium (Mg), 4.7% calcium (Ca), 1.99% iron (Fe) and 239.01 ppm of manganese (Mn), while sodium (Na). being a slightly higher value than when used in a mixture does not represent risks because it exceeded the recommended levels with 0.28%. It is considered an immature compost because it has not developed the 4 phases of composting, however, due to its physical characteristics, it has contributions of macro and micronutrients. In the biological analyses, no presence of the contaminating agent *Escherichia coli* was found in the compost samples.

**Key words:** organic wastes, organic manure, compost, compost, analysis.

## **I. Introducción**

Las cantidades de residuos orgánicos que se producen por diversas actividades agrícolas y restos de hortalizas en el ámbito doméstico son considerados importante debido a las diversas alternativas para reciclar la mayoría de estos residuos orgánicos.

La técnica del compostaje es considerada como una forma de aprovechamiento simple y de bajo costo, así como también una alternativa o metodología ambiental para convertir estos residuos orgánicos en un producto o abono de alta calidad, logrando reducir el efecto contaminante y a la vez permitir su reutilización en la restauración de los suelos y en la nutrición de las plantas.

El compostaje es una técnica que se ha utilizado desde hace mucho tiempo, se puede definir como un proceso biológico en la cual la cantidad de los microorganismos aceleran el proceso de descomposición de la materia orgánica (restos de fruta, verduras, hojarasca y materia vegetal), permitiendo obtener un producto final homogéneo conocido como compost.

El compost es utilizado como enmienda orgánica en el suelo, con el objetivo de mejorar su estructura, aportar nutriente, aumentar su capacidad de retención de agua, mejorar aireación y aumentar la fertilidad natural de los suelos. También puede ser utilizado como sustrato para la producción y multiplicación de plantas.

En la actualidad el aprovechamiento de residuos orgánicos de distintos orígenes es una práctica habitual en la agricultura es por ello que debemos conocer los parámetros físico, químico y biológico presente en el abono orgánico generado con la metodología UFSC (Universidad Federal de Santa Catarina) CEPAGRO (2016), que consiste en el proceso de compostaje termofílico de hilera estática de aireación pasiva. Ya que el interés por utilizar esta técnica ha ido aumentando debido a las nuevas tendencias ecológicas a nivel nacional y a las 5,682.54 libras de residuos orgánicos que se generan en los últimos cuatro meses en el cafetín central de la UES (Universidad de El Salvador) y de ahí el interés de reciclarlos para utilizarlos de la manera más económica.

Este estudio busca tener la investigación a disposición para replicar esta metodología de compostera de hilera estática de aireación pasiva. Al evaluar los parámetros físicos, químico y biológico del compost se obtuvo la información técnica para utilizarlo en la agricultura, y

Con ello beneficiar cooperativas y agricultores de bajos recursos, ayudando en buena medida a reducir la dependencia de uso de fertilizantes químicos y disminuir así los costos de producción.

Los resultados más relevantes como la concentración de nutrimentos siendo con 0.66% Nitrógeno (N), 0.13% fósforo (P), 0.34% potasio (K), 0.22% magnesio (Mg), 4.7% calcio (Ca), 1.99% hierro (Fe) y 239.01 ppm de manganeso (Mn), y el Sodio (Na) siendo un valor ligeramente superior que al ser utilizado en mezcla no representa riesgos debido a que sobrepasa de los niveles recomendados con 0.28%. Según los parámetros medidos el compost se clasifica según la norma NCH2880- 2003 como un compost inmaduro con buenas características físicas, que puede ser usado como un producto para hacer enmiendas de suelos o ser utilizados en los cultivos en forma de mezcla, con importante aporte nutricional en macro y micronutrientes. Con ello se marca un precedente el cual generara información básica para futuras investigaciones, ya que en El Salvador actualmente no se cuenta con estudio realizado con esta metodología.

## **II. Planteamiento del problema de investigación**

La transformación de los residuos orgánicos en compost es muy antigua, siendo efectuada por generaciones en diversas partes del mundo, con la intuición de devolver a la tierra la materia orgánica retirada (Muñoz 2018). El hombre ha sido un agente activo transformador de su medio, los residuos sólidos son desechos, desperdicios o sobrantes de las actividades humanas (Rodríguez 2011).

En nuestro país, la población en general no presenta una cultura de interés en el destino de los residuos, la mayor preocupación es la necesidad de contar con un servicio de recolección de los mismos. Una vez que fueron retirados de la vista de los generadores, para muchos ya está resuelto el problema. No hay mucho interés en efectuar una reducción importante en la generación, como base para un manejo sustentable, para lograr la preservación de los recursos naturales y tampoco interés en los mecanismos de disposición final, salvo que ellos representen una amenaza para la salud en los casos de poblaciones circundantes.

La basura se considera uno de los problemas ambientales más grandes de nuestra sociedad. La población y el consumo per cápita crece, La acumulación de desechos sólidos/basura, puede causar más de 40 enfermedades, desde un simple dolor de estómago hasta infecciones severas que podrían ocasionar la muerte como la hepatitis, la tuberculosis, el cólera, entre otras. Otra

amenaza debido al cúmulo de desechos es formar una barrera de contención del flujo del agua, que produciría inundaciones locales y, como consecuencia, la erosión y la pérdida de suelos fértiles. Al mismo tiempo el mal manejo de los desechos sólidos provoca contaminación del agua, aire, suelo, de los ecosistemas y el deterioro del paisaje (CESTA s.f.).

Durante los últimos dos años los insumos sintéticos han aumentado de precio de dos a tres veces su precio original, dificultando el poder adquisitivo del pequeño productor, causando el bajo rendimiento de los cultivos; agregado a esto la variación en las condiciones ambientales, la contaminación de suelos y agua, y la susceptibilidad de las zonas de reproducción conllevan a un déficit alimentario nacional y mundial.

El traslado de los desechos sólidos es una actividad que incurre en elevados costos, además se enfrenta con la limitante del hábito cultural de separar desperdicios orgánicos de los plásticos y el reciclar los desperdicios de cocina para reducir los volúmenes de desechos en forma de “basura” es poco o escaso en la Universidad y a nivel nacional.

**Pregunta problema:** ¿será adecuado el abono orgánico elaborado a partir de residuos orgánicos del cafetín de la UES bajo la metodología UFSC, para el desarrollo de los cultivos y ser utilizado sin que exista riesgos a la salud humana?

### **III. Objetivos**

#### 3.1. Objetivo general

Evaluar los parámetros físicos, químicos y biológicos del abono orgánico generado bajo la metodología UFSC (Universidad Federal de Santa Catarina) en el campus universitario.

#### 3.2. Objetivos específicos

- Comprobar los parámetros físicos: color, olor y tamaño de partícula del abono orgánico
- Determinar la cantidad de nutrientes mayores y menores que aporta el abono orgánico.
- Identificar la presencia o ausencia de agentes microbianos que se encuentran en el abono orgánico que representen un riesgo a la salud humana.
- Facilitar las recomendaciones técnicas para el uso de los resultados obtenidos en los parámetros físicos, químicos y biológicos realizados en el análisis de las muestras en el laboratorio.



#### **IV. Estado del arte**

El compostaje se presenta como una tecnología sostenible para el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. Esta tecnología permite la valorización de los residuos orgánicos mediante la degradación y estabilización de su contenido en materia orgánica (Barrena 2006). El compostaje ha sido considerado una buena alternativa de aprovechamiento para la gestión de residuos sólidos orgánicos, según Rodríguez (2011) en su artículo sobre los residuos sólidos en Colombia, donde considera que la producción de compost como medida de aprovechamiento es útil para acondicionar suelos con el fin de mejorar su textura y aprovechar nutrientes.

Desde que la agricultura se inventó, hace cerca de 5.000 años, los campesinos aseguraron la fertilidad de sus campos mediante materiales orgánicos. Después de la II Guerra Mundial, esta práctica fue abandonada en los países desarrollados siendo sustituida por fertilizantes químicos, producidos a bajo costo a partir de la energía derivada del petróleo (Amigos de latierra 2009). En los años 70, muchos municipios de Brasil adoptaron el compostaje e instalaron las llamadas “plantas de compostaje y separación”, en que los residuos domiciliarios llegaban sin ninguna selección previa (Muñoz 2018).

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 y Sagastume 2009).

En el Salvador más de la mitad de los desechos sólidos son de naturaleza orgánica, cuyo aprovechamiento principal es la elaboración del compost. El resto son desechos inorgánicos, de los cuales alrededor de dos terceras partes pueden ser recuperados y transformados en nuevos productos (Alarcón y Guardado 2013).

Existen diferentes alternativas que, integradas, ayudan a controlar y aliviar la crisis creada por las grandes cantidades de desperdicios sólidos que generamos. Una de estas alternativas es la preparación de composta (Pico 2002). Los principios básicos del compostaje han sido apreciados y usados a lo largo de los siglos, aunque con distinta intensidad según la situación económica y social de la época. Últimamente ha vuelto a recuperarse debido al crecimiento desmesurado de la generación de residuos, problemas de suelos pobres de materia orgánica (Rivero 2014).

En el Método UFSC, la arquitectura de la hilera es de suma importancia, ya que es el principal factor que garantiza la correcta aireación del proceso. Se pueden operar tanto manualmente (a mano) como mecánicamente (utilizando tractores con cargadora de ruedas, por ejemplo). El tipo de operación definirá la arquitectura de la hilera (formato y dimensiones). Las dimensiones de la hilera varían según la disponibilidad de espacio, pero es importante que su ancho no supere los 2 metros, para permitir la entrada de aire dentro de la hilera. La duración será de acuerdo a la planificación y dinámica. Del patio de compostaje y áreas disponibles, generalmente entre 1 y 20 metros. Común preferentemente de forma rectangular, las hileras son montones regulares de la mezcla de materia seca (rica en carbono) y materia orgánica (rica en nitrógeno).

En Masaya, el organismo Masaya sin Fronteras obtiene abono orgánico por medio del compostaje de la basura orgánica proveniente del mercado municipal de la ciudad; la alcaldía de Ciudad Sandino en Managua, también está preocupada por la contaminación provocada por la basura proveniente del mercado de la ciudad, ha capacitado a un equipo de obreros agrícola, para trabajar en el proceso de transformación de la basura en abono orgánico compostado (Rojas Pérez y Zeledón Vílchez 2007).

En República Dominicana el uso de las enmiendas orgánicas es cada vez mayor. Sin embargo, los productores las aplican sin conocer sus niveles nutricionales ni sus características biológicas y físicas (Pérez et al 2008).

Evaluación de algunos abonos orgánicos procedentes de la zona de Solimán en República Dominicana reportó que el contenido nutricional era bajo en el material compostado. Recomendó mejorarlos mediante la incorporación de otras fuentes con mayores contenidos nutricionales (Pérez et al 2008).

Alarcón y Guardado (2013) realizaron un estudio de la producción de compostaje orgánico en el Centro de Reciclaje y Compostaje del municipio de San Rafael Obrajuelo, departamento de La Paz, en donde determinaron que al principio del proyecto la limitante fue que la población no estaba familiarizada completamente con el acto de reciclar y la materia prima no era suficiente, pero que con el paso del tiempo esta actividad ha tenido un crecimiento significativo y aceptación por parte de la población en los últimos años.

En España un gran porcentaje de los residuos orgánicos se deposita en vertederos, ya que

todavía se recoge un 82% de manera mezclada, y solo se gestiona algo más del 16% de los biorresiduos mediante compostaje (Amigos de la tierra 2015).

En el 2015 la sede Orinoquia de la Universidad Nacional de Colombia implemento un proceso de compostaje a base de residuos sólidos orgánicos como laboratorio auto sostenible en la granja El Cairo, para realizar estudios de agroecología (Carmona 2017).

Según CEPAGRO (2016), 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.

Según Tejada *et al* (2020), realizaron un estudio en el periodo de noviembre de 2019 hasta agosto del 2021, con diversos módulos. Dichos módulos se establecieron en la parcela de prácticas del departamento de Fitotecnia en relación al compostaje de materia orgánica utilizando una compostera de hilera estática de aireación pasiva. Su objetivo fue tomar los parámetros físicos: temperatura y humedad. Parámetros Químicos: pH, Potasio (K), Fosforo(P), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Cobre (Cu). Obteniendo resultados favorables entre los cuales se puede mencionar: un pH neutro, muy alto contenido en fosforo y potasio, alto contenido en calcio y magnesio, muy bajo contenido en cobre.

## **V. Revisión bibliográfica**

### **5.1. Abonos orgánicos**

Es el material resultante de la descomposición natural de la materia orgánica por acción de los microorganismos presentes en el medio, los cuales digieren los materiales, transformándolos en otros beneficios que aportan nutrientes al suelo y, por tanto, a las plantas que crecen en él. Es un proceso controlado y acelerado de descomposición de los residuos, que puede ser aeróbico o anaerobio, dando lugar a un producto estable de alto valor como mejorador del suelo. (INCA 2014).

Los abonos orgánicos tienen altos contenidos de nitrógeno mineral y cantidades significativas de otros elementos nutritivos para las plantas. Dependiendo del nivel aplicado, originan un aumento en los contenidos de materia orgánica del suelo, en la capacidad de retención de

humedad y en el pH, también aumentan la disponibilidad de potasio, calcio y el magnesio; en cuanto a las propiedades físicas mejoran la infiltración de agua, la estructura del suelo y la conductividad hidráulica; disminuyen la densidad aparente y la tasa de evaporación, así como promueven un mejor estado fitosanitario de las plantas (INCA 2014).

De acuerdo con Arango (2017), antes de que aparecieran los fertilizantes químicos en sus diferentes formas, la única manera de abastecer los nutrientes en las plantas y reponer aquellos extraídos del suelo por los cultivos, era mediante la utilización de abonos orgánicos.

### **5.2.Compost**

Según Mosquera (2010), la composta es un abono orgánico que servirá para mejorar la tierra del jardín y para alimentar las plantas. Es un abono orgánico, sólido, que se obtiene cuando los microorganismos degradan los residuos orgánicos vegetales o animales en condiciones Aeróbicas (con aire) y anaeróbicas (en ausencia de aire). Es un producto asimilable por las plantas (INIA 2008).

### **5.3.Residuos orgánicos**

Son aquellos residuos que se descomponen naturalmente, presentan la característica de poder desintegrarse o degradarse rápidamente, transformándose en otro tipo de materia orgánica. Se procesan generalmente por alguna técnica de compostaje y provienen de hogares, industrias, plantas de tratamiento, la agricultura, la horticultura y la silvicultura, entre otros (UNA. s.f.).

Los residuos orgánicos son aptos para la elaboración o consumo de alimentos, poda de árboles y corte de pasto de las áreas verdes, así como otros residuos vegetales y animales susceptibles de ser utilizados como insumo de la producción de composta, la cual aplicada al suelo propicia el buen desarrollo de las plantas proporcionándoles nutrientes y haciéndolas más resistentes a las plagas y enfermedades; además de retener el agua del suelo y evitar su erosión (TecNM. s.f.).

### **5.4.Composición de los residuos orgánicos**

La materia orgánica que forma los suelos tiene una composición compleja, no siendo menos la de los residuos orgánicos susceptibles de ser aplicados. Básicamente en los suelos está formada por lo siguiente: Residuos de plantas y animales poco alterados o producto de la descomposición parcial de los mismos. Biomasa del suelo, formada por materia viva microbiana y otros seres vivos, que no suele superar el 5 % del total orgánico de los suelos (Navarro *et al* 1995).

En los residuos orgánicos en general, participan en su composición sustancias orgánicas sencillas y de formulación definida, relacionadas directamente con su origen y otras de complejidad estructural grande formadas en muchas ocasiones en los procesos de tratamiento de los residuos por acción de los micro organismos que actúan sobre ellos. La materia orgánica incorporada a los suelos está sujeta a una serie de transformaciones que nos relacionan las formas vivas y no vivas de ésta (Navarro *et al* 1995).

#### **5.4.1. El compostaje de los residuos orgánicos**

El compostaje es un proceso microbiológico aerobio, que, mediante la secuencia de fases mesófilas y termofílicas, permite la transformación de materiales orgánicos frescos en un producto higienizado, maduro y biológicamente estable. Este tratamiento permite eliminar o minimizar el riesgo de propagación de patógenos y parásitos, lo que, junto con la estabilidad y madurez del material, son los principales requisitos que se deben alcanzar en un compost para poder utilizarlo como enmienda orgánica o componentes de sustratos (Magri 2020).

El compostaje es considerado como una forma adecuada para el reciclaje de este tipo de residuos, ya que ayuda a resolver el problema de su eliminación, a reducir las emisiones de gases efecto invernadero y también dar lugar al compost, que funciona como un agente mejorador de suelos. Este producto final puede ser utilizado para fines agrícolas y sobre todo para recuperar los suelos degradados en zonas semiáridas, debido a que su incorporación al suelo en condiciones adecuadas aumenta la fertilidad (UNA.s.f).

La elaboración de compost que también se conoce como biotierra no es una práctica nueva pues se elabora desde hace siglos en el Asia. Es una técnica relativamente simple que puede ser aplicada en cualquier lugar en que se originen desechos orgánicos, ya que no es más que la elaboración de humus fuera del suelo. De esa manera los desechos orgánicos se transforman en un biofertilizante de alta calidad nutritiva y mejorador de las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo. (Peña *et al* 2002).

Según Peña *et al* (2002), el compostaje es una técnica de estabilización y tratamiento de residuos orgánicos biodegradables. El calor generado durante el proceso (fase termófila) va a destruir las bacterias patógenas, huevos de parásitos y muchas semillas de malas hierbas que pueden encontrarse en el material de partida, dando lugar a un producto higienizado.

De acuerdo con Peña *et al* (2002), la elaboración de compost es el resultado de una actividad biológica compleja que se realiza en condiciones particulares por lo que, no resulta de un único proceso. Es en realidad, la suma de una serie de procesos metabólicos complejos procedentes de la actividad integrada de un conjunto de microorganismos. Los cambios químicos y especies involucradas en el mismo varían de acuerdo a la composición del material que se quiere compostar. El producto obtenido al final de un proceso de compostaje recibe el nombre de compost y posee un importante contenido en materia orgánica y nutriente, pudiendo ser aprovechado como abono orgánico o como sustrato.

### **5.5.Descripción del proceso de compostaje**

El compostaje es un proceso biológico aerobio, que bajo condiciones de aireación, humedad y temperaturas controladas y combinando fases mesófilas (temperatura y humedad medias) y termófilas (temperatura superior a 45%), transforma los residuos orgánicos degradables, en un producto estable e higienizado, aplicable como abono o sustrato (Peña *et al* 2002).

Según MARM y Amigos de la tierra (2009), el proceso de compostaje consiste en la degradación de la materia orgánica mediante su oxidación y la acción de diversos microorganismos presentes en los propios residuos. Este proceso de descomposición de la materia orgánica dura aproximadamente entre cinco y seis meses.

**Proceso de descomposición:** dividida en cuatro fases,

**Fase de latencia y crecimiento:** se trata del período de aclimatación de los microorganismos a su nuevo medio y el inicio de la multiplicación y colonización de los residuos. Esta fase viene durando de dos a cuatro días y, se inicia con la degradación por parte de las bacterias de los elementos más biodegradables. Como consecuencia de la acción de estas primeras bacterias mesófilas (Actúan a temperaturas medias, aproximadamente hasta 50° C) se comienza a calentar la pila de residuo y se observa la emanación de vapor de agua en la parte superior de la materia vegetal.

Según MMA y CEPAGRO (2017), la fase inicial Puede durar de 15 a 72 horas y se caracteriza por la liberación de calor y la elevación rápida de la temperatura hasta alcanzar los 45°C. Esto sucede por la expansión de colonias de microorganismos mesófilos. E intensificación de la acción de descomposición

**Fase termófila:** dependiendo del material de partida y de las condiciones ambientales, el proceso puede durar entre una semana, en sistemas acelerados, y uno o dos meses en sistemas de fermentación lenta. Como consecuencia de la intensa actividad de las bacterias y el aumento de la temperatura alcanzado en la pila de residuos, provoca la aparición de organismos termófilos (bacterias y hongos). Estos organismos actúan a temperaturas mayores (entre 60 y 70° C), produciendo una rápida degradación de la materia. La Temperatura alcanzada durante esta fase del proceso garantiza la higienización y eliminación de gérmenes patógenos, larvas y semillas. Pasado este tiempo disminuye la actividad biológica y se estabiliza el medio.

Según MMA y CEPAGRO (2017), la fase termófila Se inicia cuando la temperatura supera los 45°C, predominando la franja de 50 a 65°C, cuando tiene lugar la plena acción de los microorganismos termófilos, con intensa descomposición de material y liberación de calor y vapor de agua. La aireación se intensifica, porque el aire caliente (más ligero) asciende favoreciendo la entrada de aire más frío por debajo de la hilera (proceso de convección).

**Fase mesófila:** la disminución de la temperatura se produce por reducción de la actividad de los microorganismos, degradación de sustancias orgánicas más resistentes y pérdida de humedad. Mientras que la fase termófila está dominada por bacterias, a partir de esta etapa, los hongos actinomicetos juegan un papel igualmente importante (MMA y CEPAGRO 2017).

**Fase de maduración:** es un período de fermentación lenta (puede llegar a durar 3 meses), en el que la parte menos biodegradable (la más resistente) de la materia orgánica se va degradando. La temperatura de la pila va disminuyendo lentamente al igual que la actividad de las bacterias, produciéndose la colonización de la pila por todo un mundo de organismos y microorganismos que ayudan a la degradación de esas partes menos biodegradables del residuo. (MARM y Amigos de la tierra 2009).

Según MMA y CEPAGRO (2017), la fase de maduración se produce con la formación de humus, cuando disminuye la actividad de los microorganismos. Y el compuesto pierde su capacidad de auto calentarse. A partir de esta etapa se produce la descomposición. Los procesos son muy lentos y continuarán hasta que el compost se aplique al suelo, liberando nutrientes. Las cuatro etapas del compostaje descritas ilustran el proceso que tiene lugar en una hilera. Sin

embargo, Para conocer con más detalle los procesos físicos y químicos involucrados, se puede considerar sólo dos fases: **Fase Activa y Fase de Maduración.**

**La Fase Activa comprende las fases Inicial, Termófila, hasta casi el final de la Mesófila,** presenta una duración media de 90 días. También llamada fase de degradación, se caracteriza por las reacciones bioquímicas de oxidación-reducción y la rápida descomposición de polisacáridos y proteínas, que se descomponen en azúcares simples y aminoácidos. En esta etapa, la mayor reducción en volumen y peso de la pila de compost, debido a la liberación de calor, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y agua

**La Fase de Maduración comienza al final de la Fase Mesófila y tiene lugar en los últimos 30 días**

Después de la Fase Activa, cuando se produce la humificación de la materia orgánica (formación de humus) y la descomposición de ácidos orgánicos y de partículas más grandes y resistentes, como la celulosa y lignina. Se caracteriza por neutralizar el pH, reducir la relación carbono/nitrógeno y aumentar de la capacidad de intercambio catiónico (CTC) que indica la capacidad del suelo o compost orgánico para hacer que los cationes estén disponibles para las plantas (MMA y CEPAGRO 2017).

Según tejada *et al* (2020), el proceso de descomposición de la materia orgánica se da en tres fases que son:

- Fase de latencia y crecimiento (T° 15 y 45°C)
- Fase termófila (T° 45 y 70°C)
- Fase de maduración (T° inferior a 40°C)

En cuanto al comportamiento de la temperatura en la composta piloto que realizaron se registró una temperatura mínima de 24.0°C y una temperatura máxima de 61.0°C se observó que durante el proceso de alimentación de composta (la cual se realizaba cada dos días) se mantenían temperaturas máximas elevadas, esto debido al proceso de descomposición en el interior, así mismo se registraron temperaturas bajas cada vez que se abría la composta para alimentar. Una vez se terminó de alimentar la composta el comportamiento de la temperatura empezó a decrecer hasta mantener un rango estable (ver figura 1).



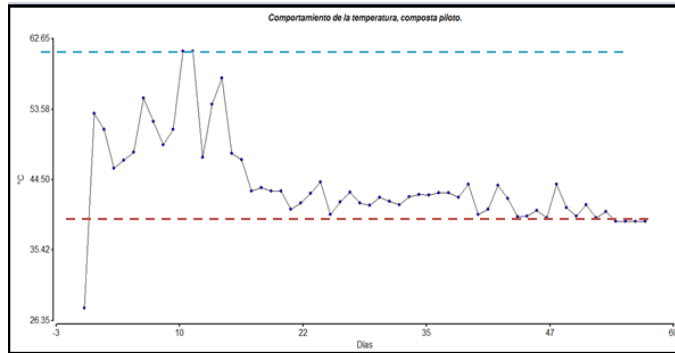


Figura 1. Comportamiento de la temperatura, composta piloto.

**Fuente:** Tomado de Tejada *et al.* 2020.

### 5.5.1. Manejo del proceso de compostaje

La manera en la cual es manejado el proceso de compostaje, determinará el éxito de la operación. Estos están destinados a producir compost de calidad en el menor tiempo posible, reducir al mínimo los olores, la contaminación generadas por los residuos y sus lixiviados y otros problemas relacionados con el proceso. Además, un buen manejo ayuda a mejorar el uso de los materiales, equipos, terreno y mano de obra (UDLA 2006).

### 5.5.2. Proceso de compostaje

Cualquier proceso de degradación de materia orgánica en presencia de oxígeno puede ser considerado como abono. Sin embargo, la forma en que diferentes factores (humedad, aireación, temperatura), se combinan y controlan es lo que caracteriza a los diferentes métodos de compostaje (CEPAGRO 2017).

### 5.5.3. Factores que influyen en el proceso de compostaje

El compostaje se basa en el proceso biológico realizados por los microorganismos, por esto se ve afectado por todos aquellos factores que influyan en el crecimiento y actividad de estos microorganismos. De este modo se pueden señalar que los principales factores que condicionan el proceso de compostaje son tipo de sustrato (residuos), aireación o presencia de oxígeno, contenido de humedad, pH y relación carbono/nitrógeno. Estos factores condicionan y determinan el desarrollo del proceso y la obtención de un producto final de calidad (UDLA 2006).

**Temperatura.** Se considera optimas las temperaturas del intervalo 35 – 55 °C para conseguirla eliminación de patógenos, parásitos y semillas de malas hierbas. A temperaturas muy altas,

muchos microorganismos interesantes para el proceso mueren y otros no actúan al estar esperando.

**Humedad.** En el proceso de compostaje es importante que la humedad alcance unos niveles óptimos del 40 –60 %. Si el contenido en humedad es mayor, el agua ocupará todos los poros y por lo tanto el proceso se volvería anaeróbico, es decir se produciría una putrefacción de la materia orgánica. Si la humedad es excesivamente baja se disminuye la actividad de los microorganismos y el proceso es más lento, el contenido de humedad dependerá de las materias primas empleadas, para materiales fibrosos o residuos forestales gruesos la humedad máxima permisible es del 75 –85 % mientras que, para material fresco, esta oscila entre 50 –60 % (Mendoza y Vigil 2012).

**pH.** Influye en el proceso debido a su acción sobre microorganismos. En general los hongos toleran un margen entre 5 – 8 de pH mientras que las bacterias tienen menor capacidad de tolerancia de (pH= 6– 7. 5).

**Oxígeno.** El compostaje es un proceso aeróbico, por lo que la presencia de oxígeno es esencial, la concentración de oxígeno dependerá del tipo de material, textura, humedad, frecuencia de volteo y de la presencia o ausencia de aireación forzada. Para una óptima actividad biológica aeróbica, el aire dentro de la pila debe tener los niveles de oxígeno de entre un 5% y 15%. Los niveles más bajos de oxígeno crearán olores y reducirán la eficiencia del compostaje, una aireación excesiva enfriará la pila, retardará el proceso de compostaje, y no proporcionará los patógenos deseados para la reducción de vectores (Mendoza y Vigil 2012).

#### **5.5.4. Madurez y calidad del compost**

De acuerdo con UDLA (2006), la duración del proceso de compostaje es variable y dependerá de diversos factores tales como sistema de compostaje utilizado, materiales utilizados, condiciones climáticas, manejos realizados, entre otros. Según (Soto y Meléndez 2004), la Calidad de un abono está dada por el uso que se le quiera dar. Lo que puede ser considerado como un abono de muy buena calidad para un productor de banano, puede ser considerado inefectivo o poco práctico que para el productor de hortalizas. Algunos criterios en la calidad de los abonos son:

**Mejorador de la bioestructura del suelo:** para algunos investigadores, como Ana Primavesi, conocida ecóloga de suelos de Brasil, en el trópico húmedo no se debe invertir tanto esfuerzo en la producción de compost, sino que esta energía debería emplearse en la creación de sistemas que aporten desechos frescos, ya que solo así se lograría una mayor sostenibilidad y un mayor impacto en la bioestructura del suelo (Soto y Meléndez 2004).

**Mejorador de las características del suelo sin daños de contaminación y al cultivo:** la madurez del compost se considera una característica muy importante para asegurar que no haya problemas de fitotoxicidad e inocuidad de los materiales (Soto y Meléndez 2004).

#### **5.5.5. Criterios de calidad que se deben de tener en cuenta al valorar el compost producido**

**Humedad.** La mayoría de los abonos orgánicos en Nicaragua y Costa Rica se comercializan con un 40% de humedad, con la excepción del bocashi y la gallinaza, comercializado con porcentajes de humedad por debajo del 20%. La selección de la mejor humedad para comercializar un producto es un balance de criterios entre la humedad mínima que favorezca la actividad microbiana y reducir los costos de transporte de materiales muy húmedos. En general, se considera que los abonos orgánicos con un 40% presentan un buen balance entre estos dos factores (Soto y Meléndez 2004).

**Granulometría.** Está muy relacionada con el aspecto y la facilidad de manejo y puede condicionar su uso. Este parámetro es particularmente importante cuando el destino del material vaya a ser el de sustrato. En ciertos casos una granulometría muy fina, además de dar problemas en la utilización (exceso de polvo), puede ser debida a un tratamiento de molturación fina para esconder cierto tipo de impurezas. (Mendoza y Vigil 2012).

**Control de patógenos.** El compost debe ser también examinado en los aspectos relacionados con la salud de las personas, animales y vegetales. Durante el compostaje se alcanzan temperaturas elevadas que prácticamente pueden asegurar la desaparición de patógenos animales y vegetales siempre que se asegure que toda la masa ha alcanzado estas temperaturas (Mendoza y Vigil 2012).

#### **5.5.6. Clasificación de calidad del compost compost clase A**

Producto de alto nivel de calidad que cumple con las exigencias establecidas en esta norma para el compost clase A. este producto no presenta restricciones de uso, debido a que ha sido sometido

a un proceso de humificación. Puede ser aplicado a masetas directamente y sin necesidad que sea previamente mezclado con otros materiales.

#### **5.5.7. Compost clase B:**

Producto de nivel intermedio de calidad que cumple con las exigencias establecidas en esta norma para compost clase B. este producto presenta algunas restricciones de uso. Para ser aplicado a macetas, requiere ser mezclado con otros elementos adecuados.

#### **Compost inmaduro o subestándar:**

Materia orgánica que ha pasado por las etapas mesofílica y termofílica del proceso de compostaje, donde ha sufrido una descomposición inicial, pero no ha alcanzado las etapas de enfriamiento y maduración necesarias para obtener un compost Clase A o Clase B. es un producto que se debe mezclar para ser aplicado para no producir hambre de nitrógeno. (Mendoza y Vigil 2012).

### **5.6.Requisitos según la norma NCH2880- 2003**

#### **5.6.1. Requisito de la materia prima**

- Las materias primas para el compostaje deben provenir de residuos vegetales y animales que aporten materia prima orgánica no contaminada para ser procesada.
- Se consideran fuentes hábiles de materias primas para compostaje, aquellas que producen, *in situ*, los materiales compostables siguiente:
- Residuos orgánicos de la producción agrícola de frutas, hortalizas, legumbres, cereales, fibras aceites comestibles, tabaco y otros similares.
- Residuos orgánicos de producción pecuaria primaria. (Mendoza y Vigil 2012).

#### **5.6.2. Productos que no se deben incluir como materia prima para compostaje**

- Carne, huesos y pescado; ya que produce malos olores.
- Plantas y frutos enfermos o gran cantidad de vegetales podridos por los olores y el grado de putrefacción.
- Los excrementos de animales domésticos y de personas tiene patógenos.
- Ceniza y aserrín de madera tratada o aglomerados. Colas y barnices. Esto es muy tóxico.

- Por supuesto cualquier material que no sea orgánico y biodegradable: plásticos, vidrio, etc. (Mosquera 2010).

### **5.6.3. Requisito físico – químico**

**Color:** en general, el abono tendrá una coloración café oscura o negra.

**Olor:** el olor característico del abono orgánico es fácilmente identificable y conocido, como el olor a suelo de bosque. Puede utilizarse como indicador de madurez.

**Tamaño de partícula:** el tamaño de partícula es pequeño, menor a 2 mm (Soto y Meléndez 2004).

### **5.6.4. Requisitos específicos para compost orgánico características del compost**

Según INN (2003), el compost producido en una planta de compostaje o individualmente en el jardín domiciliario, se puede utilizar como abono o como tierra humus. Según la época en la que se aporta a la tierra y el cultivo, pueden encontrarse dos tipos de compost.

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

**Compost inmaduro:** materia orgánica que ha pasado por las etapas mesofílica y termofílica del proceso de compostaje, pero no ha alcanzado las etapas de enfriamiento y maduración requeridas para obtener un compost maduro.

### **Microbiología**

Según Ramírez (2013), en el proceso de compostaje, trabajan distintos grupos de microorganismos los cuales cumplen funciones específicas a lo largo de todas las etapas que lo componen. Se distinguen claramente tres grupos consumidores primarios, secundarios y terciarios, estos se pueden subdividir según origen orgánico y función en el proceso.

**Bacterias:** organismos unicelulares numerosos en el interior de pila, son los más pequeños y están presente a lo largo de todo el proceso. Son capaces de degradar moléculas complejas como proteínas, lípidos y grasas en otras más simples.

**Actinomicetos:** son un grupo de bacterias específico dentro del compost, son menores en número comparado con las anteriores, pero tiene la capacidad de degradar moléculas complejas como celulosa, lignina, quitina y proteínas, también se caracterizan por producir antibióticos y el humus como resultado final. Son organismos multicelulares presentes con una gran masa, sin embargo, son escasos en número, viven en la superficie de la pila, debido a la sensibilidad de la temperatura, su principal aporte de biodegradación son polímeros complejos como celulosa.

Cuadro 1. Temperaturas y tiempo de exposición requerido para la destrucción de algunos parásitos y organismos patógenos.

Organismos	Observaciones
<i>Salmonella typhi</i>	No crece por encima de 46° C. Muere en 30 minutos a 55-60° C.
<i>Salmonella spp</i>	Muere en 1 hora a 55° C.
<i>Escherichia coli</i>	Muere en 1 hora a 55° C.
<i>Entamoeba histolytica cysts</i>	Muere en pocos minutos a 45° C.
<i>Taenia saginata</i>	Muere en pocos minutos a 55° C.
<i>Trichinella spiralis larvae</i>	Muere en pocos minutos a 55° C.
<i>Brucella abortus, brusella suis</i>	Muere en 1 hora a 55° C.
<i>Micrococcus pyogenes var. Aureus</i>	Muere en 10 minutos a 50° C.
<i>Streptococcus pyogenes</i>	Muere en 10 minutos a 54° C.
<i>Mycobacterium tuberculosis var. Horminis</i>	Muere en 15-20 minutos a 66° C.
<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	Muere en 45 minutos a 55° C.
<i>Necator americanus</i>	Muere en 50 minutos a 45° C.
<i>Áscaris lumbricoides (huevos)</i>	Muere en menos de 1 hora por encima de 50° C
<i>Shigella sp.</i>	Muere en 1 hora a 55° C

Fuente: Aldana 2015.

Según Soliva (2004), Durante el compostaje se alcanzan temperaturas elevadas que prácticamente pueden asegurar la desaparición de patógenos animales y vegetales, siempre que se asegure que toda la masa ha alcanzado estas temperaturas. En la bibliografía y en las normativas se hallan referencias a la necesidad de que se hayan alcanzado temperaturas de 55° C durante un cierto tiempo. Aunque prácticamente se tenga la seguridad de la higienización es muy aconsejable realizar determinaciones de organismos indicadores como pueden ser la Salmonella y el Escherichia coli. El mayor riesgo detectado en plantas de compostaje está relacionado con la aspiración de “polvo orgánico” que afecta principalmente a personas con problemas respiratorios o bajas de defensas. Para controlarlo es importante mantener siempre la humedad adecuada en el material que se voltea, criba o aplica, y tomarlas precauciones adecuadas.

Cuadro 2. Límites microbiológicos según diferentes normas

Microorganismo	Límite de tolerancia				
	Chile NCh 2880/04	EU Union	European	Colombia 5167/04	México NTEA-006-SMA.RS-2006.
	A	B			
Coliformes fecales	<1000 NMP/g	<2000 NMP/g	<1 x 10 <sup>3</sup> NMP/g	<1000 UFC/g entero bacterias totales	<1000 NMP/g
Salmonella spp.	Ausencia en 25 g de producto	Ausencia en 25 g de producto	Ausencia en 25g de producto	Ausencia en 25 g producto	<3/g en bs
Enterococcus faecalis	-	-	1000 NMP/g	ND	-
Huevo viable de Helmintos/Ascarios	Ausente en 1 g	Hasta 1 en 1 g	Ausente en 1 g	ND	<10/g bs
Hongos Fito patógenos	-	-	Algunos países incluyen Plasmodiophora brassicae	Ausencia según especie vegetal	Ausente

NMP= Numero más probable, UFC= unidades formadoras de colonias, bs=base seco. ND: No determinado por la Norma

Fuente: Román *et al.* (2013)

Según Laich (2011), en la fase de enfriamiento y maduración los hongos filamentosos capaces de degradar polímeros naturales complejos (lignina, hemicelulosa, celulosa), se incrementan significativamente. (60-80° C). Las bacterias mesófilas que permanecieron inactivas durante la fase anterior y que resistieron las altas temperaturas, vuelven a estar metabólicamente activas y son capaces de recolonizar el sustrato.<sup>7</sup>

Cuadro 3. Distribución de la microbiota durante las diferentes etapas del compostaje expresado en unidades formadoras de colonia por gramo.

Microorganismos	Etapas de compostaje			Nº especies
	Mesofílica 20°C. – 40°C.	Termofílica 40°C – 70°C.	Mesofílica 70°C – 70°C.	
Bacterias Mesófilas	10 <sup>8</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>11</sup>	6

Termófilas	$10^4$	$10^9$	$10^7$	1
Actinomycetes Termófilas	$10^4$	$10^8$	$10^5$	14
Hongos Mesófilos	$10^6$	$10^3$	$10^5$	18
Termófilas	$10^3$	$10^7$	$10^6$	16

Fuente: Laich 2011.

### **5.7. Compostaje pasivo en pilas estáticas**

Este sistema es más antiguo y el más simple de todos, consiste en apilar diversos residuos orgánicos, los cuales son descompuestos en forma lenta, sin realizar manejos para controlar, humedad, aireación, temperatura, entre otros. La aireación ocurre de manera natural, a través del aire que fluye en forma pasiva de la pila.

Bajo estas circunstancias el proceso de degradación es dominado por microorganismos anaeróbicos, lo cual produce baja tempera, lenta descomposición y en algunos casos generación de malos olores, gases y líquidos no deseados.

En general con este sistema no se obtiene un producto de alta calidad, porque en el proceso de compostaje no se mantienen en los rangos óptimos los diversos factores que influyen en él. Sin embargo, es un sistema simple y de bajo costo, ya que no requiere de mano de obra para su mantención ni de conocimientos técnicos para su realización (UDLA 2006).

#### **5.7.1. Hilera estática**

Son hileras, montículos formados por desechos y otros materiales donde se realiza el compostaje, no requieran volcarse o volcarse durante su funcionamiento. Se diferencia de otros métodos de compostaje en el que se deben voltear las pilas para mezclar los materiales, homogeneización temperatura y aireación (CEPAGRO 2017).

#### **5.7.2. Aireación pasiva**

La aireación se lleva a cabo por convección natural, donde el aire caliente escapa por la parte superior de la hilera y el aire el frío es absorbido por la base permeable de la hilera. Este método difiere de otros en la ausencia de equipo para aireación forzada o volteo de material en la aireación en hileras (CEPAGRO 2017).



### 5.7.3. Pilas con aireación pasiva

Este sistema es muy apropiado considerando el costo – beneficio con aireación forzada o pilas con volteo. Para favorecer la ventilación natural de las pilas, se emplean estructuras que permiten un mejor flujo de aire desde la parte inferior hacia la zona superior la cual se airea por convección natural. El aire caliente que sube desde el centro de la pila crea un vacío parcial que aspira el aire de los lados. La forma y tamaño óptimo de la pila depende del tamaño de partícula, contenido de humedad, porosidad y nivel de descomposición, todo lo cual afecta el movimiento del aire hacia el centro de la pila (Figura 2), (Barrón 2013).

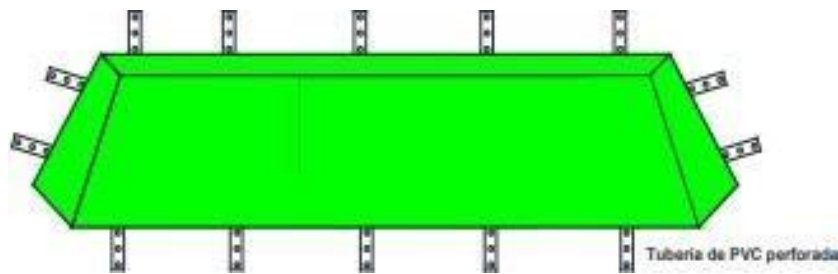


Figura 2. Pila con aireación pasiva  
Fuente: Tomado de Barrón 2013:18.

## **Técnica de compostaje termofílica de hileras estáticas con aireación pasiva**

### **Montaje de una hilera de compost**

Defina el terreno, despeje el área y medir el tamaño de la franja. Para este caso, esta hilera tendrá 2m x 8m y tendrá la capacidad para recibir hasta 10 toneladas de residuos orgánicos al mes, o 1,5 toneladas cada tres días (figura 3), (CEPAGRO 2017).



Figura 3. Delimitación de área para hilera de compostaje.  
Fuente: Tomado de Tejada *et al* 2020.

### **Montaje**

Instale el sistema de drenaje para el recogido de la humedad producida por la hilera (biofertilizante) y exceso de agua. Se cava un agujero en el centro de la superficie ocupada por la hilera, con alrededor 0,7 m de ancho y con la misma longitud de la franja (figura 4), (CEPAGRO 2017).



Figura 4. Instalación del sistema de drenaje.

Fuente: Tomado de Tejada *et al* 2020.

En el hoyo se coloca grava y luego el tubo de pvc con pequeñas perforaciones, envuelto en una manta permeable. La tubería debe conducir a un depósito de hormigón instalado debajo de la superficie. Luego se cubre el hoyo con grava y con tierra (figura 5), (CEPAGRO 2017).



Figura 5. Base de hilera de compostaje.  
Fuente: Tomado de Tejada *et al* 2020.

### **Base**

Hacer el fondo de la hilera, colocando una capa de materiales más gruesos (como restos de poda, ramas y hojas de Palmera). Hacer el borde de la hilera con Paja (figura 6), (CEPAGRO 2017).



Figura 6. Montaje de hilera.  
Fuente: Tomado de Tejada *et al* 2020.

### **Primeras capas**

Colocar una capa de aserrín y hojas luego cubrirlo con una capa de restos de comida y otros materiales verdes y mojados (figura 7), (CEPAGRO 2017).



Figura 7. Colocación de primeras capas de residuos.  
Fuente: propia

### **Colocación de residuos**

Luego coloque una capa de inoculante, como compost orgánico o suelo, cuidando que todas las capas se vean bien dispersos y mezclados en la hilera (figura 8), (CEPAGRO 2017).



Figura 8. Colocación de desechos orgánicos.

### **Cerrando la hilera cada vez que ingresa desechos orgánicos**

Cubrir el material con aserrín y hojas luego con una capa de paja hasta cerrar la hilera completamente. Déjalo ahí descansar alrededor de 48 horas antes de usarlo otra vez (figura 9), (CEPAGRO 2017).



Figura 9. Cerrar la hilera de compostaje por cada capa.  
Fuente: Tomado de Tejada *et al* 2020.

### **Destapar para incorporar desechos orgánicos**

Con cada nuevo uso de hilera, abra la parte de paja de la cobertura y convertirla en pared. Poner los restos de alimentos y otros materiales verde y húmedo, para mezclarlos con el material de compost más el viejo, gire la hilera a mejorar la aireación (figura 10), (CEPAGRO2017).



Figura 10. Destapar para incorporar los restos de alimentos.

### **Cerrar la hilera**

Cubra la hilera nuevamente con una capa de aserrín, hojas y una de paja, cuidando de ser cerrado (figura 11), (CEPAGRO 2017).



Figura 11. Cerrar la hilera totalmente.

## VI. Metodología

### 6.1. Descripción del Lugar de estudio.

La investigación se llevó a cabo en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador en el periodo de julio a noviembre de 2022, el cual está ubicado en la Ciudad Universitaria, en San Salvador, El Salvador, con coordenadas geográfica a una Latitud Norte  $13^{\circ}43'08.83$  y Longitud Oeste  $89^{\circ}12'01.21''$  y una elevación de 698 metros sobre el nivel del mar, una temperatura media anual de  $23^{\circ}$  C, una humedad relativa de 72% y una precipitación promedio de 1,801 mm al año (figura 12).

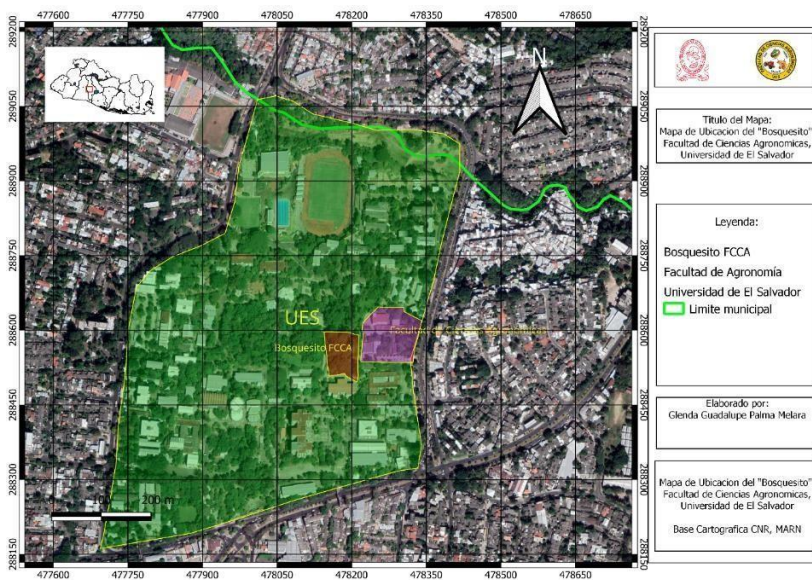


Figura 12. Mapa de ubicación del área de estudio.  
Fuente: Elaboración propia

## **6.2. Materiales y equipo**

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron herramientas, equipos e insumos como plástico negro el cual es colocado para evitar que los lixiviados se infiltren en el suelo, tubo pvc de 2 pulgadas para la recolección de lixiviados lo cual cuenta con ranuras para una mejor recolección de líquidos, grava, sarán sirve como barrera física para partículas gruesas de compost, bidón para coleccionar lixiviados, azadón para limpiar el área de la cama, palas para la incorporación de residuos al compost, machete para partir las partículas grande en trozos más pequeños de los residuos, básculas para pesar los residuos recolectados a diario, termómetro para medir la temperatura del compost, FIELDSCOUT sensor de suelo para tomar la humedad.

## **6.3. Tipo de investigación**

La investigación según su alcance es de tipo exploratorio descriptivo debido a que se investigó sobre los parámetros físicos, químicos y biológicos del abono orgánico ya que se cuenta con poca información en la cual servirá como base para determinar la cantidad de nutrimentos mayores y menores que aporta el abono orgánico.

## **6.4. Metodología de oficina**

La investigación se realizó en un inicio con la definición del tema, luego con la identificación del problema posteriormente se realizó la formulación de los objetivos para luego realizar la estructuración del trabajo, el cual será una herramienta para las personas que requieran hacer uso del documento.

## **6.5. Metodología de campo**

La elaboración del compostaje se llevó a cabo en el área del bosquecito ubicada en la Facultad de Ciencias Agronómicas, el cual se estableció una compostera de hilera estática de aireación pasiva el cual fue alimentada (colocación de residuos de cocina, hojarasca y pasto seco) 2 veces por semana, donde se realiza el pesaje de los residuos luego la incorporación al montículo (ver anexo 1), una vez el montículo alcanzó la altura de 1.5 m se selló para esperara que transcurra el tiempo de descomposición de 4 meses, una vez finalizado el proceso de descomposición, se realizó el muestreo de cinco puntos diferentes a una profundidad de 20 cm; se homogenizó y se tamizó con un sarán de 0.5 cm<sup>2</sup> para obtener un producto más fino (ver anexo 2), atractivo y de mejor calidad, la muestra se dejó secar en un saco permeable por un mes bajo sombra (ver anexo 3) para posteriormente ser pesada en bolsas de 2 libras (ver anexo 4) respectivamente rotuladas y ser llevadas al laboratorio para analizar sus respectivos parámetros (ver anexo 5).

## **6.6. Metodología del compostaje**

**Según Tejada *et al* (2020), Establecimiento de una compostera de hilera estática de aireación pasiva.**

Se niveló el suelo a una pendiente del 3% y se cubrió con el plástico negro, se colocó un tubo de PVC de dos pulgadas previamente perforado; luego se colocó la grava y por último el sarán.

Para dar más estabilidad al montículo se usó una estructura con varas de bambú, las dimensiones de las hileras pueden variar según el espacio disponible. Los módulos establecidos se les asignó una dimensión de 2.20 m de largo por 1.20 m de ancho por 1.50 m de alto.

Se procedió con la alimentación. Para ello los materiales a utilizados fueron: tierra negra de preferencia seca, zacate o pasto seco, hojarasca de preferencia seca y por supuesto los residuos orgánicos colectados diariamente provenientes de los comedores universitarios.

La alimentación se hizo colocando los materiales en capas: primero se colocó una capa de zacate seco con espesor de 15 a 25 cm, luego se colocó una capa de hojarasca seca; sobre esta se colocó una capa de residuos orgánicos previamente clasificados y descontaminados de productos plásticos como bolsas, cucharas o tenedores, el espesor fue de 15 a 25 cm.

Mientras se estuvo agregando el material orgánico, se adicionó tierra negra seca y se mezcló con los residuos, esto para inocular de manera más efectiva los residuos orgánicos y acelerar el proceso de descomposición. Al final se colocó una capa de tierra extra evitando mezclar esta última capa. Este proceso se repitió hasta que el montículo alcanzó 1.50 m gracias a los soportes de bambú en los laterales.

Se monitoreó el comportamiento de la temperatura y de la humedad y a los 3 meses se realizó el primer muestreo extrayendo una porción de la composta para evaluar propiedades y proceso de descomposición.

Cosecha, una vez valorado el proceso de descomposición y el tiempo adicional que se dejó la composta en reposo, se extrajo la muestra y se tamizó con un sarán de 0.5 cm<sup>2</sup> para obtener un producto más fino, atractivo y de mejor calidad. Se dejó secar bajo sombra posteriormente se depositaron en sacos y en presentaciones de bolsas para su respectiva movilidad.

## **6.7. Metodología de laboratorio**

Los parámetros estudiados en el laboratorio fueron parámetros físicos, químicos y biológicos de



las muestras que fueron enviadas y analizadas en el laboratorio en los cuales los parámetros más destacables a realizarse son

#### **6.7.1. Análisis físico**

Se realizaron tres tipos de análisis físicos el primero es el análisis de color el cual fue realizado con la tabla munsell (ver anexo 6) y el segundo análisis que se realizó fue el de olor y el tercero es el granulométrico se realizó bajo el método de tamizaje (ver anexo 7). Para calcular el tamaño de las partículas se hizo el método de granulometría que consistió en pesar en una balanza semianalítica una muestra de compost de 400 gr luego pasar la muestra el cual fue introducido al tamiz ASTM 11-81 de 2 mm (2000µm) por los diferentes tamices con las medidas de 2 mm, 1 mm, 0.5mm, 0.25mm y 0.125mm en el cual fueron ordenado de mayor a menor mesh (ver anexo 8), se procedió hacer un zarandeo moviendo en círculo y alcentro el conjunto de tamices, el contenido que quedo en cada tamiz se procedió a determinar el peso. Este procedimiento se realizó en la muestra secada en estufa a 60 °C por 24 horas.

Luego se toma el volumen y se repiten los pasos para cada una de las muestra restante en el tamizado.

Se calculó el volumen de cada fracción (ver anexo 9)

Posteriormente se procedió a realizar la identificación de la muestra en cada tamizado para observar que partículas se encontraban y para ello se utilizó un microscopio estereoscopio (ver anexo 10-11).

#### **Metodología de la densidad aparente**

Se determinó la densidad aparente del compost para ello se tomó una muestra de 487gr en húmedo para luego llevarlo a estufa a 60 °C por 24 horas. Luego se tomó el peso de la muestra en seco de 353 gr, se tomó una sub-muestra del peso seco de 50gr el cual fue llevado a un beaker dando un volumen de 76 ml. (ver anexo 12).

La densidad aparente del suelo, es la masa o peso de una unidad de volumen total de suelo seco.

Para ello se utilizó la formula  $D = \frac{P}{V}$

Se llenó un beaker de 200 ml con suelo seco y tamizado de los diferentes restantes que quedaba en cada tamiz, dejando que las partículas se acomoden libremente, se golpea la base del beaker, sobre la palma de la mano, un promedio de diez veces.

Para determinar el color se realizó por medio de la tabla munsell. La tabla munsell está compuesta de hojas, representando cada matiz (Hue) que aparece en la parte superior derecha de la página. Cada página presenta una serie de plaquita con diferentes colores que representan la claridad o tono (Value) que están representada en sentido vertical incrementando su valor (haciéndose más claro) de abajo hacia arriba y la pureza (Chroma) que se presenta en sentido horizontal en la parte inferior de la hoja incrementando de izquierda a derecha.

La medición del color consistió en tomar una pequeña muestra para comparar el color bajo dos condiciones seca y húmeda identificando la condición física de la muestra.

Para determinar el olor se realizó utilizando el sentido del olfato humano, para ello se tomó una muestra en estado húmedo al momento de la cosecha del compost determinando el olor por criterio propio.

#### **6.7.2. Análisis químico**

La muestra debidamente identificada fue llevada al laboratorio del CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal) para ser analizados en los parámetros pH (Potencial hidrógeno), Fosforo (P), Potasio (K), Magnesio (Mg), Sodio (Na), % materia orgánica (MO), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Manganeseo (Mn), Zinc (Zn), Nitrógeno(N), Calcio (Ca); de esta manera, se determinó la calidad de compost que se obtuvo en el abono orgánico (ver anexo 13).

Se realizaron análisis de doce parámetros químicos con su respectivo método los cuales se detallan a continuación

- a) **pH:** se realizó bajo el método potenciométrico.
- b) **Nitrógeno (N):** bajo el método kjeldahl.
- c) **Fosforo (P):** se realizó bajo el método espectrofotometría visible.
- d) **Potasio (K):** se empleó bajo el método de absorción atómica
- e) **Magnesio (Mg):** bajo el método de absorción atómica.
- f) **Sodio (Na):** se realizó bajo el método gravimétrico.
- g) **Calcio (Ca):** bajo el método de absorción atómica.
- h) **Materia orgánica:** se realizó bajo el método calculado.
- i) **Cobre (Cu):** se empleó bajo el método de absorción atómica.
- j) **Hierro (Fe):** bajo el método de absorción atómica.
- k) **Manganeseo (Mn):** se utilizó el método de absorción atómica.
- l) **Zinc (Zn):** bajo el método de absorción atómica

### **6.7.3. Análisis biológico**

Se realizaron análisis de tres parámetros microbiológicos de bacterias, mohos y levaduras los cuales fueron enviados al laboratorio (ver anexo 14).

- a) **Coliformes totales:** se realizó el análisis de coliformes totales bajo la técnica de placaspetrifilm
- b) **Mohos:** se utilizó el análisis de mohos bajo la técnica de petrifilm.
- c) **Levaduras:** se realizó el análisis de levaduras bajo la técnica de petrifilm.
- d) **Escherichia coli:** se empleó el análisis de Escherichia coli bajo la técnica de placas petrifilm.

### **6.8. Análisis e interpretación de los resultados**

Para los análisis realizados se utilizó el método descriptivo ya que los resultados de los parámetros químicos y biológicos fueron comparados a través de Normas Técnica Ecuatorianas (NTE INEN) y Normas Chilenas NCH 2880-2003.

## **VII. Análisis de resultados**

El trabajo investigativo comprende desde la fase de laboratorio en el cual se evalúa los parámetros físicos donde se analizó color, olor y tamaño de partículas, el parámetro químico y biológico comprende el análisis de las muestras del compost con el fin de obtener los resultados para comparar con diferente normativas y autores. A continuación, se describen y analizan los resultados encontrados durante la investigación.

### **7.1. Parámetros físicos**

#### **Color**

Al comparar las muestras del compost con los colores de la tabla Munsell para suelo, se determinó que el color que más se representa el color del compost fue el Pardo oscuro Hue 7.5 YR 3/2.

Comparando el resultado con el próximo autor citado el compost se valora como un compost de buena fertilidad.

Según SCCS (2009), el color negro de un suelo constituye un indicador de su fertilidad. Más bien se busca crear conciencia de que los suelos portadores de tonalidades diferentes al pardo o negro, no son necesariamente de mala calidad, puesto que la fertilidad del suelo involucra un conjunto de características físicas, químicas y biológicas, que requieren más que de un análisis visual, un análisis de tipo cuantitativo para su evaluación (ver cuadro de anexo 15). Comparando el resultado con el autor citado el compost se valora como un compost de buena fertilidad.

#### **Olor**

Comparando el resultado con los próximos autores citados el compost evaluado, se valora como un compost de buena calidad ya que tiene un olor agradable a tierra.

Los abonos orgánicos no deben registrar presencia de malos olores. Según Ava (2007), Después de 6 a 12 meses, el compost adquiere la apariencia de tierra, con olor agradable. Un compost con olores extraños, desagradables y fuertes indican un fallo en el proceso de descomposición.

Según Rivas y Silva (2020), existen ciertos criterios que son decisivos para juzgar si el compost está listo o no, entre ellos, la homogeneidad del material final, no debe percibirse residuos del

material de origen y debe tener un olor similar a tierra. Cuando el compost es aplicado al suelo como enmienda orgánica o como mantillo, la calidad exigida para este material será menor cuando se compara con un sustrato que es empleado para semilleros. Deben preferirse las variables físicas: olor

### Tamaño de partícula

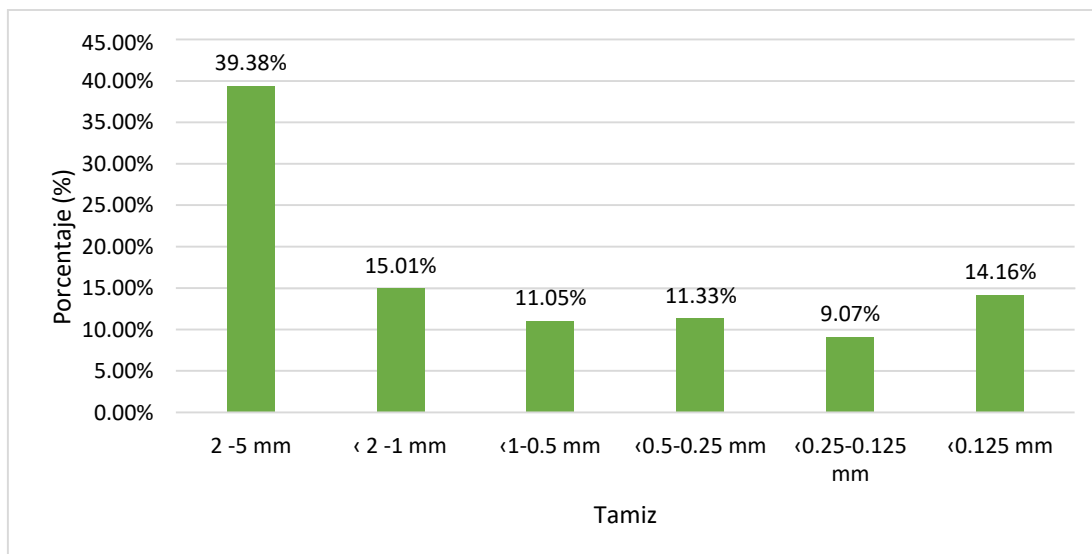


Figura 13. Resultados obtenidos de granulometría por tamices

Basado en los resultados obtenidos en el laboratorio después de tamizar las muestras de compost se determinó que el 39.38% eran partículas en el rango de 2 a 5 mm donde se observó la presencia de residuos como cascarones de huevo, terrones, piedra pómez, raíces, ramillas y hojas. El 15.01% eran partículas entre 1 a 2 mm compuesto por terroncillos, cascarones de huevo, hojas, porciones de raíz, hojas y fibra de maíz. El 11.05% de las partículas eran menores que 1 mm y mayores a 0.5 mm compuesta en su mayoría por porciones de terroncillos y en pequeñas cantidades de fibra de maíz. El 11.33% de la muestra estaba entre 0.5 y 0.25 mm de granulometría y estaba compuesta en su mayoría por arena fina. El porcentaje restante y menor a 0.125 mm estaba compuesto por arena muy fina.

Según la NCH 2880 (2003), para que un compost sea clasificado clase A, el 85% de las partículas del producto obtenido debe ser menores o iguales a 15 mm. Para todas las clases de compost, el tamaño máximo de las partículas que lo integran debe ser menor o igual a 15mm, determinado en su mayor dimensión.

Según MAA. (2020), El tamaño de partícula adecuado va de 3 a 5 cm, si el tamaño es mayor disminuye la disponibilidad de nutrientes para los microorganismos encargados de la descomposición de la materia orgánica. El tamaño máximo del gránulo de abono orgánico corresponde al producto que pase por el tamiz INEN 16 mm, permitiendo una retención no superior al 10% del peso total.

Según Soliva (2004), la granulometría está muy relacionada con el aspecto y la facilidad de manejo y puede condicionar su uso. Este parámetro es particularmente importante cuando el destino del material vaya a ser el de sustrato. En ciertos casos una granulometría muy fina, además de dar problemas en la utilización (exceso de polvo), puede ser debida a untratamiento de molturación fina para “esconder” cierto tipo de impurezas.

### **Densidad del compost**

Según los datos obtenidos después de haber llevado la muestra al laboratorio y pesado en seco la densidad del compost fue de  $660 \text{ kg/m}^3$  por lo tanto se encuentra entre el rango establecido Según MAA (2020), la densidad aparente de los abonos orgánicos debe encontrarse dentro del rango de  $550$  a  $850 \text{ kg/m}^3$  (determinado según TMECC 03.03).

Según Soliva (2004), la densidad aparente da como parámetro de interés general para el transporte y manejo del compost y con interés particular para el cálculo de la porosidad y de su uso como sustrato. Puede estar relacionado con los materiales tratados y con la manera en que se ha desarrollado el proceso.

### **7.2. Parámetros químicos potencial Hidrógeno (pH)**

Según el resultado del análisis de la muestra en laboratorio se reportó un pH de 7.97, siendo un indicador de un pH ligeramente básico. Según Román, *et al.* (2013), menciona que 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 amoníaco, 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.

## **Nitrógeno total**

Basado en los resultados se puede observar el nitrógeno con un valor de 0.66% por lo tanto está dentro del rango óptimo de acuerdo a las Normas Técnicas Ecuatorianas ya que este no debe de ser menor del 0.3% ni mayor a 1.5%. Según Márquez (s.f.) el nitrógeno es un elemento esencial para la reproducción celular debido a la naturaleza proteica del protoplasma; se ha demostrado que la calidad de un compost como fertilizante está directamente relacionada con su contenido de N.

Según Soliva (2004), el contenido de nitrógeno orgánico es un parámetro que se valora mucho al aplicar el compost en agricultura, desde diferentes puntos de vista: el económico, el energético y el ecológico. Es discutible si es un parámetro al que se le deba exigir un contenido mínimo ya que depende del tipo de materiales que se composten; pero si se están compostando materiales ricos en nitrógeno deberá controlarse a lo largo del proceso porque su pérdida indica un mal manejo del compostaje.

Román *et al.* (2013), 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.

## **Fósforo (P)**

La cantidad de Fósforo presente en el compost fue de 0.13%, valor que se encuentra dentro del rango establecido por las Normas Técnicas Ecuatorianas (0.1 a 1%); no así al comparar con Paul y Clark (1996) quienes determinaron que el rango óptimo de fósforo para compostes de 0.15 a 1.5%. Los niveles de fósforo en el compost están determinados por la calidad y tipo de materias primas utilizadas, así mismo por la cantidad de fibra y capacidad de descomposición que esta tenga.

## **Potasio (K)**

El nivel de Potasio encontrado fue de 0.34%, siendo un valor que se encuentra dentro del rango determinado por las Normas Técnicas Ecuatorianas que señalan que los niveles deben ser de 0.1 a 1%. Además, MAA (2020) añade que 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 potasio sufren menos de enfermedades, además, favorece la concentración de azúcares en los frutos.

### **Magnesio (Mg)**

Según los resultados del magnesio es de 0.22% por lo tanto se encuentra en el valor mínimo de acuerdo a la norma técnica ecuatoriana (NTE INEN) que estableció un rango óptimo de 0.2 a 0.7%. Según Navia *et al.* (2013), Lo anterior se encuentra directamente relacionado con el pH, ya que a menor nivel de pH se presenta una baja concentración de este elemento reportando niveles mínimos de este elemento 1.6% en abonos provenientes de residuos orgánicos.

### **Sodio (Na)**

Los resultados reportados para sodio fueron de 0.28%, siendo un valor ligeramente superior que al ser utilizado en mezcla no representa riesgos, ya que los niveles óptimos se encuentran en el rango de 0.04 a 0.24%. Según Ansorena *et al.* (s.f), con carácter general, y siguiendo un criterio muy estricto, se recomienda que las concentraciones de sodio y cloruro en el compost empleado como componente de sustratos no superen los valores de 100 y 500 mg/L respectivamente (con valores máximos de 150 y 1000 mg/L), condición que resulta prácticamente imposible de cumplir en el compost de biorresiduos. 2021

En una reciente investigación (Ansorena *et al.*, 2014), concluyeron que cloruro, potasio y sodio son los iones que más contribuyen a la elevada salinidad del compost de biorresiduos, muy por encima del nitrógeno nítrico y amoniacal.

### **Calcio (Ca)**

Según los resultados del calcio se encuentra en un rango medio con un valor de 4.7%, valor que se encuentra en los niveles óptimos según las Normas Técnicas Ecuatorianas en donde establecieron el rango de 2 a 6% (ver cuadro de anexo 17).



Cuadro 4. Contenido de nutrientes presentes en el abono orgánico de acuerdo a las normas correspondientes, deben cumplir con los requisitos que se muestran.

Elementos	Valor mínimo (%)	Valor máximo (%)	Norma Técnica Ecuatoriana	Valor del compost (%)
Nitrógeno	0.3	1.5	NTE INEN 2025	0.66
Fosforo	0.1	1	NTE INEN 0233	0.13
Potasio	0.3	1	NTE INEN 0235	0.34
Magnesio	0.2	0.7	NTE INEN 0240	0.22
Calcio	2	6	NTE INEN 0238	4.70

Fuente: MAA (2020).

### **Materia Orgánica (MO)**

El porcentaje de Materia Orgánica no fue posible calcular en la muestra de compost, ya que no es calculable mediante los datos de humedad y cenizas expresados en los resultados brindados por el químico analista del CENTA (ver anexo 13).

Según Vaca (2022), con la materia orgánica se garantiza el uso de residuos ya sea de forma directa como lodo crudo o transformado en abonos orgánicos (compostaje), permite elevar la calidad y cantidad de materia orgánica, así como el contenido de nutrientes en los suelos agrícolas.

Según PAE (s.f.), la materia orgánica es un elemento imprescindible para fortalecer la vitalidad de los suelos agrícolas. El compostaje de materiales orgánicos, ya sea realizado de forma artesanal o más mecanizado, constituye una vía idónea para aportar materia orgánica en los suelos agrícolas.

Cuadro 5. Resultados obtenidos en el laboratorio

Parámetros	Resultados	Rangos de parámetros más significativo para compost según CMA
Ph	7.97	7-7.5
N total (%)	0.66	
P (%)	0.13	1-2
K (%)	0.34	0.2-0.8
Mg (%)	0.22	0.2-0.5
Na (%)	0.28	0.04-0.24
Ca (%)	4.70	6-15
Materia orgánica (%)	N.C.	35-50%
Cu (ppm)	19.06	
Fe (%)	1.59	1.4-2.6
Mn (ppm)	239.01	100-500
Zn (%)	102.96	
Humedad (%)	28.13	30-40%
Cenizas (%)	80.92	

N.C. No calculable mediante los datos de humedad y cenizas

### 7.3. Parámetros biológicos

Basado en los resultados obtenidos en el laboratorio se puede observar en el cuadro 6 la cantidad de coliformes totales con un valor de 200 UFC/g (Unidades Formadoras de Colonias/gramo) observando al mismo tiempo que la norma NTC 5167 tiene como valor máximo permisible de < 1 000 NMP O UFC/g o ml, por lo tanto, posee un estado sanitario y de bioseguridad aceptables y de buena calidad. Si estos datos se comparan con la NCH 2880-2003 cumple con los requisitos que lo consideran un compost (ver anexo 18).

Cuadro 6. Resultados obtenidos en el laboratorio de microbiología para determinar bacterias mohos y levaduras.

Parámetro	Resultado del compost	Valor promedio de la Norma NTC- 5167	Clasificación según la Norma NTC 5167
Coliformes totales (UFC/g)	200	<1 000 NMP O UFC/g o ml	Cumple con la Norma
Recuento de mohos (UFC/g)	40	No encontrado	No encontrado
Recuento de levaduras (UFC/g)	50	No encontrado	No encontrado
Determinación de E. coli (UFC/g)	Ausencia	No Encontrado	No Encontrado

UFC unidades formadoras de colonias/gramo NMP Número Más Probable

En cuanto al resultado de *Echerichia coli*, se puede determinar que no existe presencia, siendo la bacteria que mayor importancia tiene para la salud humana. Al no mostrar presencia de *E. coli* en el compost se puede decir que este posee un estado sanitario y de bioseguridad aceptables y de buena calidad.

Basado en el análisis de mohos se puede determinar el 40 UFC/g lo cual nos indica que hay hongos filamentosos o mohos y bacterias que están presente en las diferentes etapas del compostaje en cuanto a la etapa mesofílica predominan hongos filamentosos, una alta diversidad de especies participan en este rango de temperatura predominando los géneros de *Aspergillus* y *Penicillium*, seguido de *Trichoderma* los Actinomyces (bacterias filamentosas) se desarrollan a tasas de crecimiento inferiores a la mayoría de las bacterias y hongos, y por lo que compiten ineficientemente cuando el nivel de nutrientes es alto. Mientras que en la fase termofílica los microorganismos termo tolerantes incrementan su población a valores del orden de los 100-1000 millones de células por gramo.

Los Actinomyces son generalmente más tolerantes que los hongos a temperatura termófila moderada, su número y diversidad se incrementa significativamente las altas temperaturas generalmente se asocian con una reducción de las diversas funciones microbianas la fase termófila con temperaturas que exceden los 60° C, son consideradas habitualmente como un suicidio microbiano. Sin embargo, la presencia y la actividad de bacterias termófila extremas es esencial para la biodegradación de los residuos biológicos a temperaturas de (60-80° C). Las bacterias termófilas son las únicas que se encuentran activas. La diversidad de especie

disminuye, pero su concentración es alta. Los hongos están totalmente inactivos y su subsistencia se mantiene en estructuras de resistencia y esporas. Los Actinomicetes están a bajas concentraciones y no juegan un papel importante en la degradación y mineralización de la materia orgánica. Los hongos, en particular los hongos filamentosos o mohos, y las bacterias mesófilas acidificantes son las poblaciones dominantes en los residuos orgánicos frescos. Una amplia variedad de especies ha sido descrita en esta fase del proceso.

### **VIII. Conclusiones**

Los parámetros físicos del compost fueron de olor agradable con sensación de suelo húmedo, color pardo oscuro considerado como un color excelente, además las partículas que rondan entre los 2 - 5 mm de grande fue del 39.38% en donde observó la presencia de residuos como cascarones de huevo, terrones, piedra pómez, raíces, ramillas y hojas.

Según los parámetros medidos el compost se clasifica según la norma NCH2880- 2003 como un compost inmaduro con buenas características físicas, que puede ser usado como un producto para hacer enmiendas de suelos o ser utilizados en los cultivos en forma de mezcla, con importante aporte nutricional en macro y micronutrientes.

La cantidad de Nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), magnesio (Mg), calcio (Ca), hierro (Fe) y manganeso (Mn) se encontró dentro de los niveles óptimos para abonos orgánicos compostados con 0.66%, 0.13%, 0.34%, 0.22%, 4.70%, 1.59% y 239.01 ppm respectivamente al comparar con las Normas Técnicas Ecuatorianas.

La cantidad de Sodio (Na) en el producto final del compostaje fue de 0.28%, valor que supera el nivel máximo de este nutrimento en los compostajes al comparar con CMA (sf) cuyo rango establecido es de 0.04 a 0.24%, el exceso pudo ser provocado por la presencia de sal común (NaCl) en algunas de las materias primas utilizadas en el compost.

No se encontró presencia del agente contaminante *Echerichia coli* en las muestras de compost, dando la seguridad que en el compost no será vehículo que contamine cultivos hortícolas de hojas y frutos si este fuese su uso.

En base a los resultados obtenidos según los parámetros físicos, químico y biológico se puede

recomendar el compost como una enmienda de buena calidad por su contenido de nutrientes y la ausencia de bacterias patógenas que puedan ocasionar un daño a la salud de las personas.

## **IX. Bibliografía**

- Alarcón Torres, M. N; Guardado Pacas, I. B. 2013. Plan de mercadeo para el compostaje orgánico producido en el centro de reciclaje y compostaje de la alcaldía municipal de San Rafael Obrajuelo departamento de La Paz. (en línea). Tesis. Lic. En Administración de empresas. El Salvador. UES. Consultado 21 jul. 2022. Disponible en <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/5362/1/plan%20de%20mercadeo%20para%20el%20compostaje%20org%20nico%20producido%20en%20el%20centro%20de%20reciclaje%20y%20compostaje%20de%20la%20alcald%20municipal%20de%20san%20rafael%20obrajuelo%20departamento%20de%20la%20paz.pdf>.
- Aldana, J. 2015. Evaluación de la calidad microbiológica del compostaje de plumas de gallina y desechos sólidos de agua residual del municipio de venta quemada (en línea). Tesis Ing. Agropecuario. Tunja. Colombia. FUJC. Consultado 10 nov. 2022. Disponible en <https://issuu.com/ingenieriaagropecuariajdc/docs/evaluacion%20de%20la%20calidad%20microbiol>.
- Amigos de la tierra. 2009. Manual de compostaje. (en línea). Consultado 20 jul. 2022. Disponible en: [https://www.miteco.gob.es/images/es/Manual%20de%20compostaje%202011%20PAGINAS%201-24\\_tcm30-185556.pdf](https://www.miteco.gob.es/images/es/Manual%20de%20compostaje%202011%20PAGINAS%201-24_tcm30-185556.pdf).
- Amigos de la tierra. 2015. Ventajas del compostaje. (en línea). Consultado 18 jul 2022. Disponible en. [https://www.tierra.org/wp-content/uploads/2016/01/Informe\\_compost\\_2015.pdf](https://www.tierra.org/wp-content/uploads/2016/01/Informe_compost_2015.pdf).
- Ansorena, J; Batalla, E; Merino D. s.f. Evaluación de la calidad y usos del compost como componente de sustratos, enmiendas y abonos orgánicos. (en línea). 27 p. Consultado 9 nov. 2022. Disponible en: [https://cdn.blueberriesconsulting.com/2015/07/pdf\\_000304.pdf](https://cdn.blueberriesconsulting.com/2015/07/pdf_000304.pdf).
- Arango Orozco, M. J. 2017. Abonos orgánicos como alternativa para la conservación y mejoramiento de los suelos. (en línea). Tesis. Especialista en Gerencia Agropecuaria. Caldas – Antioquia. Colombia. Corporación Universitaria Lasallista. Consultado 27 jul. 2022. Disponible en [http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/2036/1/Abonos\\_organicos\\_alternativa\\_conservacion\\_mejoramamiento\\_suelo.pdf](http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/2036/1/Abonos_organicos_alternativa_conservacion_mejoramamiento_suelo.pdf).
- Ava A. 2007. Agricultura orgánica el compost. (en línea). 23 p. consultado 11 nov. 2022. Disponible en [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_material\\_didactico\\_nro\\_05.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_material_didactico_nro_05.pdf).
- Barrena Gómez R. 2006. compostaje de residuos sólidos orgánicos aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso. (en línea). Barcelona. 1 p. Consultado

- 19 jul. 2022. Disponible en: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5307/rbg1de1.pdf>.
- Barrón Santos, F. J. 2013 Optimización del proceso de composta producida a partir de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos que se generan en la ciudad de México. (en línea). Tesis. Ing. Ambiental. México. Instituto Politécnico Nacional. Consultado 02 jul. 2022. Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/13659/Francisco%20Javier%20Barron%20Santos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Campitelli. 2010. Calidad de compost y vermicompuestos para su uso como enmiendas orgánicas en suelos agrícolas. (en línea). Tesis. Dr. En ciencias agropecuarias, Córdoba, UNC. Consultado 19 jul. 2022. Disponible en <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/4726/Campitelli%2C%20Paola.%20Calidad%20de%20compost%20y%20vermicompuestos%20para%20su%20uso...%20.pdf?sequence=6&isAllowed=y>.
- Carmona Pardo, R. N. 2017. Estudio de las propiedades físico químicas de compost de residuos sólidos orgánicos residenciales, a partir de su caracterización térmica. (en línea). Tesis. Ing. Ambiental. Santiago De Cali. Colombia. Universidad Autónoma de Occidente. Consultado 20 jul. 2022. Disponible en: <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/10064/T07727.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- CEPAGRO (El Centro de Estudos e Promoção da Agricultura de Grupo). 2017. Compostagem Doméstica, Comunitária e Institucional de Resíduos Orgânicos. Brasília. 33 P. (en línea). Consultado 12 oct. 2022. Disponible en: [http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/municipioverdeazul/2016/07/rs6compostagemmanualorientacao\\_mma\\_2017-06-20.pdf](http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/municipioverdeazul/2016/07/rs6compostagemmanualorientacao_mma_2017-06-20.pdf).
- CEPAGRO (El Centro de Estudos e Promoção da Agricultura de Grupo). 2016. Revolucao dos baldinhos a tecnologia social da gestao comunitaria de residuos organicos e agricultura urbana. Brasília. 33 P. (en línea). Consultado 12 oct. 2022. Disponible en <https://pt.slideshare.net/Cepagro/cartilha-revolucao-dos-baldinhos-a-tecnologia-social-da-gestao-comunitaria-de-residuos-organicos-e-agricultura-urbana>.
- CESTA (Centro Salvadoreño de Tecnología Apropriada). s.f. Los desechos sólidos. (en línea). El Salvador. 3 p. Consultado 30 nov. 2022. Disponible en <https://cesta-foe.org.sv/wp-content/uploads/2013/12/Folleto-Desechos-2.pdf>.
- Chacón Flores, W. W; Preza Gámez, A. D. 2011 Respuesta de tres tipos de sustratos orgánicos en la emergencia y desarrollo de plantulas de chile dulce (*Capsicum annum*), Usulután 2010. (en línea). Tesis. Ing. Agr. El Salvador. UES. Consultado 21 jul. 2022. Disponible en <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/3705/1/TES%204u.pdf>.
- CMA (Consejería de Medio Ambiente). s.f. Use el compost, en agricultura viveros y paisajismo. (en línea). 4p. Consultado 10 nov. 2022. Disponible en

[https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques\\_Tematicos/Calidad\\_Ambiental/Gestion\\_De\\_Los\\_Residuos\\_Solidos/compost/Usos\\_Compost.pdf](https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Calidad_Ambiental/Gestion_De_Los_Residuos_Solidos/compost/Usos_Compost.pdf).

Domínguez, J; Román, A; Prieto, F; Acevedo O. 2012. Sistema de notación munsell y cielab como herramienta para evaluación de color en suelos. (en línea). Revista Mexicana de ciencias Agrícolas 3 (1). Consultado 11 nov. 2022. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/2631/263123192010.pdf>.

FAO Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Sf. Textura del suelo. (en línea). Consultado 11 nov 2022. Disponible en ([https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO\\_Training/FAO\\_Training/General/x6706s/x6706s06.htm](https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s06.htm)).

INCA. (Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas). 2014. Generalidades de los abonos orgánicos: importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas.(en línea). Revista 35(4) Consultado 27 jul. 2022. Disponible en [Redalyc. Generalidades de los abonos orgánicos: importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas.](#)

INEN (Servicio Ecuatoriano de Normalización). 2016. Fertilizantes y productos Afines. Definiciones. (en línea). NTE INEN 209. Ecuador. 14 P. Consultado 20 nov. 2022. Disponible en [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/NTE\\_INEN\\_209.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/NTE_INEN_209.pdf).

INIA (Instituto Nacional de Investigación Agraria). 2008. Preparación y usos del compost. (en línea). Perú. 4 p. Consultado 27 jul. 2022. Disponible en [https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/117/1/uso\\_compost\\_Lima\\_2008.pdf](https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/117/1/uso_compost_Lima_2008.pdf).

INN (Instituto Nacional de Normalización). 2003. Compost –Clasificación y requisitos. (en línea). Norma NCh2880. Chile. 19 P. Consultado 30 jul.2022. Disponible en <http://www.ingeachile.cl/descargas/normativa/agricola/NCH2880.pdf>.

Laich, F. 2011. El papel de los microorganismos en el proceso de compostaje. (en línea). Santa Cruz Tenerife. España. 5 p. Consultado 11 nov. 2022. Disponible en <https://www.icia.es/biomusa/pt/jornadas-y-actividades-pt/jornada-tecnica-sobre-calidad-y-fertilidad-del-suelo-pt/65-el-papel-de-los-microorganismos-en-el-proceso-de-compostaje/file>.

MAA (Ministerio del Ambiente y Agua, Ecuador). 2020. Manual de aprovechamiento de residuos orgánicos municipales (en línea). Quito Ecuador.26 P. Consultado 07 nov.2022. Disponible en <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/07/manual-de-aprovechamiento-de-residuos-organicos-municipal.pdf>.

MMA (Ministerio do Medio Ambiente); CEPAGRO (El Centro de Estudos e Promoção da Agricultura de Grupo). 2017. Compostagem Doméstica, Comunitária e Institucional de

- Residuos Orgánicos. Manual de Orientação. Brasília. 28 P. (en línea). Consultado 26 oct. 2022. Disponible en [http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/municipioverdeazul/2016/07/rs6-compostagem-manualorientacao\\_mma\\_2017-06-20.pdf](http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/municipioverdeazul/2016/07/rs6-compostagem-manualorientacao_mma_2017-06-20.pdf).
- Magri, L. I. 2020. Manejo de los residuos de cama profunda en un sistema de producción porcina mediante el compostaje. (en línea). Tesis. Ing. Agr. Colombia. Universidad Nacional de Rosario. Consultado 28 jul. 2022. Disponible en <https://rephip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/19189/Tesis%20Magri.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.
- MARM (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino; Amigos de la tierra. 2009. Manual de compostaje. (en línea). Madrid. 16 p. Consultado 28 jul. 2022. Disponible en [https://www.miteco.gob.es/images/es/Manual%20de%20compostaje%202011%20PAGINAS%201-24\\_tcm30-185556.pdf](https://www.miteco.gob.es/images/es/Manual%20de%20compostaje%202011%20PAGINAS%201-24_tcm30-185556.pdf).
- Márquez, P; Diaz, M; Cabrera, F. s.f. Factores que afectan al proceso de compostaje. (en línea). Helva, España. 6 p. Consultado 07 nov. 2022. Disponible en <https://digital.csic.es/bitstream/10261/20837/3/Factores%20que%20afectan%20al%20proceso%20de%20compostaje.pdf>.
- Mendoza, M. V; Vigil Sánchez, J. A. 2012. Evaluación físico – química y microbiológica de cuatro niveles de lodos ordinarios en la elaboración de compost. (en línea). Tesis. Ing. Agr. El Salvador. UES. Consultado 28 jul. 2022. Disponible en <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/3080/1/13101359.pdf>.
- Mosquera Byron. 2010. Abonos orgánicos protege el suelo y garantizan alimentación sana. (en línea). 17 p. Consultado 27 jul. 2022. Disponible en [Fonag.org.ec/doc\\_pdf/abonos\\_organicos.pdf](Fonag.org.ec/doc_pdf/abonos_organicos.pdf).
- Muñoz Negret, L. C. 2018. Análisis económico de la alternativa de implantación de un patio de compostaje en la Universidad de Fortaleza para el tratamiento de residuos generados dentro del campus. (en línea). Tesis. Ing. Ambiental y sanitario. Bogotá. Colombia. Universidad de La Salle. Consultado 19 jul. 2022. Disponible en [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1742&context=ing\\_ambiental\\_sanitaria](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1742&context=ing_ambiental_sanitaria).
- Navarro Pedreño; Moral Herrero; Gómez Lucas; Mataix Beneyto. 1995. Residuos orgánicos y agricultura. (en línea). España. 21 p. Consultado 27 jul. 2022. Disponible en <http://www.ingenierioambiental.com/2040/Residuos%20organicos%20y%20agricultura.pdf>.
- Navia C; Córdoba, Y; Morales, S; Prado, F; López, N. 2013. Evaluación de diferentes formulaciones de compostaje a partir de residuos de cosecha de tomate (*Solanum lycopersicum*). (en línea). Revista Bio. Agr 11: 1692 – 3561. Consultado 08 nov. 2022. Disponible en [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-35612013000300019](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612013000300019).



- NTC 5167 (Norma Técnica Colombiana) 2004. Apartes 1.1 Norma para abonos orgánicos y fertilizantes. (en línea) Norma NTC 5167. Colombia 32 P. Consultado 20 nov. 2022. Disponible en <https://es.scribd.com/doc/138627365/NTC-5167-Apartes1-1-Norma-Para-Abonos-Organicos-y-Fertilizantes#>.
- PAE (Producción Agraria Ecológica). s.f. El compostaje en agricultura ecológica. (en línea). Ficha técnica PAE 20. Consultado 09 nov. 2022. Disponible en [http://pae.gencat.cat/web/.content/al\\_alimentacio/al01\\_pae/05\\_publicacions\\_materia\\_l\\_referencia/arxiu/FTPAE20\\_Compostaje.pdf](http://pae.gencat.cat/web/.content/al_alimentacio/al01_pae/05_publicacions_materia_l_referencia/arxiu/FTPAE20_Compostaje.pdf).
- Paul, E.; F. Clark. 1996. Soil Microbiology and Biochemistry. 2 ed. Academic Press. 340 p. NCh (Norma Chilena). 2003. Compost- clasificación y requisitos. Norma NCh2880.2003. 11jul. Disponible en: <http://www.ingeachile.cl/descargas/normativa/agricola/NCH2880.pdf>.
- Peña Turruebla, E; Carrión Ramírez, M; Martínez, F; Rodríguez Nodal, A; Companioni Concepción, N. 2002. Manual para la producción de abonos orgánicos e la agricultura urbana. (en línea). Cuba 15 p. Consultado 28 jul. 2022. Disponible en [http://redmujeres.org/wp-content/uploads/2019/01/manual\\_abonos\\_agricultura\\_urbana.pdf](http://redmujeres.org/wp-content/uploads/2019/01/manual_abonos_agricultura_urbana.pdf).
- Pérez, A; Céspedes, C; Núñez P. 2008. Caracterización física química y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en república dominicana (en línea). Revista. 8(4). Consultada 20 jul. 2022. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rcsuelo/v8n3/art02.pdf>.
- Pérez, S; Velázquez, I; Vargas, A. 2020. Fomento de la cultura de compostaje seleccionando residuos orgánicos en hogares de monte adentro, Paraíso, Tabasco. (en línea). Revista de divulgación científica. 26(55). Consultado 18 jul. 2022. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/340371085\\_fomento\\_de\\_la\\_cultura\\_de\\_compostaje\\_seleccionando\\_residuos\\_organicos\\_en\\_hogares\\_de\\_monte\\_adentro\\_paraíso\\_tabasco](https://www.researchgate.net/publication/340371085_fomento_de_la_cultura_de_compostaje_seleccionando_residuos_organicos_en_hogares_de_monte_adentro_paraíso_tabasco).
- Pico Acosta, G. C. 2002. Composta. (En línea). Puerto Rico. 1 p. Consultado 20 jul. 2022. Disponible en <http://agricultura.uprm.edu/calentamiento/pdf/composta.pdf>.
- Ramírez Torres, M.J. 2013. Evaluación del efecto diferencial del mezclado mecánico en la biodegradación de la materia orgánica en el compostaje aeróbico en pilas de aireación por difusores. (en línea). Tesis. Ing. Civil. Concepción – Chile. Universidad del Bio-Bio. Consultado 28 jul. 2022. Disponible en: [http://repopib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/2333/1/Ramirez\\_Torres\\_Mauricio\\_Javier.pdf](http://repopib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/2333/1/Ramirez_Torres_Mauricio_Javier.pdf).
- Raudes M; Sagastume N. 2009. Manual de conservación de suelos. Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. (en línea). Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 11 P. Consultado 20 de oct. 2022. Disponible en [https://www.se.gov.hn/media/files/media/Modulo\\_3\\_Manual\\_Conservacion\\_de\\_Suelos.pdf](https://www.se.gov.hn/media/files/media/Modulo_3_Manual_Conservacion_de_Suelos.pdf).

- Rivas, M; Silva R. 2020. calidad física y química de tres compost, elaborados con residuos de jardinería, pergamino de café y bora (*Eichhornia crassipes*). Revista Ciencia Unemi 13(32) 87- 100. Consultado 12 nov. 2022. Disponible en <https://www.redalyc.org/journal/5826/582661898009/html/>.
- Rivero, A. F. 2014. Caracterización físico-química de compost obtenido a partir de residuos orgánicos alimenticios y de poda de la facultad de ciencias y tecnología de la universidad estadual paulista “júlio de mesquita filho”, presidente prudente, são paulo, brasil. (en línea). Tesis. Ing. En Recursos Naturales Renovables. Brasil. Universidad Nacional de Cuyo. Consultado 20 jul. 2022. Disponible en [https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos\\_digitales/16895/tesis-completa-final-final-florenia-rivero.pdf](https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/16895/tesis-completa-final-final-florenia-rivero.pdf).
- Rodríguez, S. (2011). Residuos Sólidos en Colombia: Su manejo es un compromiso de todos.(en línea). Revista de *L'esprit Ingénieux*, 2(1). Consultado 20 jun.2022. Disponible en <http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/lingenieux/article/view/117>.
- Rojas Pérez, F. N; Zeledón Vílchez, E. A. 2007. Efecto de diferentes residuos de origen vegetal y animal en algunas características físicas, químicas y biológicas del compost.Hacienda las Mercedes Managua 2005. (en línea). Tesis Ing. Agr. Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. Consultado 20 jul. 2022. Disponible en <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnq02r741.pdf>.
- Román, p; Martínez, M. M; Pantoja A. 2013. Manual de compostaje del agricultor. (en línea). Santiago de Chile. 18 P. Consultado 20 jul. 2022. Disponible en <https://www.fao.org/3/i3388s/I3388S.pdf>.
- SCCS (Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo); CNIC (Centro Nacional de Investigaciones de Café. (2009). Materia orgánica biología del suelo y productividad agrícola: segundo seminario regional comité regional eje cafetalero. Cenicafe. Bogotá, Colombia.
- Soliva, M; López, M. 2004. calidad del compost: influencia del tipo de materiales tratados y de las condiciones del proceso. (en línea). Barcelona. 3 p. Consultado 07 nov. 2022. Disponible en: [https://ruralcat.gencat.cat/documents/20181/81510/Altres3\\_Calidad+del+compost+influenencia+del+tipo+de+material+tratado+y+delas+condiciones+del+procesopdf/80b5b931-0521-426b-a733-6be0ac2d3a68](https://ruralcat.gencat.cat/documents/20181/81510/Altres3_Calidad+del+compost+influenencia+del+tipo+de+material+tratado+y+delas+condiciones+del+procesopdf/80b5b931-0521-426b-a733-6be0ac2d3a68).
- Soto, G; Meléndez, G. 2004. Como medir la calidad de los abonos orgánicos. (en línea). Costa Rica. 92 P. Consultado 28 jul. 2022 Disponible en <https://1library.co/document/yjm1172y-como-medir-la-calidad-de-los-abonos-organicos.html>.

- TecNM (Tecnológico Nacional de México). s.f. Manejo de residuos sólidos. (en línea). Consultado 27 de jul. 2022. Disponible en <https://www.culiacan.tecnm.mx/wp-content/uploads/2019/09/triptico-residuos-solidos.pdf>.
- Tejada Ascencio, J. M; Urías Hernández, R. A; Vargas Estrada, J. R; Franco Portillo, R. A; Romero Quintanilla, J. C; Marroquín Reina, J. G. 2020. Compostaje de los residuos orgánicos del cafetín universitario. (en línea). Consultado 29 sept. 2022. Disponible en <https://docs.google.com/presentation/d/16fj7z5OadOMPMed8aWafFteWs32zNJdt/edit#slide=id.p1>.
- UDLA (Universidad De Las Américas). 2006. Manual de compostaje y su utilización en agricultura. (en línea). Santiago Chile. 30 p. Consultado 28 jul. 2022. Disponible en [http://bibliotecadigital.fia.cl/bitstream/handle/20.500.11944/145834/FIA-FP-V-2004-1-P-021\\_MA1.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://bibliotecadigital.fia.cl/bitstream/handle/20.500.11944/145834/FIA-FP-V-2004-1-P-021_MA1.pdf?sequence=3&isAllowed=y).
- UNA (Universidad Nacional Costa Rica). s.f. Guía práctica para el manejo de los residuos orgánicos utilizando composteras rotatorias y lombricompost. (en línea). Costa Rica. 4 p. Consultado 27 jul. 2022. Disponible en <https://documentos.una.ac.cr/bitstream/handle/unadocs/3818/Manual%20Composteras.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Urrutia Chaparro, J. 2013. Evaluación de la biodegradación de residuos sólidos ganaderos tratados mediante pilas de compostaje. 8 en línea). Tesis Ing. Civil. Concepción – Chile. Universidad del Bio–Bio. Consultado 28 jul. 2022. Disponible en [http://repopib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/1346/1/Chaparro\\_Urrutia\\_Jorge\\_Luis.pdf](http://repopib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/1346/1/Chaparro_Urrutia_Jorge_Luis.pdf).
- Vaca, F. 2022. Inclusión de lodos lácteos en la elaboración de compost y su efecto como sustrato en plántulas de acelga (*Beta vulgaris* var. *Cicla* L.), en la granja experimental “la pradera”, Chaltura.
- Yanque Hunani L. 2014. Importancia de los abonos orgánicos en la agricultura (en línea). Revista de investigación universitaria 3(1). Consultado 19 jul. 2022. Disponible en <https://revistas.upeu.edu.pe/index.php/riu/article/view/700>.

## X. Anexos



Anexo 1. Alimentación al montículo.



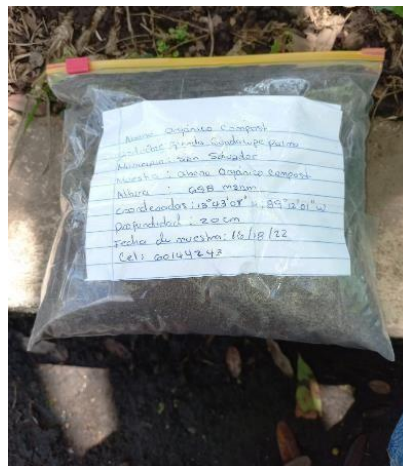
Anexo 2. Tamizado del compost, separación de partículas de mayor tamaño.



Anexo 3. Medición de humedad



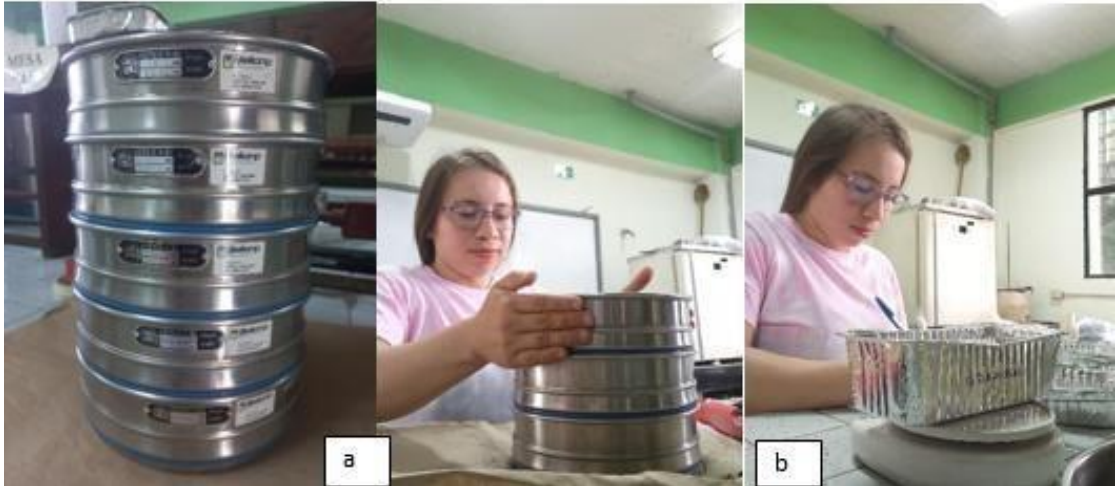
Anexo 4. Tamizado del compost (a). Recolección de muestra. (b). pesado de la muestra



Anexo 5. Rotulación de muestra.



Anexo 6. Identificación de color con la tabla Munsell



Anexo 7. (a) Colocación de tamiz de mayor a menor mesh (b) pesado del restante de cada tamiz.



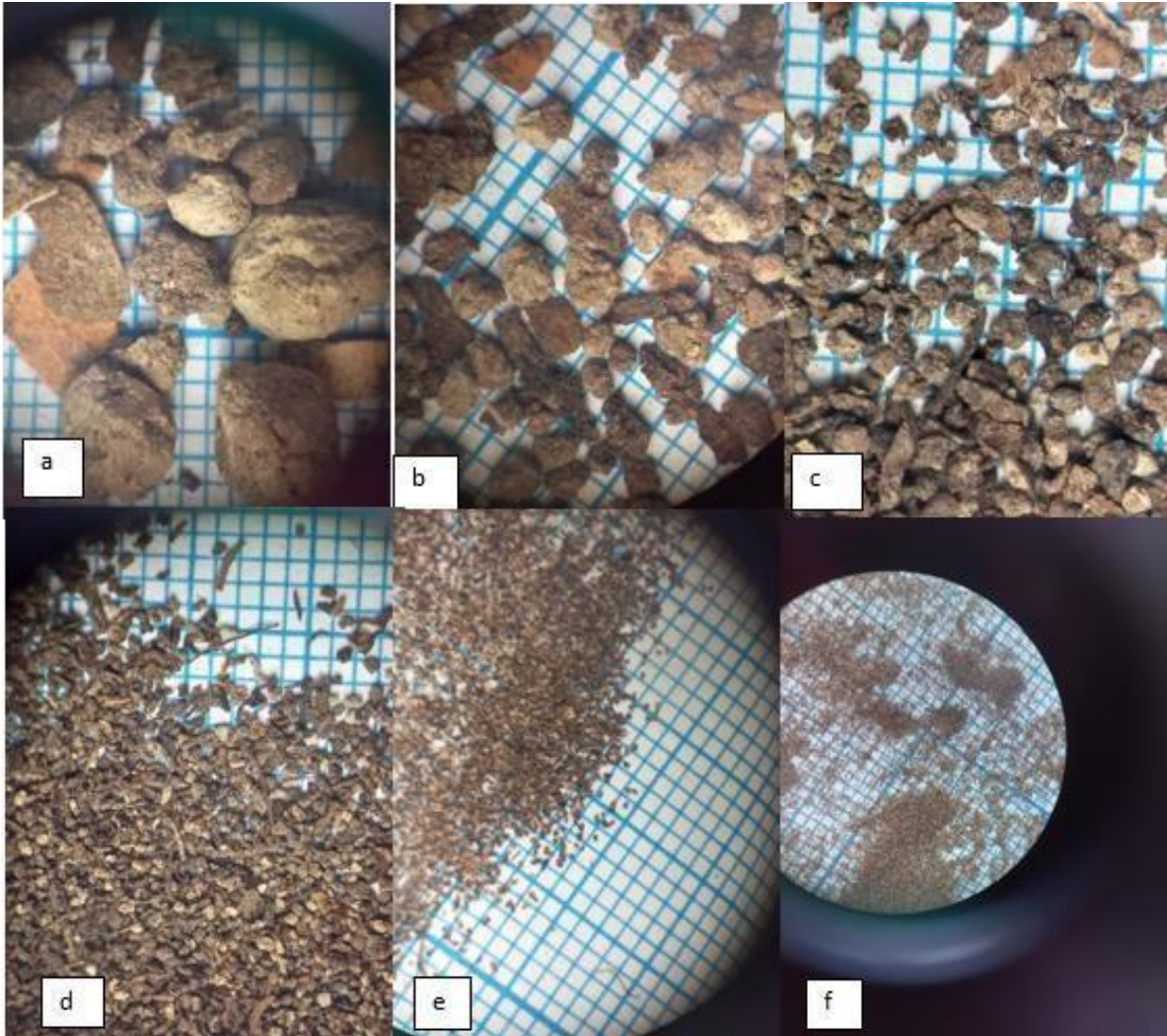
Anexo 8. Tamaño de partícula por cada tamiz.



Anexo 9. Determinar la densidad para cada fracción.



Anexo 10. Identificación de materiales en el compost.



Anexo 11. Identificación del tamaño de partículas a) 2 mm, b) 1 mm, c) 0.5 mm, d) 0.25 mm, e) 0.125 mm, f) < 0.125 mm.

$$D = p/v$$

$$D = 50 \text{ gr}/76 \text{ ml} = 0.66 \text{ gr/ml}$$

$$D = 0.66 \text{ gr/ml} = (1 \text{ kg}/1000\text{gr}) (1,000,000 \text{ ml}/1 \text{ m}^3) = 660 \text{ kg}/\text{m}^3$$

$$D = 660 \text{ kg}/\text{m}^3$$

Anexo 12. Calculo de densidad.





## LABORATORIO DE QUÍMICA AGRÍCOLA

labquimica@centa.gob.sv / grecia.henriquez@centa.gob.sv

San Andrés, 28 de octubre de 2022.

### DATOS GENERALES

Proyecto de tesina: "Evaluación de parámetros fisicoquímicos y biológicos a partir de residuos orgánicos del Cafetín Central de la UES."  
Solicitante: Glenda Guadalupe Palma  
Tipo de Muestra: Compost  
Lugar de recolección: Cafetín Central – Universidad de El Salvador  
Recibida: 27/09/2022  
No. Análisis: 607P

### RESULTADO

ANÁLISIS	BASE HÚMEDA	UNIDADES	Metodología
Nitrógeno total	0.66	g/100 g de muestra	Método Kjeldahl
Fósforo	0.13	g/100 g de muestra	Espectrofotometría visible
Potasio	0.34	g/100 g de muestra	Método de Absorción Atómica
Calcio	4.70	g/100 g de muestra	Método de Absorción Atómica
Magnesio	0.22	g/100 g de muestra	Método de Absorción Atómica
Sodio	0.28	g/100 g de muestra	Método gravimétrico
Hierro	1.59	g/100 g de muestra	Método de Absorción Atómica
Cobre	19.06	mg/Kg de muestra	Método de Absorción Atómica
Manganeso	239.01	mg/Kg de muestra	Método de Absorción Atómica
Zinc	102.96	mg/Kg de muestra	Método de Absorción Atómica
Humedad	28.13	g/100 g de muestra	Método gravimétrico
Cenizas	80.92	g/100 g de muestra	Método gravimétrico
Materia Orgánica	N.C.	g/100 g de muestra	Calculado
pH	7.97		Método potenciométrico <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Métodos Oficiales de la A.O.A.C 15ª edición 1990

N.C.: No calculable mediante los datos de humedad y cenizas.

Este informe de análisis se basa en una muestra de producto recibido por el laboratorio, el proceso de muestreo ha sido responsabilidad del interesado.

Químico Analista: Ing. Grecia de Chávez

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





FECHA DE EMISIÓN: 12/10/2022	NOMBRE DEL CLIENTE: Glenda Guadalupe Palma	
NOMBRE DE LA MUESTRA: Abono Orgánico Compost		
FECHA DE TOMA DE MUESTRA: -	FECHA DE RECEPCIÓN: 27/9/2022	FECHA DE ANÁLISIS: 28/9/2022
MUESTREADO POR: Cliente	TRASLADO DE LA MUESTRA: Cliente	TIPO ANÁLISIS: Microbiológica
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA: Mezcla en polvo, ligeramente húmedo, de textura suelta y granulosa de color característico.		

CÓDIGO	PARÁMETRO	TÉCNICA	RESULTADOS	UNIDADES
LTA012	Recuento de Coliformes	Técnica de Placas Petrifilm	200	UFC/g
LTA014	Recuento de Mohos	Técnica de Placas Petrifilm	40	UFC/g
	Recuento de Levaduras	Técnica de Placas Petrifilm	50	UFC/g
LTA016	Determinación de <i>E. coli</i>	Técnica de Placas Petrifilm	Ausencia	UFC/g

UFC: unidad formadora de colonia.  
g: gramo

San Andrés, 12 de octubre del 2022

Ing. Jared López  
Analista



Inga Aurora Valle  
Coordinadora de Laboratorio de Tecnología de Alimentos

Anexo 14. Resultado del análisis de los parámetros microbiológico.

Modalidad		Color	A <sub>665</sub> /C	Log 465/665	Tipo Humus
Café con sombrío	7,5 YR 3/4	Pardo oscuro	7.65	0.34	A
	7,5 YR 3/3	Pardo oscuro	3.79	0.46	P
	5 YR 3/3	Pardo rojizo oscuro	4.83	0.39	P
Café al sol	7,5 YR 4/4	Pardo	11.77	0.31	A
	7,5 YR 4/4	Pardo	21.60	0.22	A
	7,5 YR 2,5/2	Pardo muy oscuro	3.12	0.49	P

Fuente: SCCS (2009)

Anexo 15. Cuadro de determinación de colores en muestras de compost, utilizando tabla Munsell para suelos.

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 acidificarse	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 amoniaco alcalinizando el medio.	Adición de material más seco y con mayor contenido en carbono (restos de poda, hojas secas, aserrín)

Fuente: Román *et al.* (2013).

Anexo 16. Cuadro de características generales de un compost comercial aceptable.

Parámetros	Rangos
Materia orgánica	35-50%
Humedad	30-40%
Densidad aparente	0.4-0.7g/cc
pH	7-7.5
Fosforo	1-2
Potasio	0.2-0.8
Calcio	6-15
Magnesio	0.2-0.5
Sodio	0.04-0.24
Hierro	1.4-2.6
Manganeso	100-500
Boro	25-57

Fuente: CMA Sf.

Anexo 17. Cuadro de rango de los parámetros más significativos para el compost.

**NORMA TÉCNICA COLOMBIANA** **NTC 5167**  
 2011-03-23

PRODUCTOS PARA LA INDUSTRIA AGRÍCOLA,  
 PRODUCTOS ORGÁNICOS USADOS COMO  
 ABONOS O FERTILIZANTES Y ENMIENDAS O  
 ACONDICIONADORES DE SUELO

**Tabla 9: Requisitos microbiológicos**

Parámetro	Requisito
<i>Salmonella</i> spp	ausente en 25 g
Coliformes totales	< 1 000 NMP o UFC/g o ml
Huevos de helminto viables <sup>(1)</sup>	< 1 en 4g de muestra (base seca)
Filopatógenos <sup>(1)</sup>	Ausente

<sup>(1)</sup> Se debe garantizar la sanidad del material, en relación con fitopatógenos específicos que pudieran estar presentes según el origen de las materias primas y de acuerdo con lo establecido por la autoridad nacional competente, se excluye de estos requisitos los productos de origen pedogenético.

Anexo 18. Parámetros microbiológicos NTC 5167.