

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



Evaluación de la Calidad del Compost a base de estiércol de conejo mediante los métodos convencional y del balancín con visión agroecológica en la estación experimental y de prácticas de la Universidad de El Salvador

Cesar Elías Rosales Pérez

Presentada como requisito para obtener el Título de Ingeniero Agrónomo.

Ciudad universitaria, febrero 2025.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

Ing. Agr. MSc. JUAN ROSA QUINTANILLA

SECRETARIO GENERAL

LIC.PEDRO ROSALIO ESCOBAR CASTANEDA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS

DECANO

Ing. Agr. MSc. NELSON BERNAVÉ GRANADOS

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

ING. MSc. JOSÉ MAURICIO TEJADA ASCENCIO

DOCENTES DIRECTORES

ING. MSc. JOSÉ MAURICIO TEJADA ASCENCIO

**COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA AGRONÓMICA**

ING. AGR. JUAN GERARDO MARROQUÍN REINA

DEDICATORIA

Primeramente a Dios por brindarme la sabiduría y la fuerza para lograr y realizar mi trabajo de investigación, por ser siempre mi guía hasta el día de hoy.

A mis padres María Eulalia Pérez y José Elías Rosales por haberme brindado su apoyo incondicional durante todo el transcurso de mi carrera como estudiante, por lo que les admiro y respeto, ya que ellos han sido pilar fundamental para culminar mi carrera.

A mis hermanos Manuel de Jesús Rosales Pérez, Rafael Antonio Rosales Pérez y Rosario Elizabeth Rosales Pérez por siempre apoyarme y brindarme palabras de aliento.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer sobre todo a Dios, quien es mi guía y me dio las fuerzas y la sabiduría para culminar mi trabajo de investigación.

A mi tutor ing. MSc. José Mauricio Tejada Ascencio por contar con su ayuda en todo el proceso de mi investigación por compartir sus conocimientos y consejos.

Mis profundos agradecimientos a los docentes de la facultad de ciencias agronómicas, compañeros y amigos que me alentaban a seguir a delante.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	6
1. INTRODUCCIÓN.....	10
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
3. OBJETIVOS.....	12
4. ESTADO DEL ARTE	13
5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	15
5.1 Que es compost.....	15
5.1.2 Que es compostaje.....	15
5.1.3 Calidad del compost	15
5.2 Fases del compostaje	16
5.2.1 Fase mesófila.....	16
5.2.2 Fase Termófila o de Higienización.	17
5.2.3 Fase de Enfriamiento o Mesófila II.	17
5.2.4 Fase de Maduración.	17
5.3 Parámetros a controlar	17
5.3.1 Temperatura	17
5.3.1.2 Parámetros de temperatura óptimos.....	18
5.3.2 Humedad.....	18
5.3.2.1 Técnica del puño cerrado	19
5.3.2.2 Parámetros de humedad óptimos.....	19
5.4 PH.....	19
5.4.1 Parámetros de pH óptimos.....	20
5.5 Oxígeno	20
5.6 Conductividad eléctrica	20
5.7 Microorganismos en el proceso de compostaje.....	21
5.8 Condiciones ideales del compostaje.....	21
5.9 Parámetros relativos a la naturaleza del sustrato	22
5.9.1 Tamaño de partícula.....	22
5.9.2 Relación C: N.	22
5.10 Efectos del compost en el suelo	23

5.11	Sistemas abiertos o en pilas	23
5.12	Compostaje en Pilas con Volteo Mecánico	23
6.	Metodología.....	24
6.1	Descripción del lugar de estudio	24
6.2	Descripción de los métodos a utilizar en la investigación para elaborar compost.	26
6.2.1	Método convencional.....	26
6.2.2	Método del balancín	26
6.3	Pasos para la elaboración de compost a base de estiércol de conejo	27
6.3.1	Método convencional.....	27
6.3.2	Método del balancín	27
6.4	Metodología de campo	27
6.5	Metodología de laboratorio	28
6.5.1	Toma de la muestra.....	28
7.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	29
7.1	TEMPERATURA DE LA COMPOSTERA POR EL MÉTODO CONVENCIONAL.....	29
7.1.2	TEMPERATURA DE LA COMPOSTERA POR MÉTODO DEL BALACIN	31
7.2	PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LA COMPOSTERA POR EL MÉTODO CONVENCIONAL	33
7.2.1	PORCENTAJE DE HUMEDAD POR EL MÉTODO DEL BALANCÍN	34
7.3	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN COMPOST POR EL MÉTODO CONVENCIONAL.....	36
7.3.1	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN COMPOST POR EL MÉTODO DEL BALANCÍN	37
7.4	Resultado de análisis en laboratorio de muestra de compost (nitrógeno, fosforo, potasio) .39	
7.5	Comparación de Resultados de apariencia física por los métodos convencional y balancín.	39
7.5.1	Tamaño de partículas	39
7.5.2	Olor	40
7.5.3	Color	40
8.	CONCLUSIONES	41
9.	RECOMENDACIONES	42
10.	BIBLIOGRAFÍA.....	43
11.	Anexos.....	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 (sistema balancín)	figura. 2 (cubeta agujerada)	26
Figura 3 conejera de la facultad de ciencias agronómica de la UES.		28
Figura 4. Grafico del comportamiento de temperatura del compostaje por el método convencional		29
Figura 5. Grafico del comportamiento de temperatura por el método del balancín		31
Figura 6. Grafico del comportamiento de temperatura por el método del balancín		33
Figura 7. Grafico del comportamiento de temperatura por el método del balancín		35
Figura 8. Grafico del comportamiento de la conductividad eléctrica por el método convencional .		36
Figura 9. Grafico del comportamiento de la conductividad eléctrica por el método del balancín ...		38

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE TABLAS	8
Tabla 1. Datos de temperatura del compostaje por el método convencional.	29
Tabla 2. Datos de temperatura del compostaje por el método convencional.	31
Tabla 3. Datos de humedad del compostaje por el método convencional.	33
Tabla 4. Datos de humedad del compostaje por el método convencional.	34
Tabla 5. Datos de conductividad eléctrica del compostaje por el método convencional.....	36
Tabla 6. Datos de conductividad eléctrica del compostaje por el método convencional.....	37
Tabla 7. Contenido de nutrientes de NPK por el método convencional.....	39
Tabla 8. Contenido de nutrientes de NPK del compost según manual de la FAO.	39

RESUMEN

La investigación se realizó en la estación experimental y de prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas, en la jurisdicción de San Luis Talpa, departamento de la Paz, con el objetivo de evaluar la calidad en compost a base de estiércol de conejo por medio de dos métodos convencional y del balancín con visión agroecológica,

El compost se elaboró con estiércol de conejo el cual se recolectaba cada semana de la conejera de la estación experimental de la UES además se agregó granza de arroz y microorganismos de montaña se preparó una pila con los materiales y se dejó una cantidad en el suelo y otra en los balancines, luego se tomaron datos de parámetro de calidad como temperatura, humedad, y conductividad eléctrica de cada uno de ellos, estos datos fueron tomados con el sensor del suelo.

Al final se realizó un análisis físico químico en los laboratorios del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA) de la muestras del compost, se compararon los resultados obtenidos con el manual de compostaje de la FAO, los cuales fueron similares, es importante tener en cuenta que el contenido de estos elementos va a depender de los materiales de origen de partida.

ABSTRACT

The research was carried out at the experimental and practical station of the Faculty of Agronomic Sciences, in the jurisdiction of San Luis Talpa, department of La Paz, with the objective of evaluating the quality of compost based on rabbit manure by means of two traditional methods and the agroecological vision,

The compost was made with rabbit manure, which was collected every week from the rabbit hutch of the experimental station of the UES. In addition, rice hulls and mountain microorganisms were added, a pile was prepared with the materials and an amount was left in the soil and another in the rockers, then data of quality parameters such as temperature, humidity, and electrical conductivity were taken from each of them, these data were taken with the soil sensor.

Finally, a physical-chemical analysis of the compost samples was carried out in the laboratories of the National Center for Agricultural and Forestry Technology (CENTA), and the results obtained were compared with the FAO composting manual, which were similar; it is important to bear in mind that the content of these elements will depend on the source materials.

1. INTRODUCCIÓN

El compostaje es un proceso natural que permite transformar los residuos orgánicos (restos de poda, de cosecha, de post-cosecha, estiércol, pasto, fruta caída, entre otros). En un producto llamado compost que es un material oscuro con olor a tierra de bosque, rico en nutrientes y que mejora la fertilidad del suelo. El compostaje se puede realizar en entornos domésticos, agrícolas e industriales, y puede ser una excelente solución para reducir la cantidad de residuos orgánicos que van a los vertederos y que a su vez crean gases de efecto invernadero.

Sin embargo, no todos los materiales que han sido transformados aeróbicamente, son considerados compost. El proceso de compostaje incluye diferentes etapas que deben cumplirse para obtener compost de calidad, así como también considerar parámetros de calidad tales como temperatura, humedad, aireación, tamaño de partículas entre otros que son esenciales para obtener un compost de buena calidad.

Por lo cual esta investigación se realizó a fin de hacer un uso eficiente de los residuos que están disponibles en la estación experimental y de prácticas de la universidad de El Salvador, y que mejor forma de hacerlo de una manera agroecológica, transformando los residuos orgánicos en este caso el estiércol de conejo en compost, ayudando a recuperar la estructura de suelos desgastados y devolviendo nutrientes que son esenciales para el desarrollo de las plantas.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Uno de los principales problemas ambientales de las actividades agrícolas son los residuos orgánicos ya sea de las cosechas, estiércol de animales entre otros, que pueden ser utilizados para la elaboración de compost

Problema que es ocasionado por el desconocimiento de su tratamiento el tiempo que se utiliza el espacio y el costo que pueda llevar realizarlo.

El compost es un abono orgánico que puede reducir la dependencia de fertilizantes químicos, ayudar a recuperar la fertilidad del suelo y mejorar la retención de agua y la llegada de nutrientes a las plantas.

Actualmente en la estación experimental y de prácticas de la facultad de ciencias agronómicas de la universidad de el salvador, no se estaba realizando ningún tratamiento de las heces de conejo, por lo que se tiraban a la intemperie sin darles ningún uso y desperdiciando todo esos residuos que con el debido tratamiento se podrían aprovechar, siendo hasta hace poco que se están tratando para realizar compost

Por esta razón se propone evaluar la calidad del compost bajo dos modalidades haciendo uso de los métodos convencional y método del balancín y así poder aprovechar todos los residuos de la conejera de la estación experimental y de prácticas de la universidad de el salvador, para mejorar la calidad de los suelos.

¿Cuál de los dos métodos utilizados para elaborar compost a base de estiércol de conejo obtendrá mayor calidad?

3. OBJETIVOS

General

Evaluar la calidad del compost a base de estiércol de conejo mediante los métodos convencional y del balancín con visión agroecológica en la estación experimental y de prácticas de la Universidad de El Salvador.

Específicos

- Elaboración de compost utilizando estiércol de conejo, grana de arroz y microorganismos de montaña en los métodos convencional y del balancín.
- Evaluar las propiedades nutricionales y químicas del compost obtenido por los métodos convencional y del balancín.
- Comparar la calidad nutricional mediante los resultados de los análisis obtenidos en laboratorio.

4. ESTADO DEL ARTE

La investigación realizada por. (Huamán, 2019) en el distrito de Huayucachi, Huancayo, fue evaluar la calidad del compost a partir de la mezcla de 4 tipos de residuos orgánicos: estiércol de vaca, estiércol de oveja, residuos de mercado y restos de cosecha, con la aplicación de 3 dosis de “Microorganismos Eficaces” (EM) al 5 %, En la investigación, se empleó el método experimental con un diseño completamente al azar, con 12 composteras de 0.8 m x 0.6 m, se monitorearon constantemente los parámetros de temperatura, pH, humedad y conductividad eléctrica. Las muestras fueron analizadas en el laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la UNALM. Los resultados permitieron determinar que los parámetros: humedad, pH, conductividad eléctrica, contenido de materia orgánica, nitrógeno total, fósforo, potasio, calcio, magnesio, cobre, relación C: N, cromo y plomo, se encuentran dentro de los estándares de compost de calidad, según la Norma Técnica Chilena, FAO, IIAP-Iquitos y EPA-Australia. Por otro lado, los metales como cadmio y zinc exceden los estándares de calidad del EPA-Australia y la Norma Técnica Chilena, debido a sus contenidos superiores a 1 ppm. La aplicación de EM al proceso de compostaje incrementó el contenido de humedad, conductividad eléctrica, calcio, cobre, zinc, relación C: N, cadmio y cromo en el compost obtenido, respecto al compost sin aplicación de EM.

Según la investigación por (Bohórquez, 2014) realizada en el departamento del Valle del Cauca, corregimiento de San Antonio de los Caballeros (Florida), a una altitud de 1050 msnm. En la planta de compostaje del ingenio Riopaila-Castilla se evaluó la calidad del compost, producido en los diferentes tratamientos, se compararon éstos con la norma técnica colombiana (NTC) 5167, la cual sugiere que los valores de NPK deben ser superiores a 1%. El tratamiento T3 presentó los mayores valores en nitrógeno (1,3%), fósforo (2,5%) y potasio (1,0%), así, presenta las mayores concentraciones de NPK. En los tratamientos restantes, el nitrógeno y el potasio presentaron bajos contenidos y se encuentran por debajo de 1%. Al final el tratamiento que presentó la mejor calidad con los mejores contenidos nutricionales fue el correspondiente a la mezcla de 50% de cachaza y 50% de bagazo, suplementada con 2m³ de vinaza.

Según la investigación realizada por (Tejada, 2020) se centra en la elaboración y evaluación de compost de diferentes variedades en base a residuos agroindustriales predominantes en el distrito de Cocachacra, en la provincia de Islay del departamento de Arequipa. En total, se elaboraron tres repeticiones de cinco muestras: combinación de estiércol vacuno con cascarilla de arroz en proporciones 30%-70% y 50%-50%, combinación de estiércol vacuno con broza de papa en proporciones 30%-70% y 50%-50% y una muestra de punto central elaborada con 100% de estiércol vacuno. Se demostró que la combinación que evidencia cumplimiento de todos los parámetros evaluados es la elaborada en base a estiércol vacuno con cascarilla de arroz en proporción 50%-50%, por encima de la combinación en relación 70%-30% que excede el contenido máximo de Fósforo en la muestra y superando también las muestras elaboradas en base a estiércol vacuno y broza de papa en sus dos combinaciones y el compost elaborado con 100% estiércol vacuno que no alcanzan el valor mínimo requerido por la norma para la relación Carbono/Nitrógeno.

según (Mulato, 2018) tenía como objetivo en su investigación cuál de los compost de diferentes fuentes y proporciones se desempeñan mejor en la evaluación de la calidad con características físico químicas en el distrito de San Jerónimo de Tunán, Para un mejor rendimiento en la producción orgánica se instalaron 5 pilas de compostaje de estos materiales denominados “tratamientos”, además se evaluó el efecto de la aplicación de estiércol de animales vacunos y cuyes sobre la calidad Físico - química del compost, junto con el grado de degradación alcanzado en cada uno de los tratamientos. La metodología de compostaje utilizada, se basó en un proceso aeróbico de tres meses. Se realizaron volteos semanales de forma manual, riegos diarios para mantener la humedad óptima, medición de temperatura de manera diaria, aplicación de estiércol vacuno y cuyes al inicio del proceso de compostaje.

5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

5.1 Que es compost

Según el ingeniero (Restrepo, 2018) El compost es el producto de descomposición natural de la materia orgánica hecha por los organismos descomponedores (bacterias, hongos) y por pequeños animales detritívoros como lombrices y escarabajos.

Según investigaciones de (Catalana, 2018) El compost es un abono orgánico que se obtiene a través de un proceso biológico que ocurre en condiciones aeróbicas (en presencia del oxígeno del aire). La materia vegetal y/o materia de heces de animal con la adecuada humedad y temperatura, se descompone gracias a diferentes microorganismos que realizan una transformación higiénica de los restos orgánicos y la convierten en un material homogéneo y asimilable para las plantas.

5.1.2 Que es compostaje

El compostaje es una tecnología de bajo costo, que garantiza que los residuos orgánicos vinculen sus componentes en el ciclo de la cadena de producción primaria, además permite mejorar las condiciones físico-químicas del suelo y aumenta la productividad de los cultivos (Pineda, 2019)

5.1.3 Calidad del compost

El concepto calidad es difícil de definir ya que hay que tener en cuenta múltiples aspectos y, además, puede ser siempre muy subjetivo. Siempre debería considerarse la calidad del compost a partir de aquellas características que resulten de aplicar un tratamiento respetuoso con el medio ambiente, acorde con una gestión racional de los residuos y que tenga como objetivo fabricar un producto destinado para su uso en el suelo o como sustrato. (Soliva, 2004)

Uno de los aspectos más estudiados actualmente es la determinación de la calidad del producto final. Los laboratorios de análisis de suelos y foliares han optado por ofrecer como análisis de compost la digestión total, que determina el contenido total de los nutrientes. Sin embargo, este análisis sobreestima la disponibilidad de nutrientes a corto plazo, porque las tasas de liberación son más lentas.

Todavía no existe un análisis único que evalúe la calidad del compost, si no que se debe utilizar una mezcla de varios. Algunos países han avanzado en la regulación para el uso del término “compost” en el etiquetado de productos.

En América Central es necesario trabajar en una legislación que regule este proceso, porque muchos productores etiquetan como compost materiales aún no terminados, con poco valor nutritivo y a veces con contaminantes. (Soliva, 2004)

La calidad del compost no es un concepto absoluto, sino que depende de los usos a que se destine. Podríamos definirla como “la capacidad o aptitud del compost para satisfacer las necesidades de las plantas, con un mínimo impacto ambiental y sin riesgo para la salud pública (Ansorena, 2011)

La calidad del compost para un uso dado suele determinarse, entre otras, por dos vías diferentes:

- Mediante experimentos de campo, en los que se mide la respuesta de las plantas en condiciones reales de cultivo a diferentes dosis de compost, en términos de producción de biomasa, crecimiento radicular, número de hojas o de flores, etc.
- midiendo un conjunto de propiedades, algunas de las cuales, como las organolépticas (olor, color, tamaño de partícula, presencia de elementos impropios tales como plásticos, vidrio, etc.) pueden evaluarse sensorialmente, mientras que las propiedades físicas, químicas y biológicas (densidad, porosidad, aireación, pH, conductividad eléctrica, nutrientes, metales pesados, contaminación bacteriológica, etc.), normalmente se determinan en el laboratorio. (Ansorena, 2011)

5.2 Fases del compostaje

El compostaje es un proceso biológico, que ocurre en condiciones aeróbicas (presencia de oxígeno). Con la adecuada humedad y temperatura, se asegura una transformación higiénica de los restos orgánicos en un material homogéneo y asimilable por las plantas (FAO, 2013)

Al descomponer el C, el N y toda la materia orgánica inicial, los microorganismos desprenden calor medible a través de las variaciones de temperatura a lo largo del tiempo. Según la temperatura generada durante el proceso, se reconocen tres etapas principales en un compostaje, además de una etapa de maduración de duración variable. Las diferentes fases del compostaje se dividen según la temperatura, en:

5.2.1 Fase mesófila.

El material de partida comienza el proceso de compostaje a temperatura ambiente y en pocos días (e incluso en horas), la temperatura aumenta hasta los 45°C. Este aumento de temperatura es debido a actividad microbiana, ya que en esta fase los microorganismos

utilizan las fuentes sencillas de C y N generando calor. El pH puede bajar (hasta cerca de 4.0 o 4.5). Esta fase dura pocos días (entre dos y ocho días). (Catalana. 2018)

5.2.2 Fase Termófila o de Higienización.

Cuando el material alcanza temperaturas mayores que los 45°C, los microorganismos que se desarrollan a temperaturas medias (microorganismos mesófilos) son reemplazados por aquellos que crecen a mayores temperaturas, en su mayoría bacterias (bacterias termófilas), que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de C, como la celulosa y la lignina. (FAO, 2013)

5.2.3 Fase de Enfriamiento o Mesófila II.

Agotadas las fuentes de carbono y, en especial el nitrógeno en el material en compostaje, la temperatura desciende nuevamente hasta los 40-45°C. Durante esta fase, continúa la degradación de formas más complejas, y aparecen algunos hongos visibles a simple vista (manchas blancas en algunas partes del compost). Al bajar de 40°C, los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH puede descender otra vez un poco. Esta fase de enfriamiento requiere de varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración (Catalana, 2018)

5.2.4 Fase de Maduración.

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

5.3 Parámetros a controlar

A continuación se describen algunos parámetros que nos van a ser de ayuda para comprobar si nuestro proceso se está realizando de manera óptima y todo va según lo previsto. Algunos son más fáciles de determinar en campo y no necesitan de instrumentos específicos para hacer el seguimiento y otros son más complicados, aun así, es importante conocerlos todos para conocer más el proceso que se está dando en nuestro compost y en caso de tener algún problema saber que puede estar sucediendo. (Catalana. 2018)

5.3.1 Temperatura

Las temperaturas que alcanza el sustrato durante el proceso de compostaje dependen del calor generado por la actividad microbiana y de la distribución y pérdida del mismo en el sistema. Durante el proceso de compostaje la temperatura ejerce una selección progresiva de las especies microbianas responsables de la degradación y transformación

del sustrato. Elevadas temperaturas pueden tener efectos beneficiosos puesto que permiten eliminar organismos patógenos y parásitos termolábiles pero también pueden tener efectos negativos sobre el progreso del compostaje al eliminar los organismos necesarios o beneficiosos para el proceso de compostaje. La evolución de la temperatura a lo largo del proceso debe permitir la conjunción entre tasas elevadas de biodegradación y la higienización del material, alcanzando niveles térmicos que permitan un adecuado desarrollo de ambos procesos. (Tortosa, 2013)

De este modo los requerimientos durante el compostaje, en términos de temperatura, deben conjugar: higienización (mayor que 55°C), máxima degradación (45-55°C) y máxima diversidad microbiana (35-40°C), lo que ha sido ampliamente discutido en numerosos estudios, sin embargo, existe poco consenso sobre el mejor régimen o condiciones operativas a utilizar durante el compostaje. El rango de temperaturas comprendido entre los 35 y los 55°C se considera óptimo para el proceso de compostaje. (Tortosa, 2013)

5.3.1.2 Parámetros de temperatura óptimos

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

Fuente: FAO 2013

5.3.2 Humedad

La humedad será uno de los parámetros que podremos ir controlando y en el caso de no ser correcto, cambiarlo., ¿cómo puedo determinar cuando está suficientemente húmedo mi compost? Sí, esto se puede determinar con la “técnica del puño”. Esta técnica se

realiza agarrando una pequeña cantidad de compostaje con el puño y apretar. Según la reacción del compost se puede determinar su humedad de la siguiente manera

La humedad óptima para el crecimiento microbiano está entre el 50-70%; la actividad biológica decrece mucho cuando la humedad está por debajo del 30%; por encima del 70% el agua desplaza al aire en los espacio libres existentes entre las partículas, reduciendo la transferencia de oxígeno y produciéndose una anaerobiosis. Cuando las condiciones se hacen anaerobias se originan malos olores y disminuye la velocidad del proceso. (Márquez, S.F)

5.3.2.1 Técnica del puño cerrado

Consiste en introducir la mano en la pila, sacar un puñado de material y abrir la mano. El material debe quedar apelmazado pero sin escurrir agua. Si corre agua, se debe voltear y/o añadir material secante (aserrín o paja). Si el material queda suelto en la mano, entonces se debe añadir agua y/o añadir material fresco (restos de hortalizas o césped). (Catalana. 2018)

5.3.2.2 Parámetros de humedad óptimos

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

Fuente: FAO 2013.

5.4 PH

El pH del compostaje depende de los materiales de origen y varía en cada fase del proceso (desde 4.5 a 8.5). En los primeros estadios del proceso, el pH se acidifica por la formación

de ácidos orgánicos. En la fase termófila, debido a la conversión del amonio en amoniaco, el pH sube y se alcaliniza el medio, para finalmente estabilizarse en valores cercanos al neutro. El pH define la supervivencia de los microorganismos y cada grupo tiene pH óptimos de crecimiento y multiplicación. La mayor actividad bacteriana se produce a pH 6,0- 7,5, mientras que la mayor actividad fúngica se produce a pH 5,5-8,0. El rango ideal es de 5,8 a 7,2. (FAO, 2013)

5.4.1 Parámetros de pH óptimos

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

Fuente: FAO 2013

5.5 Oxígeno

El compostaje es un proceso aerobio y se debe mantener una aireación adecuada para permitir la respiración de los microorganismos, liberando a su vez dióxido de carbono (CO₂) a la atmosfera. Así mismo, la aireación evita que el material se compacte o se encharque. Las necesidades de oxígeno varían durante el proceso, alcanzando la mayor tasa de consumo durante la fase termofílica La saturación de oxígeno en el medio no debe bajar del 5%, siendo el nivel óptimo el 10%. Un exceso de aireación provocaría el descenso de temperatura y una mayor pérdida de la humedad por evaporación, haciendo que el proceso de descomposición se detenga por falta de agua. (Huaman, 2019)

5.6 Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica (CE) es la capacidad de la solución del suelo para transportar corriente eléctrica en función del contenido de sales disueltas o ionizadas en la solución Por lo tanto, a mayor CE, mayor es la concentración de sales.

5.7 Microorganismos en el proceso de compostaje

Los organismos presentes durante el proceso de compostaje varían dependiendo de los sustratos y las condiciones del proceso. Son sus interacciones y la secuencia en el tiempo los que determinan el tipo de compostaje. Bacterias y hongos se encargan de la fase mesófila, especialmente bacterias del género *Bacillus* sp, aunque existen también algunos *Bacillus* termófilos. El 10% de la descomposición es realizada por bacterias, del 15-30% es realizado por actinomicetes. Después de que los materiales lábiles han desaparecido, los predominantes son los actinomicetes, hongos y levaduras. (Huaman, 2019)

Microbiota durante las diferentes etapas del compostaje expresado en unidades formadoras de colonias por gramo.

Microorganismos	Etapas de compostaje			Nº especies
	Mesofilica 20°C-40°C	Termofilica 40-70°C	Mesofilica 70°C-20°C	
Bacterias				
mesófilas	10 ⁸	10 ⁶	10 ¹¹	6
termófilas	10 ⁴	10 ⁹	10 ⁷	1
Actinomycetes				
termófilos	10 ⁴	10 ⁸	10 ⁵	14
Hongos				
mesófilos	10 ⁶	10 ³	10 ⁵	18
termófilos	10 ³	10 ⁷	10 ⁶	16

Fuente: FAO 2013

5.8 Condiciones ideales del compostaje

Dado que el compostaje es un proceso de descomposición predominantemente aeróbico, las prácticas de manejo deben crear las condiciones óptimas para el establecimiento y desarrollo de estos organismos. Las condiciones que favorecen el crecimiento de los microorganismos aeróbicos son: presencia de oxígeno, temperatura, agua y una nutrición balanceada. (Soto, 2002)

Condición	Ambito aceptable	Condición óptima
Relación C:N	20:1 – 40:1	25:1 – 30:1
Humedad	40 – 65%	50 –60 %
Oxígeno	+ 5%	ª 8%
pH	5,5 – 9,0	6,5 – 8,0
Temperatura °C	55 – 75	65 – 70°C
Tamaño de partícula	0,5 – 1,0	variable

Fuente: FAO 2013

Hay otros factores que también pueden afectar su desarrollo tales como: pH, fuentes energéticas de fácil solubilización como azúcares simples (melaza), y mayor superficie de contacto o tamaño de partícula.

5.9 Parámetros relativos a la naturaleza del sustrato

5.9.1 Tamaño de partícula

La actividad microbiana está relacionada con el tamaño de la partícula, esto es, con la facilidad de acceso al sustrato. Si las partículas son pequeñas, hay una mayor superficie específica, lo cual facilita el acceso al sustrato. El tamaño ideal de los materiales para comenzar el compostaje es de 5 a 20 cm. La densidad del material, y por lo tanto la aireación de la pila o la retención de humedad, están estrechamente relacionados con el tamaño de la partícula, siendo la densidad aproximadamente 150 -250 kg/m³, conforme avanza el proceso de compostaje, el tamaño disminuye y por tanto, la densidad aumenta, 600-700 kg/m³.

Las condiciones físico - químicas de los sustratos. Los sustratos son la única fuente de alimento para los microorganismos descomponedores y por lo tanto, las cualidades y cantidades de los nutrimentos deben ser suficientes para permitir a éstos cumplir sus funciones (crecimiento, regulación y reproducción). (Soto, 2002)

5.9.2 Relación C: N.

Una buena relación C: N es importante para suplir un sustrato adecuado para el desarrollo de los microorganismos, que acelere el proceso de descomposición y mejore la calidad del producto final. Una relación C: N muy alta retarda el proceso de descomposición, mientras que una muy baja, hace que se pierda N por falta de estructuras de carbono que permitan su retención. (Soto, 2002)

5.10 Efectos del compost en el suelo

El compost tiene efectos positivos en el suelo, tales como: incremento en la actividad de la fauna del suelo, reducción de microorganismos patógenos, incremento en la densidad aparente, estabilización del pH, incremento de la capacidad de intercambio catiónico, disminución del lavado de nitratos eliminación de patógenos y semillas de malezas por las altas temperaturas generadas por la actividad microbiana degradación de residuos de plaguicidas (Soto, 2002)

El compost puede ser considerado como un mejorador del suelo porque la adición de ácidos húmicos aumenta la capacidad de intercambio catiónico y mejora la capacidad de manejo de agua, aspectos esenciales para una finca sostenible. Pero también es usado como abono. La mayoría de los productores, durante el proceso de transición de agricultura convencional a orgánica, buscan alternativas al uso de fertilizantes sintéticos y utilizan el compost como abono orgánico (García A et al. 2008)

El uso de compost también tiene desventajas, tales como el incremento en los contenidos de sales a niveles que pueden afectar el crecimiento de cultivos sensibles y fitotoxicidades, especialmente cuando se emplean residuos con trazas de metales pesados o materiales no terminados (García et al. 2008)

5.11 Sistemas abiertos o en pilas

Cuando hay una cantidad abundante y variada de residuos orgánicos (sobre 1m³ o superior), se puede llevar a cabo este tipo de compostaje. En función del manejo de las pilas en planta (espacio, tecnificación, tiempo de retención), existe una amplia variedad de formación de pilas, variando así el volumen de estas, su forma, la disposición y el espacio entre ellas. (FAO, 2013)

5.12 Compostaje en Pilas con Volteo Mecánico

Desde los inicios y por muchas décadas, el método más simple y adoptado para el volteo de las pilas de compostaje ha sido el de “pala frontal”. Todavía se utilizan extensamente en sistemas de pequeña escala en el procesamiento de residuos agrícolas y estiércol animal. En los procesos de mayor escala e industrializados, la “pala cargadora frontal” se ha ido sustituyendo progresivamente por equipos diseñados especialmente para la aireación y/o volteo mecánico de la biomasa, en una amplia diversidad de sistemas, diseños y dimensiones (INIA, 2013)

6. Metodología.

6.1 Descripción del lugar de estudio

La investigación se realizó en el área de la conejera de la estación experimental y de prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas, en la jurisdicción de San Luis Talpa, departamento de la Paz localizado geográficamente a una latitud de $13^{\circ}28'26''$ N, longitud $89^{\circ}08'33''$ O y su altitud es de 50 msnm.



Mapa de ubicación de la conejera de la estación experimental y de prácticas UES

Materiales y equipos

Materiales

- 1 Azadón
- 1 Palas
- 1 Machete
- 1 bollo de pita de nylon
- sacos sintéticos
- 2 yardas de plástico negro
- 1 cinta métrica
- 4 sacos de granza de arroz
- 4 cubetas de 5 galones
- 2 libras de alambre de amarre galvanizado
- 1 pipeta
- 1 Baker

Equipo

- Laptop
- Libreta de campo
- Bascula de colgar
- Sensor del suelo de la marca fieldscout

Cantidad de insumos para preparar una cubeta de microorganismos líquidos

1 cubeta con agua

½ litro de melaza

200 gr. de levadura

Preparación

Primer paso En una cubeta de 5 galones agregar agua dejando libre 10cm de borde

Segundo paso Agregar 200 gramos de levadura a la cubeta con agua, con ayuda de una paleta de madera mezclar hasta homogenizar luego agregar el ½ litro de melaza hasta que los materiales queden bien mezclados.

6.2 Descripción de los métodos a utilizar en la investigación para elaborar compost.

6.2.1 Método convencional

Este método consistió en la elaboración de compost a base de estiércol de conejo, en el cual se colocó el estiércol recién recolectado de la conejera en un patio de secado, luego al cabo de 5 a 6 días de haber perdido un poco de humedad se procedió a realizar una pila con todos los materiales este se estará volteando con ayuda de una pala para homogenizar los materiales además esto ayudara a airear la mezcla

En el caso que este muy seco la mezcla humedecerlo en caso contrario realizar volteos de la mezcla para eliminar el exceso de humedad este procedimiento se realizara hasta obtener un producto de buena calidad que cumpla con los parámetros requeridos

6.2.2 Método del balancín

El método del balancín emplea una tecnología diseñada en un proyecto de horas sociales en la facultad de ciencias agronómicas, consiste en un sistema giratorio ver fig. 1 en donde se colocan las excretas de conejo en cubetas tapadas y ranuradas por la parte de abajo con el fin de realizar intercambio gaseoso y de humedad ver. fig. 2, además el sistema estará cubierto por una estructura de techo.



Figura 1. (Sistema balancín)

figura 2. (Cubeta agujerada)

6.3 Pasos para la elaboración de compost a base de estiércol de conejo

6.3.1 Método convencional

Con ayuda de una pala se recoge el estiércol de la conejera, y se lleva al piso de secado que es una base en el suelo construida con ladrillo rojo, aquí se dejara de 5 a 6 días con el propósito de que el estiércol pierda humedad y tome una estructura más granulosa, luego se pasa a otro lugar donde se realizara una pila con los materiales agregando una cubeta de granza por dos cubeta de estiércol de conejo, esta se mezclara hasta que los materiales queden homogéneos este proceso se repetirá hasta que se obtenga una mezcla suelta y granulosa.

6.3.2 Método del balancín

Al igual que en el método tradicional se recogerá el estiércol de conejo y se llevara al piso de secado, luego de haber pasado los 5 días al igual que en el método tradicional se mezclaran los materiales en el suelo y luego que estén bien mezclados se colocaran en las cubetas.

A diferencia del método tradicional aquí se volteara la composta con el sistema balancín en el cual se giran las cubetas manualmente para que la mezcla se esté aireando y siguiendo el proceso de compostaje, hasta obtener el compost.

6.4 Metodología de campo

Esta fase consistirá en la elaboración de compost a base de estiércol de conejo mediante los métodos convencional y del balancín con visión agroecológica, se desarrolló en la conejera de la estación experimental y de prácticas de la Universidad de El Salvador ver fig.3

El área de trabajo cuenta con tres lugares, donde se realizara el compost el primero es la conejera de la cual se recolectara el estiércol de los conejos para elaborar el compost, el segundo donde se colocara el estiércol de conejo para que pierda humedad llamado piso de secado, y el tercero donde se elaborara el compost por los dos métodos seleccionados.



Figura 3. Conejera de la facultad de Ciencias Agronómica de la UES.

6.5 Metodología de laboratorio

En esta fase se realizara un análisis en laboratorio para comparar la calidad del compost obtenido en la investigación, y poder mencionar al final las propiedades nutricionales que este presenta, la muestra se llevara a analizar al Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. (CENTA). Se estará analizando los principales elementos nitrógeno fosforo y potasio.

6.5.1 Toma de la muestra

La muestra se tomó en 4 puntos diferentes de la pila de compost a una profundidad de 20 cm tomando una cantidad en total de 2 libras, la muestra fue rotulada respectivamente para ser llevada a analizar al CENTA.

7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

7.1 TEMPERATURA DE LA COMPOSTERA POR EL MÉTODO CONVENCIONAL

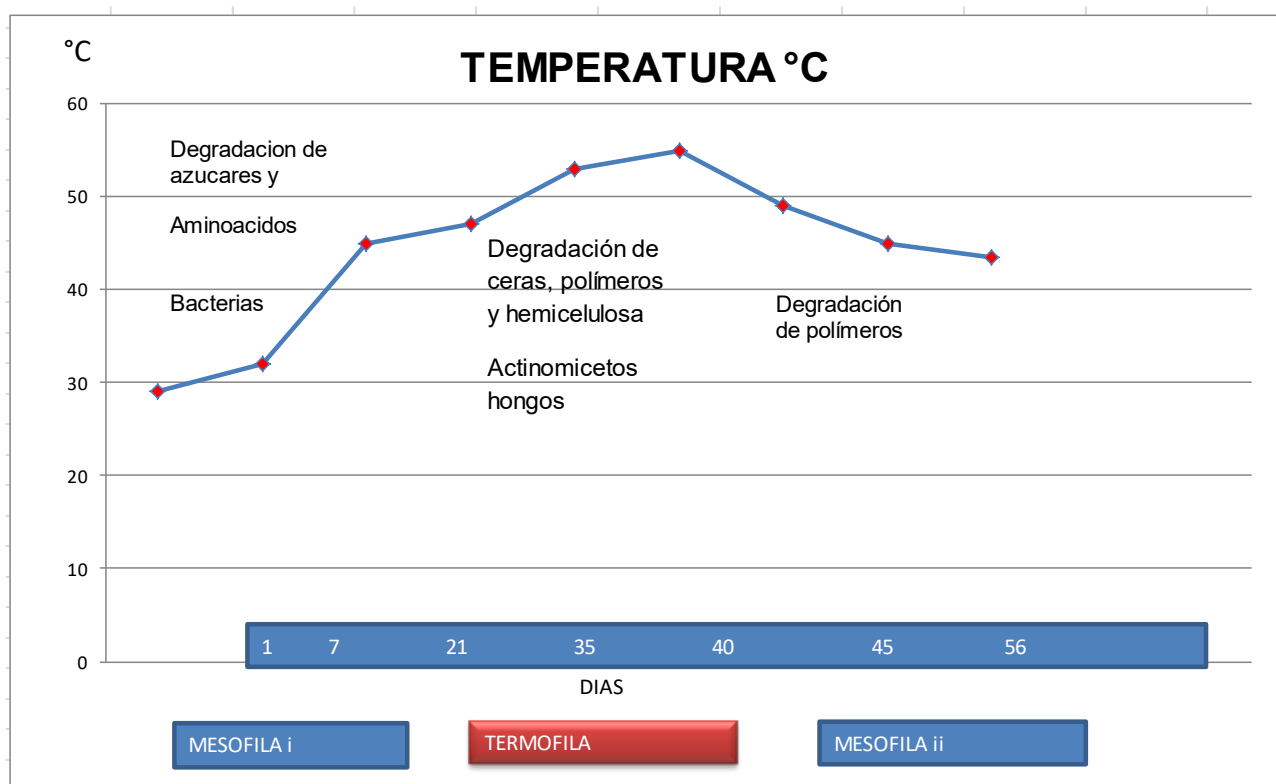
La toma de temperatura se realizó durante 56 días obteniendo temperaturas por semana mostradas en el cuadro a continuación.

Tabla 1. Datos de temperatura del compostaje por el método convencional.

SEMANAS	S 1	S 2	S 3	S 4	S 5	S 6	S 7	S 8
TEMPERATURA °C	32	45	47	53	55	49	45	43.4

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. Grafico del comportamiento de temperatura del compostaje por el método convencional.



La figura muestra el comportamiento de la temperatura del compost por el método convencional durante las ocho semanas. Fuente: Elaboración propia.

La toma de temperatura de la compostera por el método tradicional en la primer semana fue de 32°C Y la segunda de 42°C Indicando según (Bueno M, 2007) el comienzo de la fase mesófila en donde las bacterias comienzan la descomposición de la materia orgánica, entre ellas podemos mencionar pseudomonas, bacillus, thiobacillus, y enterobacter. El calor generado como un sub producto del trabajo de las mesófitas elevara la temperatura en la pila a un más, creando las condiciones apropiadas para la fase termófila.

En la tercer toma realizada con el sensor del suelo se obtuvo una temperatura de 47°C, indicando el comienzo de la fase termófila en donde según el manual de compostaje del agricultor (FAO 2013) menciona que cuando el material alcanza temperaturas mayores de los 45°C, los microorganismos que se desarrollan a temperaturas medias (microorganismos mesófilos) son reemplazados por aquellos que crecen a mayores temperaturas, en su mayoría bacterias (bacterias termófilas), que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de Carbono, como la celulosa y la lignina. Esta fase puede durar desde unos días hasta meses, según el material de partida, las condiciones climáticas y del lugar, y otros factores.

Para la cuarta semana la pila de compostaje alcanzo una temperatura de 53°C y de 55°C para la quinta semana siendo esta la más alta alcanzada ver anexo.2

En la semana seis la temperatura fue de 49°C indicando una leve baja, por lo que se verifico que el compost tuviera una adecuada humedad por medio del sensor de suelo y que la pila no estuviera compactada, al comprobar que no era nada de eso se procedió con la toma de temperaturas.

En la semana 7 la temperatura obtenida por el sensor del suelo fue de 45°C, comprobando que el compostaje había finalizado su fase termófila y estaba entrando a la fase de enfriamiento o fase mesofila II que según (catalana, 2018) esta fase se lleva acabo cuando las fuentes de carbono y, en especial el nitrógeno se agotan en el material en compostaje, la temperatura desciende nuevamente hasta los 45-40°C. Durante esta fase, continúa la degradación de formas más complejas, y aparecen algunos hongos visibles a simple vista (manchas blancas en algunas partes del compost). Al bajar de 40°C, los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH puede descender otra vez un poco. Esta fase de enfriamiento requiere de varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración.

7.1.2 TEMPERATURA DE LA COMPOSTERA POR MÉTODO DEL BALACIN

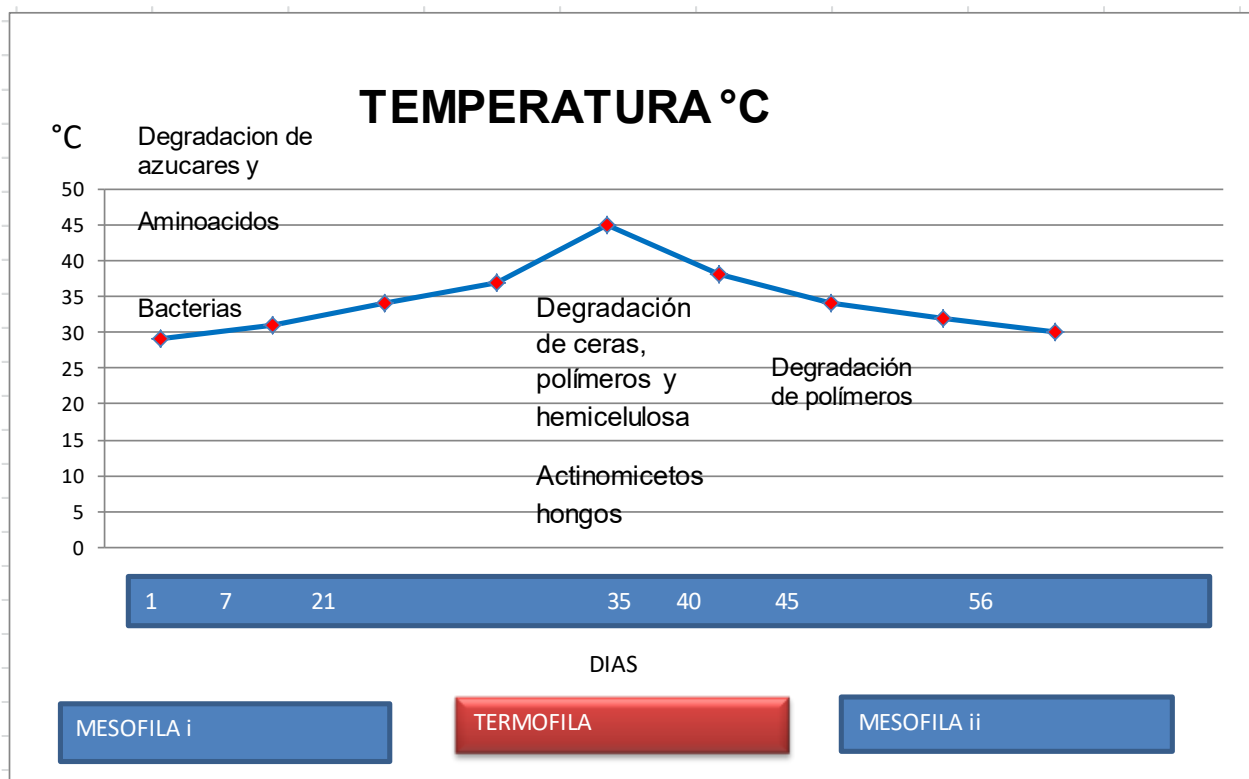
La toma de temperatura se realizó durante 56 días obteniendo temperatura por semana mostradas en el cuadro a continuación.

Tabla 2. Datos de temperatura del compostaje por el método convencional.

SEMANAS	S 1	S 2	S3	S 4	S 5	S 6	S 7	S 8
TEMPERATURA °C	31	34	37	45	46	45	39	31

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. Grafico del comportamiento de temperatura por el método del balancín.



La figura muestra como fue el comportamiento de la temperatura en el compostaje por el método del balancín Fuente: Elaboración propia.

Para la obtención de los datos de los parámetros de calidad del compostaje por el método del balancín, se hicieron 2 pruebas en la primera se obtuvieron temperaturas muy bajas debido a que se giraban muy seguido los balancines perdiendo temperatura y humedad en el compostaje por lo que se descartaron esos datos, en la segunda toma de

datos de los parámetros de calidad del compostaje se decidió girar los balancines menos, girándolo cada vez que el compostaje se viera compactado, y así evitar la pérdida de temperatura obteniendo los siguientes datos en la primer semana temperatura de 31°C, para la segunda fue de 34°C indicando el comienzo de la fase mesofila I, al igual que el método tradicional en esta fase las temperaturas fueron similares.

La toma de datos de la tercera semana fue de 37°C si comparamos con la temperatura del método tradicional, la temperatura del balancín está por debajo no llegando a la temperatura adecuada para iniciar la fase termófila sin embargo al verificar el estado del compost se observó que estaba un poco seco y se procedió a humedecer este estado se produjo debido a que las cubetas tienen ranuras por lo que perdió mayor humedad. Humedeciendo el compostaje se giraron los balancines para realizar la siguiente toma de datos en la siguiente semana.

Para la cuarta semana la temperatura fue de 45°C iniciando la fase termófila esta vez el compostaje tenía buena humedad por lo que se continuo con la toma de datos, para la quinta semana se obtuvo una temperatura de 46°C siendo la mayor alcanzada en el método del balancín ver anexo.3 por lo que podemos decir que en cuanto a parámetros de calidad el compostaje obtenido por el método del balancín no estaba en los rangos óptimos de temperatura, esto ocurrió porque según (Ekinci 2004) la temperatura de la pila dependerá de la adecuación de los factores intervalos óptimos como el del tamaño de la pila (el calor generado es proporcional al volumen o masa de la pila, pero la pérdida es proporcional a la superficie), de las condiciones ambientales y del tipo de adición de aire a la pila, ya sea con volteos o con aire a presión. Entonces debido a que la cantidad de materiales a compostar que contenían las cubetas del método del balancín era poco no guardaba la temperatura adecuada.

Para la semana seis se obtuvieron una temperatura de 45°C y para la semana siete una temperatura de 39°C indicando que el compostaje estaba entrando a la fase de enfriamiento y para la semana ocho la temperatura descendió a aun, más teniendo una temperatura de 31°C. Indicando según (Neus Vinyals 2023) Después de la fase termófila, vuelve a bajar la temperatura. En ese momento, debemos decidir si volteamos la mezcla para homogeneizarla y volver a elevar la temperatura o dejar que esta vaya bajando. En esta fase más cercana a la temperatura ambiente, continúa la descomposición y los organismos mesófilos se reactivan.

7.2 PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LA COMPOSTERA POR EL MÉTODO CONVENCIONAL

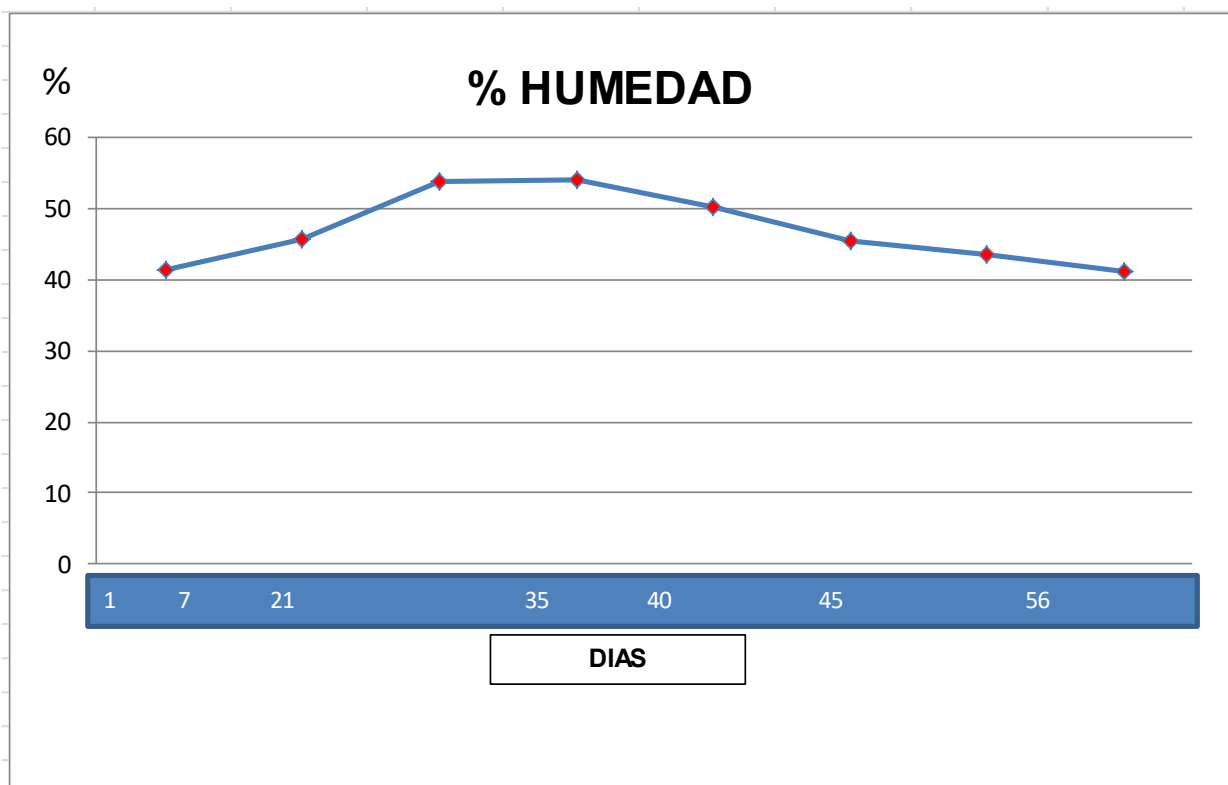
La toma de humedad se realizó durante 56 días obteniendo una humedad por semana mostradas en el cuadro a continuación.

Tabla 3. Datos de humedad del compostaje por el método convencional.

SEMANAS	S 1	S 2	S 3	S 4	S 5	S 6	S 7	S 8
% HUMEDAD	41.4	45.6	53.7	54.1	50.3	45.5	43.6	41.1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6. Grafico del comportamiento de temperatura por el método del balancín.



La figura muestra los porcentajes de humedad de la compostera por el método convencional en la conejera de la estación experimental y de prácticas de la Universidad de El Salvador. **Fuente:** Elaboración propia.

Para la primer semana se obtuvo una humedad del 41.4%, una humedad que está por debajo del rango establecido pero que aun así comienza la actividad de los

microorganismos, la humedad es un parámetro de calidad muy importante para los microorganismos ya que según (Mathur P. 1991) menciona que ellos necesitan humedad (agua) para poder disolver y transportar los nutrientes.

Para la segunda semana la humedad fue de 45.6% observando que había incrementado llegando al rango mínimo para que los microorganismo comiencen a degradar los materiales de la compostera,

Para la tercera semana el porcentaje de humedad fue del 53.7% lo cual según (Catalana, 2018) menciona en su manual de producción de compost que la humedad óptima para el compost se sitúa entre el 45% y 60% y es necesaria para la reproducción correcta de los microorganismos que van a realizar la descomposición.

El porcentaje de humedad para la cuarta semana fue de 54.1% ver anexo .4 llegando casi a la humedad optima según la (FAO 2013) menciona en su manual de compostaje del agricultor que la humedad óptima para el compost se sitúa alrededor del 55%, aunque varía dependiendo del estado físico y tamaño de las partículas, así como del sistema empleado para realizar el compostaje.

En la quinta semana la humedad fue de 50.3% y para la sexta semana fue de 45.5%, se procedió realizar la prueba del puño en el compostaje y mostro estar en óptimas condiciones de humedad por lo que se siguió con la toma de datos, la séptima semana el compostaje obtuvo una humedad de 43.7% y para la octava semana una humedad de 41.1%.

7.2.1 PORCENTAJE DE HUMEDAD POR EL MÉTODO DEL BALANCÍN

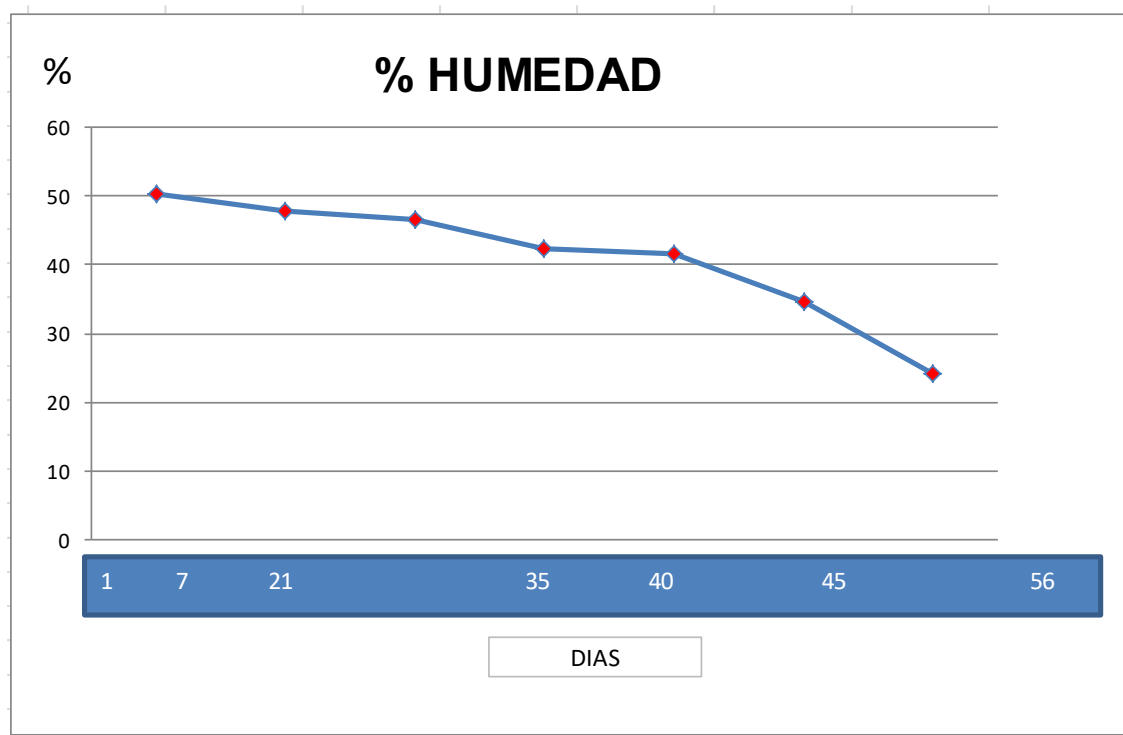
La toma de humedad se realizó durante 56 días obteniendo una humedad promedio por semana mostradas en el cuadro a continuación.

Tabla 4. Datos de humedad del compostaje por el método convencional.

SEMANAS	S 1	S 2	S3	S 4	S 5	S 6	S 7	S 8
% HUMEDAD	50.3	47.9	46.6	43.6	42.4	41.7	34.6	24.2

Fuente: Elaboración propia.

Figura 7. Grafico del comportamiento de temperatura por el método del balancín.



La figura muestra los porcentajes de humedad de la compostera por el método del balancín en la conejera de la estación experimental y de prácticas de la Universidad de El Salvador. **Fuente:** Elaboración propia.

La primera semana el porcentaje de humedad de la compostera por el método del balancín fue de 50.3% ver anexo .5 una humedad que según el manual de compostaje del agricultor (FAO 2013) es buena ya que los rangos ideales son entre el 45% a 60%

La segunda semana se obtuvo una humedad de 47.9% un valor adecuado que según (Tortosa 2013) la humedad adecuada modula la actividad de los microorganismos que intervienen ya que poca humedad ralentiza su metabolismo, y mucha la aumenta.

La tercer semana se obtuvo humedad del 46.6% el compost iba perdiendo humedad sin embargo estaba dentro de los parámetros adecuados por lo que no se humedeció además al tacto el compost se apreciaba bastante húmedo

En la cuarta semana el porcentaje de humedad fue de 43.6% habiendo disminuido la humedad aún más por lo que se procedió a humedecer un poco la composta

En la quinta semana la humedad fue de 42.4%, a pesar de que la semana anterior se había humedecido no se mantuvo o aumento, sin embargo la temperatura había aumentado a

47°C por lo que no se humedeció la composta y se continuo con la toma de datos para no interferir en la temperatura alcanzada

En la sexta semana la humedad bajo un poco más a 41.7% para la semana séptima la humedad tuvo un porcentaje de 34.6% habiendo bajado bastante sin embargo la composta presentaba buena humedad al realizar la prueba del puño y para la octava semana se obtuvo humedad de 24. 2%

7.3 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN COMPOST POR EL MÉTODO CONVENCIONAL

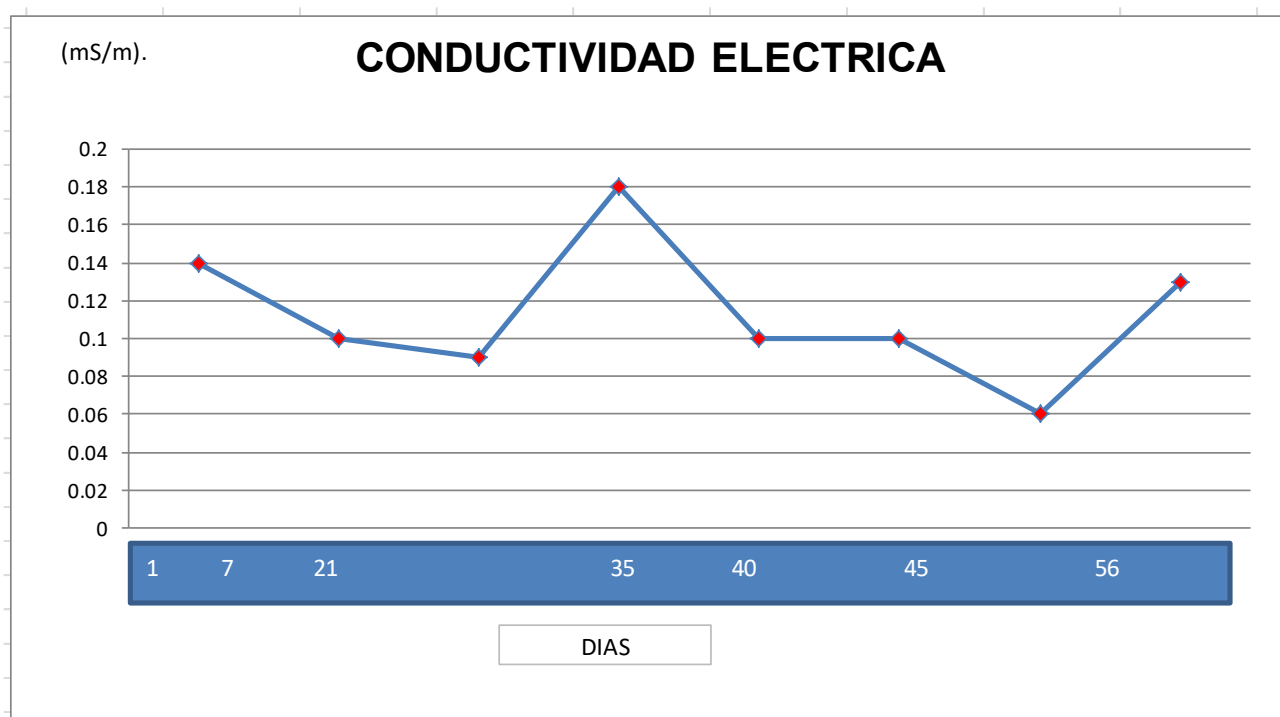
La toma de la conductividad eléctrica se realizó durante 56 días obteniendo una conductividad eléctrica por semana la cual es mostrada en el cuadro a continuación

Tabla 5. Datos de conductividad eléctrica del compostaje por el método convencional.

SEMANAS	S 1	S 2	S3	S 4	S 5	S 6	S 7	S 8
C E (mS/m).	0.14	0.10	0.09	0.18	0.10	0.10	0.06	0.13

Fuente: Elaboración propia.

Figura 8. Grafico del comportamiento de la conductividad eléctrica por el método convencional.



Fuente: Elaboración propia.

Según (Sánchez, 2001). La conductividad eléctrica de un compost está determinada por la naturaleza y composición del material de partida, fundamentalmente por su concentración de sales y en menor grado por la presencia de iones amonio o nitrato formados durante el proceso.

Para la primera semana se obtuvo una conductividad eléctrica de 0.14 (mS/m). (milisiemens por metro) lo cual no representa un valor que pueda afectar al cultivo que se les aplique como enmienda orgánica.

Ya que según La dosis de compost que puede añadirse a un suelo debe ser proporcional a la CE del compost. Un exceso de salinidad en la solución del suelo dificulta la absorción de agua por las raíces de las plantas, de modo que en algunos casos, en esas condiciones, sólo prosperan las especies resistentes. (Márquez, S.F)

En la segunda semana se obtuvo una conductividad eléctrica de 0.10 (mS/m). Lo cual no tiene mucha variación con respecto a de la primera semana, para la tercer toma fue de 0.09 (mS/m). Y para la cuarta semana fue de 0.18 (mS/m). Siendo el valor más alto de conductividad eléctrica en el compost por el método tradicional, lo cual según el portal de la (FAO 2015) menciona que los suelos con una CE menores de 1 (mS/m). Se clasifican como un suelo libre de sales y no presentan restricción para ningún cultivo, mientras que valores entre 2 y 4 (mS/m). De CE (suelo moderadamente salino) reduce el rendimiento de cultivos sensibles a las sales.

En la quinta semana la conductividad eléctrica tuvo un valor de 0.14 (mS/m). No variando mucho en las semanas sexta a la octava. Obtenido valores que no puedan preocupar que el compost obtenido tenga mucha salinidad ya que la (FAO, 2015) menciona en su manual de compostaje que las sales reducen el potencial osmótico de la solución del suelo, reduciendo al mismo tiempo la disponibilidad de agua para las plantas, a pesar de que el suelo muestre niveles razonables de humedad.

7.3.1 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN COMPOST POR EL MÉTODO DEL BALANCÍN

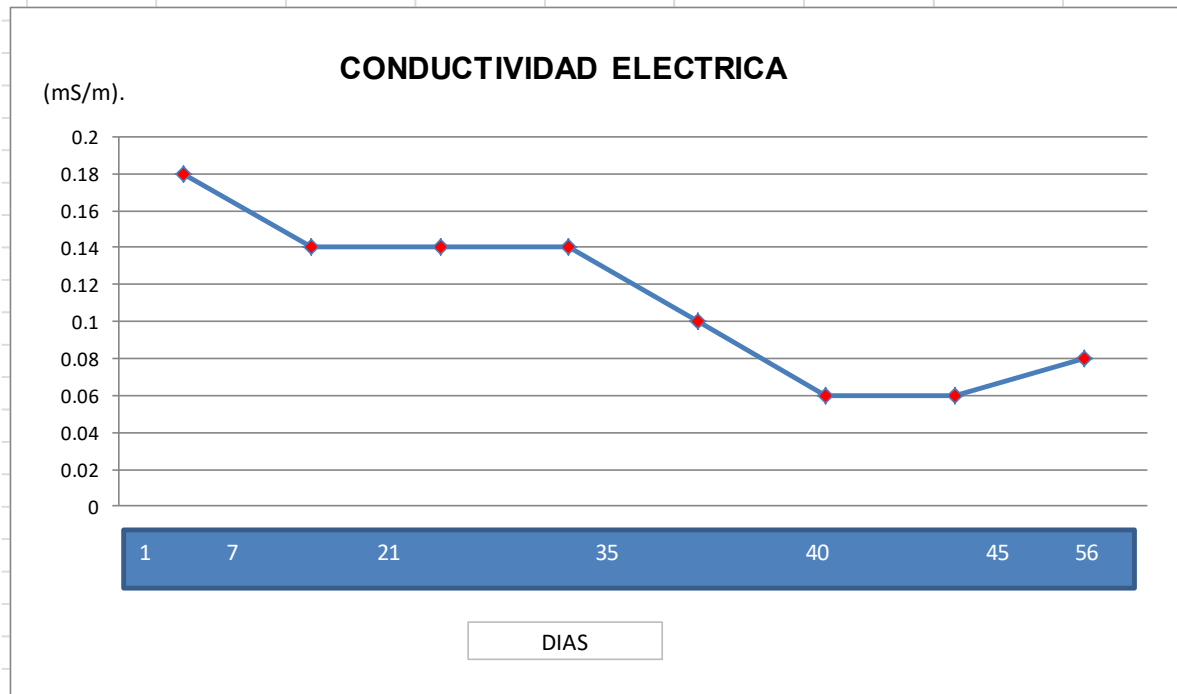
La toma de la conductividad eléctrica se realizó durante 56 días obteniendo una conductividad eléctrica por semana la cual es mostrada en el cuadro a continuación.

Tabla 6. Datos de conductividad eléctrica del compostaje por el método convencional.

SEMANAS	S 1	S 2	S 3	S 4	S 5	S 6	S 7	S 8
CE (mS/m).	0.18	0.14	0.14	0.14	0.10	0.06	0.06	0.08

Fuente: Elaboración propia.

Figura 9. Grafico del comportamiento de la conductividad eléctrica por el método del balancín.



La figura muestra el comportamiento de la conductividad eléctrica de la compostera por el método del balancín en la conejera de la estación experimental y de prácticas de la Universidad de El Salvador. **Fuente:** Elaboración propia.

Los datos obtenidos de la medición de la conductividad eléctrica de la compostera por el método del balancín no variaron mucho con los de la compostera del método tradicional presentando valores por debajo de 1 (mS/m).

(Del mar et.al.2018) mencionan en su investigación Evaluación del proceso de compostaje de residuos avícolas empleando diferentes mezclas de sustratos la conductividad eléctrica obtenida al final de su trabajo fue similar a la obtenida en la presente investigación no superando los 4 (mS/m).

Obteniendo valores de conductividad en la primer semana de 00.18 (mS/m). Siendo este el más alto y que aun así no significaría ningún problema al aplicar el compost como sustrato a una planta, los valores de conductividad eléctrica de las siguientes semanas se pueden observar en el cuadro 4 de los Datos de Conductividad eléctrica obtenida de la compostera por el método del balancín.

7.4 Resultado de análisis en laboratorio de muestra de compost (nitrógeno, fosforo, potasio)

Tabla 7. Contenido de nutrientes de NPK por el método convencional.

ANÁLISIS	base seca	unidades
Nitrógeno total(NT)	0.13%	g/100g de muestra
Fosforo (p)	0.63%	
Potasio (k)	0.27%	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. Contenido de nutrientes de NPK del compost según manual de la FAO.

Nutrientes	% en compost
Nitrógeno	0.3% -1.5% (3g a 15g por kg de compost)
Fósforo	0.1% -1.0% (1g a 10g por kg de compost)
Potasio	0.3% - 1.0% (3g a 10g por kg de compost)

Fuente: FAO 2013.

Al comparar los resultados obtenidos en laboratorio de los porcentajes de nitrógeno fosforo potasio de las composta por el método convencional se puede decir que el contenido de estos nutrientes son similares a los mencionados en el manual de compostaje de la FAO (ver cuadro 5 y 6).

El análisis en laboratorio se realizó solo para el compostaje por el método convencional ya que se observó que este fue el que obtuvo un mejor proceso en cuanto a la medición de los parámetros de calidad, por lo que es de esperar que el comportamiento en cuanto a porcentaje de nutrientes sea similar al compost obtenido por el método del balancín ya que para su elaboración se utilizaron los mismo insumos.

7.5 Comparación de Resultados de apariencia física por los métodos convencional y balancín.

7.5 1 Tamaño de partículas

El tamaño de partículas del compost en las primeras semanas se podía distinguir a simple vista los materiales utilizados, al final de la investigación el compost presentaba una homogenización de los materiales en la cual apenas se podían distinguir.

7.5.2 Olor

En las primeras semanas del montaje la pila de compostaje tanto para el método convencional como para el método del balancín se podía percibir el olor a estiércol de conejo de la compostera, sin embargo con el transcurso de las semanas y mediante las fases del proceso del compost el olor se fue tornando aun olor agradable a tierra y el olor a estiércol ya no era notorio.

7.5.3 Color

En cuanto a el color se pudo observar en los dos métodos que el compost presento una tonalidad negro oscuro con una textura suelta y esponjosa.

8. CONCLUSIONES

- El volumen o tamaño de la pila de compostaje influye mucho en obtener parámetros de calidad como la temperatura y humedad adecuada, ya que este fue uno de los factores por lo que en el método del balancín no se logró mantener la temperatura alta ya que los depósitos donde se realizó el compost eran pequeños, haciendo que la temperatura se perdiera rápidamente.
- El método convencional obtuvo un mejor resultado en cuanto a apariencia física ya que al estar más cerca de los parámetros de calidad sugeridos por el manual de compostaje de la FAO como por ejemplo el de la temperatura y humedad se pudo obtener una mejor apariencia en cuanto al tamaño de partículas ya que hubo una mejor descomposición de los materiales.
- Por los niveles obtenidos en cuanto a conductividad eléctrica el compost realizado en esta investigación por el método convencional y del balancín puede ser aplicado directamente a las plantas como abono orgánico ya que contiene los valores adecuados de salinidad, por lo que no nos podemos preocupar de que este vaya afectar a las plantas.

9. RECOMENDACIONES

Se recomienda la elaboración de compost por el método convencional ya que en este al ser montado en el suelo se puede disponer del tamaño de la pila y al no utilizar muchos materiales para su manejo se hace accesible para cualquier persona que quiera elaborar compostaje.

Sin embargo el método del balancín se recomienda por su manejabilidad ya que a diferencia del método tradicional se hace más fácil lo que son los volteos de la pila del compostaje además el manejo de la humedad se controla mejor.

Se recomienda en futuras investigaciones poder realizar un análisis más completo de las muestra de compost en cuanto a los análisis de laboratorio de microbiología, ya que para este estudio se dificulto por la parte financiera.

Se recomienda la elaboración de compost por el método convencional ya que se obtiene un producto más rápido a comparación del método del balancín que requiere de mayor tiempo para alcanzar su maduración.

10. BIBLIOGRAFÍA

Ansorena J.2011. *Evaluación de la calidad y usos del compost como componente de sustratos, enmiendas y abonos orgánicos*
https://cdn.blueberriesconsulting.com/2015/07/pdf_000304.pdf

Bohórquez A.2014.*Evaluación de la calidad del compost producido a partir de subproductos agroindustriales de caña de azúcar*
http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0122-87062014000100007&script=sci_arttext

Bueno M. 2007.*como hacer un buen compost* <https://www.ugr.es/~cjl/compost.pdf>

Catalana. 2018. *Manual de producción de compost* <https://esf-cat.org/wp-content/uploads/2018/12/Manual-produccion-de-compost-ESF.pdf>

Del mar et.al.2018.*EVALUACIÓN DEL PROCESO DE COMPOSTAJE DE RESIDUOS AVÍCOLAS EMPLEANDO DIFERENTES MEZCLAS DE SUSTRATOS*
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992019000400965

Ekinci 2004. *Factores que afectan al proceso de Compostaje*
<https://digital.csic.es/bitstream/10261/20837/3/Factores%20que%20afectan%20al%20proceso%20de%20compostaje.pdf>

FAO.2013.*MANUAL DE COMPOSTAJE DEL AGRICULTOR*
<https://www.fao.org/4/i3388s/i3388s.pdf>

FAO 2015.*portal de suelos de la FAO* <https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/NTF-19-025-La-salinidad-del-suelo-y-su-fertilidad.pdf>

García A et al. 2008. *Manual de compostaje*
https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/manual_compostaje_tcm30-185063.pdf

García, C. s.f. *Factores que afectan al proceso de compostaje*
<https://csrlaboratorio.es/laboratorio/agricultura/fertilizantes-y-abonos/abonos-organicos-y-especiales/factores-que-afectan-al-proceso-de-compostaje/>

Huaman C.2019. *Evaluación de la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) en el distrito de Huayucachi, Huancayo*
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/8245>

INIA.2013.*Compostaje y compost*
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/1839/1/128221231213112259.pdf>

Márquez P. S.F. *Factores que afectan al proceso de Compostaje*
<https://digital.csic.es/bitstream/10261/20837/3/Factores%20que%20afectan%20al%20proceso%20de%20compostaje.pdf>

Mulato M.2018. *Elaboración de compost con diferentes fuentes, proporciones y evaluación de la calidad en el distrito de San Jerónimo de Tunán*
<http://repositoriodemo.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/4693>

Neus Vinyals 2023.*Qué es el compost y cuáles son sus fases El poder del suelo vivo*
<https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-el-compost-y-cuales-son-sus-fases-el-poder-del-suelo-vivo/>

Pineda O.2019.*El compostaje, una alternativa para el aprovechamiento de residuos orgánicos en las centrales de abastecimiento*
<http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v23n2/0121-3709-rori-23-02-123.pdf>

Restrepo J.2015.*Manual básico para ser compost*
<https://es.slideshare.net/slideshow/compost-guia-jairo-restrepo/50688638>

Sánchez Monedero.2001. *Transformación del nitrógeno durante Compostaje de residuos orgánicos por el sistema Rutgers y sus efectos sobre el pH, CE y madurez de las mezclas de compostaje. Biores. Tecnología, 78 (3): 301-308.*

Soto G. 2002.*Consideraciones teóricas y prácticas sobre el compost, y su empleo en la agricultura orgánica*
<https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/5955/A2037e.pdf?seq>

Soliva M.2004.*calidad del compots influencia del tipo de materia tratados y de las condiciones del proceso*
https://ruralcat.gencat.cat/documents/20181/81510/Altres3_Calidad+del+compost +infl uencia+del+tipo+de+materia+tratado+y+delas+condiciones+del+procesopdf/80b5b931-0521-426b-a733-6be0ac2d3a68#:~:text=Al%20establecer%20los%20criterios%20para,ambiental%20y%20energ%C3%A9tico%20que%20conlleve

Tejada R.2020.*Evaluación de la calidad de variedades de compost obtenidas de la combinación de estiércol vacuno con cascarilla de arroz y con broza de papa en diferentes proporciones en el distrito de Cocachacra, Islay, Arequipa*
<https://repositorio.unsa.edu.pe/items/1f96da81-e8aa-425b-8566-f8029bcd03bc>

Tortosa G.2013. *Factores que influyen en el proceso de compostaje*
<https://www.compostandociencia.com/2013/04/factores-influyen-compostaje-html/>

11.Anexos

A-1 resultado análisis de laboratorio de nitrógeno, fosforo, potasio



MINISTERIO
DE AGRICULTURA
Y GANADERÍA

CENTA
CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA Y FORESTAL
"ENRIQUE ÁLVAREZ CÓDOVA"

LABORATORIO DE QUÍMICA AGRÍCOLA

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

San Andrés, 11 de diciembre de 2024.

DATOS GENERALES

Proyecto de tesis:

"Evaluación de la calidad del compost a base de estiércol de conejo, mediante los métodos convencional y del balancín, con visión agroecológica, en la estación experimental y de prácticas de la UES".

Responsable:

Sr. César Elías Rosales Pérez

Identificación de Muestra:

Compost

Lugar de recolección:

Estación Experimental San Luis Talpa

Recibida:

25/11/2024

No. Análisis: 417P

RESULTADO

ANÁLISIS	BASE SECA	UNIDADES	Metodología
Nitrógeno total (N _T)	0.13	g/100 g de muestra	Método Kjeldahl
Fósforo (P)	0.63	g/100 g de muestra	Espectrofotometría visible
Potasio (K)	0.27	g/100 g de muestra	Absorción Atómica ¹
			¹ Métodos Oficiales de la A.O.A.C 15 ^a edición 1990

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



A-2 Toma de temperatura más alta que obtuvo el compostaje por el método convencional, tomada con el sensor del suelo.



A-3 Toma de temperatura más alta que obtuvo el compostaje por el método del balancin, tomada con con el sensor del suelo.



A-4 porcentaje de humedad más alto de la compostera por el método convencional, tomada con el sensor del suelo.



A-5 porcentaje de humedad más alto de la compostera por el método del balancín tomada con el sensor del suelo.

