

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Contenedor ecológico para la generación de
compost en la Institución Educativa Emancipación
Americana - Tinta, Cusco, 2022**

Johan Jair Moller Chuquitapa
Rene Ronald Surco Ramos

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Lima, 2022

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro profundo agradecimiento al magister Edwin Natividad Gabriel Campos por iniciar el proyecto de tesis con nosotros, apoyándonos con las indicaciones respectivas en nuestro proyecto de tesis. Por el apoyo constante y transmitiendo su conocimiento en cada etapa de la tesis con su paciencia y atención hacia nosotros y su valioso tiempo, estaremos muy agradecidos por siempre. Asimismo, extendemos nuestro agradecimiento hacia a los docentes de la universidad Continental, por su responsabilidad y permanencia en La formación de profesionales.

Con el debido respeto, agradecemos a nuestros padres por sus responsabilidades e inolvidables años de compañía durante nuestra formación profesional, hemos recibido valiosos consejos. Deseamos expresarle nuestros más profundos agradecimientos a cada uno de ellos.

DEDICATORIA

A Dios soberano, por brindarnos la dicha de dar cumplimiento a nuestras metas, por el inicio de una vida profesional colmada de sueños y desafíos para enfrentar en estos tiempos de lucha, con la mente en alto y moral ética

A nuestras familias por su incondicional apoyo, por su cariño y esfuerzo para formarnos como personas de bien, por inculcarnos el valorar la vida y esforzarnos para obtener logros personales y profesionales

A nuestro asesor, por su soporte constante y paciencia a lo largo de este periodo, por brindarnos ayuda para conseguir una de nuestras metas tan esperadas a lo largo de esto tiempo

A cada docente que contribuyó con nuestra formación profesional, pues fueron compañía durante este periodo con su soporte académico

A la vida, por cada cosa otorgada, por darnos la oportunidad despertar cada día con nuevos sueños y metas

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA.....	ii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUCCIÓN	x
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1 Planteamiento y formulación del problema.....	1
1.1.1. Planteamiento del problema	1
1.1.2. Formulación del problema	3
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1. Objetivo general	3
1.2.2. Objetivos específicos	3
1.3 Justificación e importancia.....	4
1.3.1. Social	4
1.3.2. Ambiental	4
1.3.3. Económico	4
1.3.4. Importancia	4
1.4 Hipótesis y descripción de variables.....	5
1.4.1. Descripción de las variables	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Antecedentes del problema	7
2.1.1. Antecedentes internacionales	7

2.1.2. Antecedentes nacionales	13
2.2 Bases teóricas	18
2.2.1. Economía circular.....	18
2.2.2. Residuos solidos	20
2.2.3. Contenedor ecológico	20
2.2.4. Tipos de contenedores	20
2.2.5. Lombrices californianas.....	21
2.2.6. Factores ambientales	22
2.2.7. Compostaje	22
2.3 Definición de términos básicos	25
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	27
3.1 Método y alcance de la investigación	27
3.2 Diseño de la investigación	27
3.3 Población y muestra	27
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	28
3.5 Descripción del lugar	28
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
4.1 Resultado del tratamiento y análisis de la información	30
4.1.1. Características de un prototipo de contenedor biodegradador para la obtención de compost a partir de lombrices californianas (Eisenia Foetida) y residuos orgánicos.....	30
4.1.2. Parámetros de calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos	34
4.1.3. Tiempo de degradación orgánica con las lombrices californianas presente en el compost.....	37
4.1.4. Prototipo de contenedor para obtener compost de calidad a partir de la especie Eisenia foetida (lombrices californianas) y residuos orgánicos	38
4.2 Discusión de resultados.....	45

CONCLUSIONES.....	50
RECOMENDACIONES	52
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
ANEXOS	60
Anexo 2. Operacionalización de variables	62
Anexo 3. Presupuesto Biodegradador.....	63
Anexo 4. Diseño Biodegradador.....	66
Anexo 5. Resultado laboratorio	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Descripción de las variables</i>	6
Tabla 2. <i>Características del contenedor biodegradador</i>	30
Tabla 3. <i>Resultados de calidad del compost</i>	34
Tabla 4. <i>Parámetros de calidad para compost-FAO</i>	36
Tabla 5. <i>Comparación entre parámetros de calidad de compost</i>	36
Tabla 6. <i>Condiciones ambientales</i>	39
Tabla 7. <i>Temperatura – 14/12/21</i>	43
Tabla 8. <i>Temperatura – 15/12/21</i>	43
Tabla 9. <i>Temperatura – 16/12/21</i>	44
Tabla 10. <i>Temperatura – 24/12/21</i>	44
Tabla 11. <i>Contenido de N, P, K en el compost-FAO</i>	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de la Institución Educativa “Emancipación Americana” de Tinta.	29
Figura 2. Medidas del contenedor biodegradador. Nota. El material del biodegradador es metálico, consta de un cilindro tal como se muestra en la fotografía.	30
Figura 3. Tapa del Biodegradador	31
Figura 4. Fotografía del respiradero del contenedor biodegradador.....	32
Figura 5. Tamizador de 1/8”	32
Figura 6. Tamizador de 1/4”.	33
Figura 7. Caja de depósito de Humus.	33
Figura 8. Prototipo de contenedor biodegradador prefabricado.	38
Figura 9. Apariencia inicial de los residuos sólidos en el contenedor biodegradador.	41
Figura 10. Producto final del contenedor biodegradador.....	42
Figura 11. Proceso del Compost.	42

RESUMEN

La presente investigación se orienta al diseño de un prototipo de contenedor para obtener compost con niveles de calidad a partir del uso de lombrices californianas (*Eisenia foetida*) y residuos orgánicos generados en la Institución Educativa “Emancipación americana” en el distrito de Tinta, Cusco. El estudio es de tipo aplicado, nivel explicativo y diseño experimental. La población la conforma la cantidad total de residuos orgánicos que se genera en la Institución Educativa “Emancipación Americana-Tinta” con un total de 40 Kg. /día (promedio), la muestra estuvo conformada por 17 Kg. de residuos orgánicos generados en la Institución Educativa “Emancipación Americana-Tinta”. La técnica de investigación fue la observación y el instrumento de recolección de datos la guía de observación. Los resultados muestran que la producción del compost en el contenedor biodigestor es continua, de los 17 Kg. ingresados en la etapa inicial se lograron obtener de 1 Kg. a 1.5 Kg. de producto final, la humedad fue de 3.2%, el nitrógeno 3.09%, el fósforo disponible 36 mg/100, el potasio disponible 62.2mg/100, la materia orgánica 61.8%, el pH 7.3 y la relación C/N 11.6. La principal conclusión a la que llega la investigación es que la construcción del contenedor biodegradador para el manejo de los residuos orgánicos de la institución educativa Emancipación Americana -Tinta mejora la obtención de un compost con parámetros ideales para uso agrícola.

Palabras clave: Compostaje, biodegradador, residuos orgánicos.

ABSTRACT

The present research is oriented to the design of a prototype container to obtain compost with quality levels from the use of Californian earthworms (*Eisenia foetida*) and organic waste generated in the Educational Institution "Emancipación americana" in the district of Tinta, Cusco. The study is of applied type, explanatory level and experimental design. The population is made up of the total amount of organic waste generated in the "Emancipación Americana-Tinta" Educational Institution with a total of 40 kg/day (average), the sample was made up of 17 kg of organic waste generated in the "Emancipación Americana-Tinta" Educational Institution. The research technique was observation and the data collection instrument was the observation guide. The results show that the production of compost in the biodigester container is continuous, from the 17 Kg. entered in the initial stage it was possible to obtain 1 Kg. to 1.5 Kg. of final product, the humidity was 3.2%, nitrogen 3.09%, available phosphorus 36 mg/100, available potassium 62.2mg/100, organic matter 61.8%, pH 7.3 and C/N ratio 11.6. The main conclusion reached by the research is that the construction of the biodegradable container for the management of organic waste from the educational institution Emancipación Americana -Tinta improves the obtaining of compost with ideal parameters for agricultural use.

Keywords: Composting, biodegrader, organic waste.

INTRODUCCIÓN

La acumulación y producción de residuos sólidos en nuestra sociedad ha generado diversos problemas medioambientales producto de una falta de educación ambiental desarrollada. A esto se suma el sistema de gestión de contenedores, puntos de recolección y disposición final poco efectiva, las cuales están generando diversos problemas de contaminación ambiental en muchos lugares y partes del mundo. A nivel nacional, la emisión de CO₂ alcanza los 4 482 millones de Tm., debido a la disposición final de los residuos sólidos municipales; de estos, la mayor emisión de gases de efecto invernadero la generan los residuos orgánicos (1). Por ello, es indispensable aprovechar de manera adecuada estos residuos, ya que, en su lugar, pueden convertirse en abono.

El compost aumenta la riqueza del suelo, ayuda la retención de humedad y erradica las plagas y enfermedades de las plantas; además, propicia que se produzcan bacterias y hongos que son favorables para la descomposición de la materia orgánica y creación de humus, el cual contiene alta cantidad de nutrientes. Además de ello, se ha comprobado que mejora la estructura del suelo, permitiendo que este retenga con mayor facilidad la cantidad óptima de humedad, aire y nutrientes (2). De esta manera, mejora la textura de los suelos arcillosos y arenosos, haciendo que ambos tipos sean ricos y retengan la humedad.

A partir de la realidad problemática en torno a la contaminación de los suelos y los beneficios que presenta el compost como un elemento natural, se entiende la necesidad de utilizar este elemento como un biodegradador de los desperdicios naturales logrando un impacto positivo en el medio ambiente. Por esta razón, la investigación “Contenedor ecológico para la generación de compost en la Institución Educativa Emancipación Americana - Tinta, Cusco, 2022” tiene por objetivo diseñar un prototipo de contenedor ecológico, que para fines de la presente investigación consistirá específicamente en un contenedor biodegradador. Con ello, se busca obtener la calidad del compost a partir del uso de lombrices californianas (*Eisenia foetida*) de residuos orgánicos generados en la Institución Educativa Emancipación americana en el distrito de Tinta. Para ello, la investigación se realizará de acuerdo con la siguiente estructura. En el primer capítulo, se desarrolla el planteamiento del problema, se delimitan las preguntas y objetivos de investigación, así como la justificación del estudio. En el segundo capítulo, se

desarrolla el marco teórico de la investigación, exponiendo los antecedentes del estudio internacionales y nacionales, las bases teóricas que enmarcan la investigación y la definición de términos correspondientes. En el tercer capítulo, se expone la metodología del estudio, consignando el método, diseño de investigación, así como la población y muestra de estudio, las técnicas e instrumentos de recolección de datos y la descripción del lugar de estudio. En el cuarto capítulo, se presentan los resultados de la investigación, en este se realiza la descripción del biodegradador y su manejo, los requerimientos de condiciones ambientales, la elaboración del compost, el análisis de temperatura y humedad; por último, se desarrolla la discusión de resultados. Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones correspondientes al estudio.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

1.1.1 Planteamiento del problema

Los desechos orgánicos que se producen en los hogares pasan por diferentes tratamientos o eliminación directa, lo que provoca se pierda el contenido energético de estos desechos. Es por ello que el compostaje es la mejor alternativa, ya que posibilita que el ciclo de vida continúe. Es de utilidad para la alimentación de las plantas, las cuales constituirán a su vez el alimento de animales y de la humanidad.

A nivel mundial, hacia el 2050, la proporción global de desechos orgánicos se reducirá del 47 % al 39 %, mientras que la proporción de todos los demás tipos de desechos aumentan significativamente. Las ciudades producen cerca de 1.3 mil millones de Tm. de desechos sólidos. Cada habitante genera un total de 1.2 kg. diario y las estimaciones son que este aumentará a 2,2 mil millones de Tm, que representa 1.42 Kg. diarios por persona para el año 2025. La proporción de residuos tratados en vertederos desciende del 28% al 18%, mientras que han aumentado tratamientos más sostenibles de reciclaje, compostaje y valorización energética (3).

Latinoamérica y el Caribe producen aproximadamente más de 216 millones de toneladas de desperdicios sólidos, de los cuales el 52% representa el volumen de residuos sólidos y el 19% es material potencialmente reciclable, como metal, papel, vidrio y cartón. Adicionalmente, el porcentaje de plásticos constituye el 12%. Sin embargo, existe una escasa gestión de los residuos orgánicos, pues solo se estaría reciclando el 4.5% se reciclan (4)..

En Perú, se producen alrededor de 7 millones de toneladas de desechos sólidos municipales anuales. Esto supone cerca de 20 mil toneladas diarias, es decir, mil toneladas por hora. De estos desechos, 70% corresponden a desperdicios de domicilios (5). En el país, actualmente, casi 70% de los desperdicios producidos tienen la posibilidad de transformarse en productos

nuevos y reutilizables. De estos, el 54% son orgánicos y útiles para compostaje (6).

En la provincia de Cusco, se producen 383 toneladas de desechos sólidos diarios. Sin embargo, únicamente, el 19.5% se separa adecuadamente para ser reciclado (7). Por su parte, el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA], ha determinado que la región de Cusco tiene una gestión totalmente ineducada de desechos y se encuentra entre las ciudades que más contaminan a nivel nacional (8).

En la provincia de Tinta de la región Cusco, dentro de la Institución Educativa “Emancipación Americana” se ha evidenciado problemas como la carencia de aprovechamiento de desperdicios orgánicos, la falta de educación ambiental generadas por malos hábitos en la generación, almacenamiento y disposición final de residuos sólidos. En realidad, se ha detectado que estos producen graves problemas de salud pública en la institución y en la localidad. Un efecto colateral es que animales roedores (vectores) se asomen a los desechos, además de las enfermedades a las que están expuestos los alumnos, como infecciones cutáneas y diarreicas hasta casos de hepatitis A y enfermedades oculares como conjuntivitis.

Gracias a este panorama, se entiendo que es viable convertir los desperdicios orgánicos producidos en la institución educativa en abono a través de procesos que degraden los desechos orgánicos utilizando los microorganismos que modifican la estructura de las moléculas de los compuestos de naturaleza orgánica gracias al compostaje. De esta manera, se podrá utilizar el compost como acondicionador de suelo en la agricultura y remediación biológica de suelos. El compostaje en la escuela es una herramienta necesaria que debe aplicarse durante el desarrollo de aprendizaje de los alumnos, pues, de esta manera, los niños y los adolescentes lograrían comprender el ciclo de la materia orgánica de una manera práctica y didáctica.

1.1.2 Formulación del problema

a) Problema general

¿Se podrá obtener compost con niveles de calidad mediante un prototipo de contenedor biodegradador a partir de lombrices californianas (*Eisenia foetida*) y residuos orgánicos generados en la Institución Educativa “¿Emancipación Americana” en el distrito de Tinta, Cusco?

b) Problemas específicos

- ¿Cuáles son las características de un prototipo de contenedor biodegradador para obtener compost a partir de lombrices californianas (*Eisenia foetida*) y residuos orgánicos, generados en la Institución Educativa “Emancipación Americana” en el distrito de Tinta, ¿Cusco?
- ¿Qué parámetros de calidad presenta el compost obtenido a partir de residuos orgánicos en la Institución Educativa “Emancipación americana” en el distrito de Tinta?
- ¿Cuál es el tiempo de degradación orgánica con las lombrices californianas presente en el compost obtenido a partir de residuos orgánicos generados en la Institución Educativa “Emancipación americana” en el distrito de Tinta?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

- Diseñar un prototipo de contenedor para obtener compost de calidad a partir de la especie *Eisenia foetida* (lombrices californianas) y residuos orgánicos, generados en la Institución “Educativa Emancipación americana” en el distrito de Tinta, Cusco

1.2.2 Objetivos específicos

- Describir las características de un prototipo de contenedor biodegradador para la obtención de compost a partir de lombrices californianas (*Eisenia foetida*) y residuos orgánicos generados en la Institución “Educativa Emancipación americana” en el distrito de Tinta, Cusco

- Describir los parámetros de calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos generados en la Institución Educativa “Emancipación americana” en el distrito de Tinta
- Determinar el tiempo de degradación orgánica con las lombrices californianas presente en el compost obtenido a partir de residuos orgánicos generados en la Institución Educativa “Emancipación americana” en el distrito de Tinta

1.3 Justificación e importancia

1.3.1 Social

El contenedor degradador permite un significativo impacto social ya que a través de la elaboración del compost los alumnos de la Institución Educativa “Emancipación americana” en el distrito de Tinta. Con este, aprenderán de manera práctica el ciclo de vida de los diferentes microorganismos; de esta manera, podrán transmitirlos en sus hogares para lograr una educación familiar y evitar contaminación a futuro.

1.3.2 Ambiental

En lo ambiental, el contenedor degradador para la elaboración de compostaje permitirá minimizar el desaprovechamiento de los residuos orgánicos. Así, se lograría reducir la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos en la Institución Educativa “Emancipación americana” en el distrito de Tinta.

1.3.3 Económico

A partir del ángulo económico, el contenedor degradador para la elaboración del compost permitirá aprovechar de mejor manera los desperdicios orgánicos que se transformarán en abonos ricos en vitaminas para el desarrollo de cultivos. Gracias a ello, se podrán obtener beneficios económicos dentro de cada hogar de los alumnos de la Institución Educativa “Emancipación americana” en el distrito de Tinta.

1.3.4 Importancia

El contenedor biodegradador es importante, pues la elaboración de compost brinda alta cantidad de nutrientes fundamentales para el desarrollo de la

vegetación y se usa frecuentemente para fertilizar el suelo. El compost optimiza la estructura del suelo para que el suelo tenga facilidad de retención de los recursos que requiere.

1.4 Hipótesis y descripción de variables

1.4.1. Hipótesis general

En el estudio no se considera las hipótesis de estudio, porque no se trabaja con relaciones de causa y efecto; por lo tanto, solo se pueden formular en las investigaciones donde están implicadas este tipo de relaciones (9).

1.4.2. Descripción de variables

Tabla 1. Descripción de las variables

	VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ÍNDICES
Variable independiente	Cantidad de lombrices californianas (<i>Eisenia Foetida</i>).	Se refiere a las lombrices con características como: color rojo, el adulto puede medir entre 8cm a 10cm, el cuerpo es alargado y cilíndrico, posee anillos y sobre sale un anillo denominado clitelo que contiene los órganos reproductivos e indica la madurez sexual del individuo. Respira a través de la piel, por esta razón la humedad es un factor relevante para la elaboración del vermicompost ya que de esto depende que las lombrices vivan y puedan cumplir con su función biológica (10).	Los factores ambientales del cuál dependen las lombrices son: el nivel de humedad existente, el nivel de la temperatura y el nivel de residuos orgánicos acumulados (10).	Nivel de humedad	Cantidad de agua
				Nivel de temperatura adecuada	Temperatura (° C, K)
				Nivel de residuos (alimento para las lombrices)	Cantidad de residuos orgánicos generados
Variable dependiente	Calidad del compost (humus de lombriz)	Referido al proceso de naturaleza biológica, generado en presencia de oxígeno. Con la adecuada humedad y temperatura, se garantiza la modificación limpia de los residuos orgánicos en un material uniforme y de fácil asimilación para las plantas.	La calidad del compost está definida por el porcentaje de materia orgánica, el porcentaje de nutrientes disponibles y la modificación de su PH (45)	Porcentaje materia orgánica	Materia orgánica
				Porcentaje de nutrientes disponibles	N, P y K
				Porcentaje PH (neutro valor 7)	PH

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

2.1.1 Antecedentes internacionales

En el estudio *Obtención De Compost A Partir De Residuos Sólidos Orgánicos Generados En El Mercado Mayorista De Cantón Riobamba* el objetivo fue obtener compost con propiedades físicas, químicas y biológicas óptimas para la agricultura con los residuos sólidos generados en el mercado Mayorista De Cantón Riobamba (11). El diseño metodológico fue experimental. Los resultados muestran que, los desechos de la poda de árboles tuvieron un valor levemente ácido con 5,23, los desechos orgánicos del mercado presentaron un valor básico de 8,28, como consecuencia de la gran proporción de desperdicios de verduras y poca cantidad de frutas en los desechos del mercado, los restos de poda de árboles registraron 9,11% de humedad, la poda de palma 13,37% y los residuos de mercado tuvieron 82,24 % de humedad, considerando que estos desechos eran frescos. La investigación concluye que el producto adquirido presenta las propiedades óptimas para ser de utilidad en la agricultura mediante el mejoramiento de suelos con nutrientes macro y microelementos necesarios para la vegetación (11).

En el trabajo *Manejo de Residuos Sólidos en el Ámbito* se tuvo como objetivo caracterizar cómo se manejan los residuos sólidos en una institución de educación media superior. Respecto a la metodología de investigación, esta fue cuantitativa y cualitativa (12). Los principales resultados encontrados fueron que el 70% de los estudiantes detectaron que los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos como el principal tipo de contaminación que afecta a su institución. Sin embargo, solo el 56% asocia con problemas con la salud, siendo la segunda afectación la que se refiere a aspectos estéticos, además de malos olores asociados. La investigación concluye que la generación per cápita fue mínima en comparación con datos obtenidos en otros estudios.

El trabajo *Manejo de Residuos Sólidos en la Institución Educativa los Libertadores* tuvo como objetivo mitigar un problema ambiental en un proyecto educativo que tiene como fin articular una propuesta metodológica en la preservación del medio ambiente (13). La metodología empleada en la investigación fue de tipo cualitativo y su diseño es aplicado. El principal resultado fue comprobar que la institución Educativa genera en su gran mayoría residuos sólidos inorgánicos, botellas pet, papeles, plásticos, vasos de plásticos, envolturas de alimentos comestibles, cartulinas e icopor. La investigación concluye que al establecer la gestión integral de residuos en la institución educativa los estudiantes tomaron consciencia y visualizaron sobre la problemática ambiental que afecta a todos. Por ello, tomaron sentido a la preservación por la institución y por el medio ambiente.

El Estudio del manejo de los residuos orgánicos generados en la Universidad de la Costa (Cuc) a través del compostaje su investigación tuvo como objetivo proponer un estudio sobre el manejo de los residuos sólidos orgánicos generados dentro de la Universidad de la Costa que daba lugar a reducir y promover la reutilización de residuos orgánicos para generar materia orgánica por medio del compostaje (14). El estudio fue de tipo documental, de campo o mixta. La población de estudio fue la Universidad de la Costa C.U.C, ubicada en Colombia en la ciudad de Barranquilla (Atlántico). El tipo de muestreo utilizado en este proyecto para la obtención de muestras fue el no probabilístico de conveniencia, el cual se basa en los conocimientos que se tiene sobre la población. Se presentó diferentes variedades de compostera (fijas y giratorias). Las giratorias tuvieron mejor resultado y fueron más eficientes, ya que el tiempo descomposición de los residuos orgánicos fue un poco más rápido. Los resultados muestran que los residuos con carga orgánica (residuos de cafetería) poseen mejores parámetros al ser evaluados, la compostera giratoria #1 fue la que mejor resultados arrojó, con una temperatura de 34,9 °C, pH de 7.7, carbono orgánico de 32,40% y nitrógeno total de 0,892935%; todos estos parámetros cumplen con NTC 5167 de 2011. Desde el punto de vista cualitativo, es posible afirmar que esta muestra presenta condiciones muy buenas y sería un producto de buena calidad (olor, color y aspecto de homogéneo). La

compostera giratoria #2 y la compostera fija #1 también cumplieron con los parámetros establecidos en la norma técnica colombiana. La investigación concluye que las composteras de tipo giratorias son las más adecuadas para obtener materia orgánica (compost) en la Universidad de la Costa por la presencia de aeración y el movimiento frecuente en su sistema de trabajo lo cual hace que la demanda de oxígeno no afectara en la actividad microbiana.

En la investigación *Quality assessment of compost prepared with municipal solid waste* se estudió la calidad del compost a partir de la generación de residuos sólidos orgánicos urbanos (15). Para ello, estudiaron los nutrientes minerales presentes: potasio, calcio, magnesio, sodio, zinc, manganeso, cobre, hierro, níquel, cromo y plomo. La generación de compost fue realizada en una planta piloto cuyo sistema fue de pila giratoria. Se analizaron los siguientes elementos: K, Ca, Mg, Na, Zn, Mn, Cu, Fe, Ni, Cr y Pb. Las muestras insembraron en un horno a 450 °C durante 12 h y las cenizas se disiparon en concentrado HNO₃, llevándolo a un volumen final de 50 ml con 2% de HNO₃ (v / v). La concentración de elementos estudiados fue once (K, Ca, Mg, Na, Zn, Mn, Cu, Fe, Ni, Cr y Pb) se midieron usando un equipo modelo 7500A ICP-MS. Los datos experimentales se sometieron a un análisis de varianza unidireccional (ANOVA) y las separaciones medias se realizaron por la diferencia menos significativa (LSD) en el nivel de significancia de $P < 0.05$, usando el programa Statistix. Los resultados muestran mejoras en el contenido de nutrientes minerales de la mezcla de residuos sólidos orgánicos urbanos. En este caso el compost generado por residuos orgánicos urbanos tiene un buen impacto en las zonas agrícolas ya que cumple una función de fertilizante natural.

El trabajo *Biodigestión anaerobia de los desechos del camal del Distrito Metropolitano de Quito para la obtención de compost, biol y biogás* tuvo como objetivo la realización de biodigestión anaerobia a nivel laboratorio en un biorreactor modificado a partir de componentes de laboratorio en tres tipos de desechos orgánicos: mezcla de rumen y estiércol, rumen de res y lodo seco PTAR provistas por la Empresa Pública Metropolitana de Rastro Quito, EMRAQ-EP para obtener biol, compost y biogás (16). Respecto a la metodología fue de tipo cualitativo-explicativo. Los resultados informan que

la concentración del metano óptima es a 50 °C y con una relación desecho-agua de 1:3 fueron para la mezcla de rumen-estiércol (M3) de $65,44 \pm 0,52\%$, $24,69 \pm 0,34 \%$ de la muestra rumen de res (M2) y $23,41 \pm 0,35\%$ de lodo seco PTAR (M1). La porción de metano producido fue del 65,44 %, cuyo valor está dentro del rango 50 al 80% de las características del biogás, esto puede aprovecharse y ser usado como una fuente de energía. El biol y el compost se usarán en actividades agrícolas de producción de maíz, mejorando las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, mejorías en la porosidad, mejora de la capacidad de retención de líquido y permeabilidad del suelo. Además, logran aportar macronutrientes. La investigación concluye que las muestras de residuos orgánicos cumplieron las condiciones adecuadas de pH, sólidos totales y la relación C/N. Para efectuar este proceso de biodegradación anaerobia se logró resultados muy favorables en la producción de biogás, biol y compost.

El trabajo *Contenedores biodegradables diseñados a partir de residuos urbanos, forestales y agroindustriales para el cultivo de plantas en vivero* tuvo como objetivo determinar las condiciones óptimas para el diseño de contenedores biodegradables aptos para el cultivo de plantas en vivero a partir de residuos sólidos urbanos, forestales y agroindustriales, utilizando el proceso de moldeado de pulpa (17). Respecto a la metodología fue de tipo experimental. Los resultados muestran que la velocidad de degradación varía notablemente entre distintos materiales. A los 70 días se observó una pérdida del 50% del material a base de OWP, mientras que para ONP y OCC, a igual tiempo de ensayo se observó una reducción aproximada del 10 y 15 % del material inicial, respectivamente; a los 98 días se observó una pérdida del 30% del material a base de OCC y 25% del material a base de ONP. La investigación concluye que los contenedores biodegradables de pulpa OWP y OCC en proporción 50:50, corresponden al diseño óptimo. Son contenedores biodegradables de paredes rígidas, resistentes y permeables, con baja capacidad de absorción de agua, bajo desarrollo de algas y hongos en sus paredes, y buena durabilidad en vivero; por ello, permiten un buen desarrollo del cultivo.

El estudio *Elaboración de compost acelerado utilizando cuatro activadores en la localidad de Carabuco* tuvo como objetivo realizar un compost de forma acelerada a partir de residuos orgánicos utilizando cuatro tipos de activadores (suero de leche, levadura fresca, flora bacteriana de bovino y bocashi) en la localidad de Carabuco, Provincia Camacho—La Paz (18). Respecto a la metodología fue de tipo experimental de bloques completos al azar con cuatro tratamientos y cuatro bloques. Los resultados obtenidos muestran que los días de madurez del compost se aprecia que el tratamiento T4 (bocashi) con un promedio de 42,50 días, fue el que menor tiempo obtuvo a la madurez, seguido por tratamientos T3 (rumen de bovino), T2 (suero de leche), con promedios de 51,50 y 61,50 días respectivamente, finalmente el T1 (levadura) llegó a la madurez a los 75,25 días. La investigación concluye que existen notables diferencias significativas dentro de los tratamientos en el tiempo de compostaje, entre los extremos están el T1 con 75 días y el T4 con 43 días. Esto resulta ser un tiempo bueno y favorable, ya que se trabajó en clima seco, temporadas de heladas fuertes.

El estudio *Elaboración de compost a partir del estiércol de cuy (Calvia porcellus) y su aplicación en la comuna Lumbisi (sector Cumbaya)* tuvo como objetivo la obtención de compost que fue reaprovechado del estiércol agrícola un 50 por ciento y el otro 50 por ciento fue de estiércol de cuy (19). Para ello, el proceso implicó añadir sustrato de chicha de jora y melaza. Respecto a la metodología fue de tipo experimental. Los resultados detallan que, el sustrato de chicha de jora en cuestión de la degradación fue en un tiempo menor (50 días) que la melaza (65 días). Los resultados obtenidos finalmente dieron que las características físicas y químicas se encuentran dentro del rango adecuado según los parámetros establecidos por la norma de fertilizantes agrícolas. La investigación concluye que se debe optar la chicha de Jora como un sustrato más dentro de la aceleración del proceso de descomposición de los desechos orgánicos agrícolas traídos de la zona comunal de Lumbisi.

El estudio *Formulación y obtención para aplicación del compost a partir de residuos de tallos y pétalos* tuvo como objetivo introducir coadyuvantes que proporcionen una aceleración en la descomposición de residuos vegetales

durante el proceso de compostaje (20). Este proceso también mejorara las características físicas, químicas y biológicas del compost, que al ser usado en el campo ayude de manera eficiente y recuperar las propiedades del suelo. Respecto a la metodología fue de tipo experimental. Los resultados muestran que al comparar el rendimiento entre la materia prima del compost obtenido y del compost testigo como de los tratamientos se visualizó que el comportamiento del rendimiento, el compost testigo tiene un elevado rendimiento de 50% en comparación con los tratamientos 1 y 2. La investigación concluye que, al agregar materia prima como son los residuos de vegetales provenientes de la florícola, se pudo mantener un compost estable, de buena calidad, libre de patógenos, que pueden ser usados en las camas de cultivo de rosas de la Florícola.

El estudio *Transformación de residuos agrícolas y pecuarios en compost en los municipios de San Vicente del Caguán- Caquetá y Belloantioquia* tuvo como objetivo evaluar la calidad del compost producido a partir de la transformación de residuos agrícolas y pecuarios en los Municipios de San Vicente del Caguán- Caquetá y Bello-Antioquia (21). Respecto a la metodología que se utilizó, esta fue experimental. Los resultados muestran que la relación que existe entre la tasa de conversión de la materia orgánica respecto a la localidad, Bello-Antioquia y San Vicente del Caguán-Caquetá. En el Municipio de Bello se obtuvo la mayor descomposición (63%) respecto a San Vicente del Caguán (60,8%) y con respecto a las propiedades físicas y químicas del compostaje obtenido en San Vicente y Bello mostraron diferencias significativas ($p < 0,10$) en el porcentaje de Boro y azufre. Las demás variables no presentaron diferencias significativas. La investigación concluye que la determinación de los parámetros físicos permite que la mezcla número uno es la mejor debido a las características óptimas que presentó (textura, estructura, color, porosidad y permeabilidad), mientras que la mezcla número dos fue la mejor en su caracterización química. Esto se debe a que presenta los niveles más altos de los elementos mayores primarios (nitrógeno, potasio y fósforo), los cuales son aprovechados por las plantas en mayores cantidades.

2.1.2 Antecedentes nacionales

El trabajo *Elaboración de compost mejorado a partir de la valorización de los residuos orgánicos generados en el mercado y parada municipal de la ciudad de Bagua* tuvo como objetivo la preparación de compost mejorado a partir de residuos orgánicos (frutas y verduras) recopilados del mercado y parada municipal del Bagua (22). Respecto a la metodología empleada, esta fue de tipo cuantitativa – cualitativa y experimental. El resultado primordial fue la generación total de los puestos de frutas y verduras que es 42.0228 Tn/año y aplicando el método de compost Bagua se obtuvo 8.29 Tn/año que significa el 19.73% en reducción, demostrando que su efectividad y eficacia de minimización de los residuos orgánicos a través de la técnica de fermentación con microorganismos y/o nativos convirtiéndose en compost mejorado en dos semanas. La investigación concluye que los puntos determinados que son 30 establecimientos comerciales (frutas y verduras), dando como inicio la etapa de minimización de residuos orgánicos, donde se obtuvo un resultado 8.29 Tn/año que significa el 5.96% en reducción, de un total de 138 establecimientos comerciales que producen residuos orgánicos.

Suni (23), en su investigación tuvo como objetivo utilizar los residuos sólidos orgánicos en compostaje del Mercado Mayorista Metropolitano de Río Seco – La Parada de Cerro Colorado. La metodología utilizada en el estudio fue aplicada, experimental. Los resultados muestran que al determinar todo los parámetros físicos y químicos al principio y durante las semanas 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12 y 21 fecha terminada del proceso compostaje presentan un comportamiento normal y homogeneidad en todo el desarrollo. Los parámetros principales a evaluar fueron la temperatura que llegó a la fase de mesófila I al tercer y cuarto día; la fase de termófila entre la primera y tercera semana, la fase mesófila II de la cuarta a la doceava semana. La investigación concluye que los comerciantes del mercado estarán prestos a participar en programas de reciclaje de residuos sólidos orgánicos lo cual será muy factible trabajar para la generación de residuos en la elaboración de compost.

La investigación *Gestión de los residuos sólidos en las instituciones educativas de nivel primaria en el Distrito de Huando – Huancavelica* tuvo

como objetivo describir y analizar cómo se manejan los residuos sólidos para plantear una propuesta de gestión de residuos (24). Respecto a la metodología empleada fue aplicada y descriptiva; la técnica utilizada fue la encuesta y observación, la muestra fueron los directores y plana docente y estudiantil de la institución, así como el manejo de desechos de esta. Los resultados obtenidos muestran que se generan 0,04 kg/hab/día de desechos, prevaleciendo los residuos orgánicos con 35%, la densidad en promedio es 87,3 kg/m³ y se comprobó que existe un incorrecto manejo de desechos. La investigación concluye en la propuesta de gestión de residuos para las instituciones estudiadas. Esta engloba una serie de objetivos y metas, brindando información ambiental y legal actualizada de utilidad para autoridades del sector de educación, encargados de tomar decisiones para beneficiar a la población y entorno ambiental.

El trabajo *Aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos como abono orgánico en municipalidades distritales* tuvo como objetivo utilizar los residuos orgánicos generados en zonas urbanas para transformar en abono orgánico en las municipalidades distritales para mejorar su calidad de vida, minimizar los impactos ambientales y sociales (25). El estudio fue de tipo no experimental. Los resultados muestran que, la Municipalidad Distrital de Socabaya, como espacio caracterizado para el estudio con una planta de compostaje puede lograr una disminución del 18% en el peso generado total de 24.4 toneladas de residuos orgánicos, que denota el 58,33% del total de las 41.9 toneladas de residuos orgánicos urbanos producidos al día. La investigación concluye que la producción de residuos sólidos orgánicos producidas en zonas urbanas como abonos orgánicos llevados al proceso de compostaje en un sistema de pilas estáticas en municipalidades distritales es social, técnico y económicamente viable. Así mismo, el control permanente y eficiencia de los parámetros técnicos de T, Hu, y pH en cada etapa de sucesión propuesta con MO total de entrada conformada en 67% por RO: residuo de frutas y verduras y en un 33% por ROV: residuo de la poda de los parques, jardines, arbustos, hojas, se logra un C/N: 30, un 66.78% de degradabilidad, 58 % de Hu. y 2.37% de N₂. Para esto, no se tendrá proliferación de insectos ni generación de malos olores que pueden

ser muy desagradables, lo que logra también productividad en peso de compost/materia orgánica entre el 25% y el 30%.

La investigación *Elaboración de compost a partir de los residuos orgánicos generados en la limpieza de planta de la empresa Copeinca SAC* tuvo como objetivo lograr un compost de calidad muy alta a partir de los residuos orgánicos producidos en la planta de COPEINCA SAC (26). El estudio fue de tipo aplicada, experimental, y de nivel explicativo. Los resultados muestran que, el proceso de generación y aplicación de residuo “lodos de la PTAR” intervienen en la calidad del compost, incrementando con un proceso tradicional eficiente y una dosificación máxima (93.9% de lodos). De la estimación con las normativas se obtuvo que con dicha dosificación y utilizando el proceso tradicional de compost respectivamente, se logró un compost de buena calidad “A” u óptima, muy bueno para el uso agrícola. De igual manera, con la mínima o cero dosificaciones de lodo, fue para el compost con fase tradicional, sin dosificación (0% de lodo) resultando de Calidad “B” y con potencial para parques y jardines.

La investigación *Evaluación de la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) en el distrito de Huayucachi, Huancayo* tuvo como objetivo determinar la calidad del compost como resultado de la mezcla de 4 tipos de residuos orgánicos: restos de cosecha, residuos de mercado, estiércol de oveja, estiércol de vaca, lo cual fueron aplicadas 3 dosis de “Microorganismo Eficaces” (EM) al 5%, efectuando en el distrito de Huayucachi, Huancayo (27). En el estudio, se empleó el método experimental con un diseño completamente al azar. Los resultados muestran que, los parámetros: plomo y cromo, relación C: N, cobre, magnesio, calcio, potasio, fósforo, nitrógeno total, contenido de materia orgánica, conductividad eléctrica, pH y humedad, se encuentran dentro de los estándares establecidos de compost de buena calidad, según su Norma Técnica Chilena, FAO, IIAP-Iquitos y EPA Australia. Por otro lado, los metales como zinc y cadmio sobrepasan los estándares de calidad del EPA- Australia y la Norma Técnica Chilena, debido a sus contenidos superiores a 1ppm. La investigación concluye que la utilización de EM en su

fase de compostaje aumento el contenido de conductividad eléctrica, humedad, zinc, calcio, cobre, relación C: N, cromo y cadmio en el compost obtenido, respecto al compost sin el uso de EM.

La investigación *Evaluación del proceso de compostaje de residuos orgánicos, aplicando microorganismo eficaces* tuvo como objetivo determinar el desarrollo de compost de residuos orgánicos, introduciendo microorganismos eficaces (28). En el estudio efectuado en el laboratorio de Ecología de la Facultad de Ciencias Biológicas durante los meses de diciembre 2018 y marzo 2019. Los resultados muestran que el tiempo de degradación del (T1) fue de 61 días, (T2) fue de 52 días y el (T3) se obtuvo en 75 días. Con relación a la granulometría indica de 85.7 a 90.6% de gránulos con diámetros <1.5 mm para todos los compost. La temperatura en promedio (T1) fue de 25.58°C y pH a 7.05, (T2) fue de 27.63°C y pH 7.7 y el (T3) de 25.78°C y pH 7.6, diferentes entre sí solo en pH ($P < 0.005$). según a la calidad del compost para la Norma Chilena 2880 (2005), Organización Mundial de la Salud (OMS), Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), Norma Técnica Colombiana 5167 y Bioagro 2011, los tratamientos (1), (2) y (3) se localizan dentro de los parámetros generales excepto en Potasio y Fosforo con valores mínimos a una ($P < 0.05$). La investigación concluye que, los sustratos usados en la preparación de diferentes compost influyen en el tiempo de descomposición, granulometría, pH, temperatura y los EM coadyuvaron en la calidad del compost.

La investigación *Aplicación de tres tratamientos aceleradores para la elaboración de compost de residuos del Mercado Los Cedros, Distrito de Chorrillos* tuvo como objetivo determinar la calidad obtenida a partir de tres bases de tratamiento que realizó con aceleradores para la elaboración de compost de residuos del Mercado Los Cedros (29). El estudio fue de tipo descriptivo explicativo con diseño experimental. Los resultados muestran que, el tratamiento adecuado para la obtención de compost con muy buena calidad es a base de estiércol de cuy, los parámetros fisicoquímicos fueron más ascendentes que los demás y tanto como el contenido de nutriente, también se pudo indicar en la realidad con crecimientos del rabanito el cual

tuvo mayor uso de este abono. La investigación concluye que el método a base de estiércol de cuy proporciona una buena calidad ya que su relación carbono y nitrógeno (24,96) son adecuadas, cantidad de nutrientes elevados NPK (1.58%, 1.7% y 3,09 %) y un apropiado porcentaje de materia orgánico (82.37%) en relación con los demás tratamientos.

El trabajo *Protocolo para la producción de compost de residuos sólidos orgánicos del mercado de la ciudad de Lambayeque en el año 2018* tuvo como objetivo determinar las características de un reglamento para la producción de compost con uso de microorganismos eficaces en residuos sólidos orgánicos del mercado de la ciudad de Lambayeque en el año 2018 (30). El estudio fue de tipo experimental. En dicha exploración en cuanto al Análisis se definió las Técnicas de Laboratorio y Estadísticas, que se usaron para descifrar lo que revelan los datos recolectados. Se tuvo un ascenso constante durante todo el proceso de maduración de duro 85 días, tomando los parámetros de temperatura, humedad y pH, monitoreando de forma minuciosa, una vez terminada el proceso se realizó muestras de ambas pilas teniendo resultados muy favorables en ambos tratamientos, obteniendo mayores cantidades de Nitrógeno en un 0.28 %, en 0.2 % de fosforo y en 0.09 de potasio en la muestra con tratamiento con EM. Se encontró diferencia en la calidad de nutrientes (P, K, N) con el uso de microorganismos y una disminución de 250kg en la muestra con EM COMPOST al pesaje final.

El estudio *Elaboración de compost utilizando materia orgánica de cocina y estiércol de vacuno en la granja ecológica lindero, tomayquichua, ambo, Huánuco, diciembre 2018 – marzo 2019* tuvo como objetivo señalar la eficacia de elaborar un compost utilizando restos de residuos orgánicos de cocina y estiércol de vacuno en la Granja Ecológica Lindero, Tomayquichua, Ambo, Huánuco (31). Sobre la metodología, esta fue cuasi experimental, transeccional y diseño cuasi experimental. Los resultados con respecto al análisis del compost más el acoplamiento de microorganismos eficientes muestra una humedad (%) 5.80, (pH) 8,3 y análisis proximal de humedad (cenizas 22,78% y materia orgánica 13,29 %) y en materia seca (cenizas 64,36 % y materia orgánica 35,64%) y el compost en prueba se muestra en

un (pH) de 8,49 humedad (%) 49.20 y análisis próximos de humedad (cenizas 33,80% y materia orgánica 17,00 %) y en materia seca (cenizas 66,53% y materia orgánica 38,47%). La investigación concluye que los microorganismos tuvieron mayor eficiencia en el dominio sobre las transformaciones de la materia orgánica, ya que ha dejado que el proceso sea acelerado para mejorar en el resultado en el tiempo de 92 días, no llegaron a darse con el testigo porque su totalidad de transformación no llegó a la materia orgánica y hasta su transformación pasaron 120 días.

El estudio *Evaluación del compostaje domiciliario como modelo de gestión de los residuos orgánicos en la ciudad de Moyobamba* tuvo como diagnosticar la satisfacción de la población con el uso de las composteras, así como determinar el grado de eficiencia de las mismas en la producción de compost y la disminución (32). Respecto a la metodología es cuasi experimental, transeccional. Los resultados muestran que, el compost conseguido es de muy buena calidad para cultivos, el pH se encuentra en un rango de 5.89 a 6.96 se puede recomendar para diferentes cultivos, ya que los nutrientes en su mayoría son asimilados por las plantas si el suelo mantiene un rango de pH de 5.0 a 6.5 se puede aconsejar para el uso en todo tipo de hortalizas, flores en jardines, para abono en plantas frutales y otros. Al mismo tiempo, se puede recomendar que el compost se puede trabajar como abono en los cultivos de café, maíz, plátano y otros productos, por su acomodado contenido de NPK que contienen.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Economía circular

Se inspira en la naturaleza donde el residuo de una especie es el alimento de la otra y le ofrece energía a esta. En otras palabras, la economía circular genera movimientos en ciclos de materiales y productos valiosos, transportándolos en energía renovable (33).

Se refiere a una filosofía sobre estructuración de sistemas, fundamentada en los seres vivos. Se plantea para cambiar la economía lineal que implica el desperdicio de los desechos hacia un paradigma circular que posibilite la

reutilización y reciclaje de estos. Con ello, se podría dar mayor vida útil a lo producido y disminuir los residuos generados (34).

- A. Economía lineal a circular.** La transición de economía lineal a una economía circular resulta ser una condición fructífera necesaria para un mundo sustentable de innovaciones circulares en reutilización de materias, componentes y productos. Con ello, se logran nuevos modelos de negocio, basados en soluciones y servicios (33).
- B. Enfoque.** Adoptar el modelo circular con la finalidad de conseguir un entorno sostenible requiere estar fundamentada en tres principios. Una oportunidad para que los actores económicos generen una mínima cantidad de desperdicios necesita adquirir un valor superior para la industria y agricultura, paralelo a la regeneración del entorno ambiental (34).
- C. Características.** La economía circular presenta las características mencionadas a continuación:
 - a) Diseñar sin residuos:** en una economía circular se diseña de manera intencionada para que no haya residuos. Los materiales biológicos carecen de toxicidad, es posible devolverlos con facilidad a la tierra a través del compostaje o la digestión anaeróbica (35).
 - b) Aumentar la resiliencia por medio de la diversidad:** para muchos tipos de sistemas, la diversidad es un factor clave de versatilidad y resiliencia (35).
 - c) Trabajar hacia un uso de energía de fuentes renovables:** la energía que se requiere es renovable por naturaleza, para disimular la dependencia de recursos y aumentar la resiliencia de sistemas (35).
 - d) Pensar en sistemas:** la comprensión de la influencia interactiva entre las partes y el todo es esencial (35).
 - e) Pensar en cascadas:** es fundamental la generación de valor para los materiales de naturaleza biológica, esta implica la opción de extraer valor extra de productos a través de su paso en cascada por otras aplicaciones (35).

2.2.2 Residuos solidos

Es aquella materia o sustancia restante de un producto que ha sido transformado por consumo o uso en industrias, comercio e incluso en labores domésticas y por lo cual el poseedor o consumidor desecha o entrega (10).

Constituyen el subproducto de las producciones habituales. La disposición última de estos residuos genera intensas problemáticas en el entorno ambiental, lo cual de contamina los recursos naturales (36).

2.2.3 Contenedor ecológico

Son aquellos recipientes utilizados para el desecho de materia orgánica o inorgánica, las cuales serán reutilizadas en la planta de reciclaje o donde se efectúe la mejor manera de ser reutilizable estos desechos (37).

Estos recipientes son para el acopio de la materia orgánica que han sido desechos por el uso doméstico que posteriormente serán reaprovechables convirtiéndolos en materia de energía renovable para ecosistema (38).

A. Contenedor. Son aquellos recipientes donde depositan los residuos ya desechables por el ser humano, en la actualidad existe una gran variedad de contenedores con distintas características y particulares (39). También se entiende como aquel depósito o recipiente en el que se disponen objetos de todo tipo para ser traslado en determinados medios de transporte (37).

2.2.4 Tipos de contenedores

Existen diversos tipos de contenedores que pueden variar en su forma: rectangulares, cilíndricos, con tapas y/o ruedas. Estos contenedores son resistentes para su uso reiterado y facilitan el transporte sin operaciones intermedias de carga y descarga (40).

A. Compostador. Es aquel recipiente donde será depositado los restos orgánicos, su medida dependerá principalmente de la cantidad de materia a utilizar. Estos contenedores tienen que estar ligeramente

elevados del suelo para que el exceso de humedad no se acumule en el fondo y tenga problemas de mal olor y putrefacción (41).

Se pueden identificar tres tipos de compostadores para la conversión de materia orgánica a abono (41).

- a) **Compostador de plástico comercializado.** Son recipientes específicamente pensados para realizar el compostaje a pequeña escala y de los cuales dispone de una variada oferta en comercios dedicados a la jardinería y el bricolaje estos compostadores tienen una altura aprox de 80 a 10 cm. (41).
- b) **Compostador de plástico casero.** Puede ser cualquier recipiente de plástico tiene un volumen de unos 250 litros con un diámetro de 60 cm. y altura de 100 cm. y tiene que ser grueso, ya que será más resistente y conservará mejor la temperatura. El recipiente está cubierto por una tapa ya sea de plástico o madera con 5 a 6 agujeros en los costados llegando a unos 20 cm. desde la base (41).
- c) **Compostador de madera.** Se utilizan los palets que utilizan para el transporte, la madera es tratada con una imprimación que proteja de la humedad y con un producto natural como el aceite de linaza. Tiene un grosor de 1.5 a 2 cm., longitud de 60-70 cm. y una anchura de 10 a 15 cm. (41).

2.2.5 Lombrices californianas

La lombriz roja de california (*Eisenia foetida*) es una de las especies de lombrices que permite ser cultivada para lograr que la materia orgánica se degrade. Esta lombriz tiene la capacidad de consumir un volumen de alimento que equivalga a su peso cada 24 horas que obtiene a partir de los residuos orgánicos (10).

También conocidas como lombrices ingenieras, las lombrices rojas californianas tienen pigmento y están acostumbradas a ingerir grandes cantidades de materia orgánica relativamente fresca. Los desechos que producen los gusanos ventilan rápidamente a tierra y produce más abono (42).

A. Características de la lombriz californiana. De color rojo, el adulto puede medir entre 8 cm. a 10 cm. con un cuerpo alargado y cilíndrico. Posee anillos y sobresale un anillo denominado clitelo que contiene los órganos reproductivos e indica la madurez sexual del individuo. Respira a través de la piel, por lo que la humedad es un factor indispensable durante la elaboración del vermicompost. De esto, depende que las lombrices vivan y puedan cumplir con su función biológica (10).

2.2.6 Factores ambientales

Se ha podido determinar los siguientes factores ambientales:

A. Nivel de humedad. La humedad adecuada permite la movilidad de las lombrices en los desechos para así alimentarse de estos, realizar el proceso de digestión y producir el abono orgánico. El rango óptimo de humedad debe existir es entre 70% y 80% valores inferiores o superiores pueden causar la muerte (10).

B. Nivel de temperatura. La temperatura óptima es de 10°C a 25°C, mientras que las temperaturas menores a 10°C y mayores a 25°C permiten la actividad de las lombrices, pero no la producción de huevos. Por ello, la regulación de la temperatura influye directamente en la fertilización y reproducción (10).

C. Nivel de residuos (alimento para las lombrices). Tiene la capacidad de consumir un volumen de alimento que equivalga a su peso cada 24 horas que obtiene a partir de los residuos orgánicos (10).

2.2.7 Compostaje

Es aquel que degrada la materia por medio de la actividad de organismos por medio de lombrices y su microbiota intestinal y con ayuda de algunos microorganismos benéficos que se encuentren en sustrato transformado la materia orgánica en el producto final llamado abono (10). Por otra parte, se entiende como aquella práctica de reunir materia orgánica que brinda contribución para el resguardo del entorno ambiental. Para ello, se considera que los desperdicios son reciclados y reutilizados, lo que mejora la calidad del suelo y de la vegetación (43). Finalmente, es entendido como el producto orgánico adquirido mediante el procesamiento biológico, aeróbico y

termofílico de desperdicios que se degradan biológicamente, los cuales se recolectan de forma separada también es obtenido del material orgánico de las plantas.

A. Clases de compost

Se ha logrado determinar que existen dos clases de fabricación de compost (43):

- a) **Compost vegetal:** Es aquella que se calienta y se descompone rápidamente, en esta clase se requiere unificar los diversos ingredientes (43).
- b) **Vermicompost:** este no es demasiado caliente para que las lombrices vivan en los ingredientes son añadidos en una pila (43).

B. Calidad del compost

Se trata de garantizar que el producto propuesto en el mercado cumpla con las especificaciones de etiquetado en cuanto a su contenido total en diferentes parámetros que definen su valor, así como generar minimización del efecto negativo en el entorno ambiental y la salud de las personas (44).

Es aquella que garantiza condiciones óptimas ambientales que permitan la supervivencia y reproducción de la lombriz y a su vez que cumpla la actividad en la producción de compost (10).

C. Características fisicoquímicas del compost de calidad

Existen características fisicoquímicas en el proceso para que se obtenga un compost de calidad que son los siguientes (45):

- a) **pH.** En el compostaje, constituye un indicador sobre el proceso de degradación de la materia. Durante la fase primera, el pH se torna más ácido porque los carbohidratos se degradan, formando ácidos orgánicos y dióxido de carbono (45).

- b) Humedad.** Es fundamental para la efectividad del compostaje contar con el nivel adecuado de temperatura. Temperaturas superiores a 60°C reducen la acción de los microbios de mesófila y se optimiza la actividad de los 7 microorganismos termófilos. Sin embargo, al tener una temperatura superior a 82°C, el crecimiento de los microbios se torna más dificultoso. Es indispensable contar con temperatura mayor o igual a 55°C en mínimo 15 días para que los agentes patógenos y semillas de malezas se activen (45).
- c) Carbono.** Empleado para brindar volumen a la materia en compostaje, altera el proceso de degradación realizado por el microbiota. Los restos secos poseen células con fibras celulósicas, ligninas, ceras y aceites, mientras que los restos frescos tienen células con pared celular fina y con menor lignificación, lo cual hace más fácil el descomponer los carbohidratos estructurales (46).
- d) Nitrógeno.** El contenido común de nitrógeno es de 0.1 y 1.8 %. Esta determina si el compost es un fertilizante de calidad (47).
- e) Fosforo.** El P se encuentra en los restos de naturaleza orgánica, esencialmente en ácidos nucleicos, fosfolípidos y fitina. En el humus final, favorece las propiedades del abono orgánico sólido final, porque permite que el suelo tenga mayor capacidad de absorber nutrientes y recursos (48).
- f) Relación carbono/ nitrógeno.** Es óptima si el valor de inicio de 25 es adecuado. El valor medio final de la asociación de C/N se minimiza a los 60 días, pero es fundamental alcanzar al periodo en que el compost madura, lo cual establece una asociación lineal en función a los días de compost (47).

D. Fases del compostaje

- a) Fase mesofila.** Fase inicial en que la temperatura está en sus valores ambientales, a causa de la actividad de los microbios. Posterior a ello, la temperatura sube sustancialmente hasta llegar a los 40°C (49).
- b) Fase termófila.** La temperatura llega a 70°C u 80°C como consecuencia del incremento de la actividad de los microbios. La

mayor proporción de la celulosa se degrada, los microorganismos son termófilos. Desde los 60°C, los hongos termófilos paralizan su actuar y se ejecutan las reacciones de oxidación a cargo de bacterias formadoras de esporas y actinomicetos (49).

c) Fase mesofila II o de enfriamiento. Se reduce la tasa a la que se descompone la materia y la temperatura a valores similares a los del ambiente. Después, los microorganismos mesófilos colonizan la materia (49).

2.3 Definición de términos básicos

- **Calidad:** Se entiende como el mínimo aceptable que garantiza que el producto propuesto en el mercado cumpla con las especificaciones de etiquetado en cuanto a su contenido total (44).

- **Compostaje:** Es aquella práctica de reunir materia orgánica que contribuye al cuidado del medio ambiente, puesto que la basura se reutiliza y recicla para mejorar la calidad del suelo, de las plantas y los arbustos (43).

- **Contenedor ecológico:** Son aquellos recipientes que serán utilizados para el desecho de materia orgánica o inorgánica, los cuales serán reutilizados en la planta de reciclaje o donde se efectúe el mejor proceso para reutilizar estos desechos (37).

- **Contenedor:** Es aquel recipiente o una caja de dimensiones normalizadas y de construcción estándar en el cual se cargan toda clase de objetos para ser transportadas en uno o varios modos de transporte. (50).

- **Eisenia foetida:** Es una de las especies de lombrices que permite ser cultivadas para lograr la degradación de la materia orgánica (10).

- **Factores ambientales:** Son aquellos que forman parte de un ecosistema que comprende la unidad fundamental de la vida en el cual tiene ciertas divisiones con el ambiente (51).

- **Fertilización:** Proceso en el que se encuentran presentes nutrientes tanto disponibles como de lenta liberación, útiles para la nutrición de las plantas (52).

- **Fases del compostaje:** Aquellas etapas que derivan en cada proceso para un buen funcionamiento en la fertilización del compost natural junto con los intermediarios que ayudan a este proceso (37).
- **Humedad:** Porcentaje de agua se determina a partir de la brecha entre el peso húmedo y el seco (40).
- **Residuos sólidos:** Es aquella materia o sustancia restante de un producto que ha sido transformado por consumo o uso en industrias, comercio e incluso en labores domésticas y por lo cual el poseedor o consumidor desecha o entrega (10).
- **Peso:** Es aquella medida que se mide en gramos, kilogramos o toneladas dependiendo de la cantidad generada (40).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Método y alcance de la investigación

El tipo de estudio es de naturaleza aplicada. Bajo los principios establecidos por el Consejo Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación Tecnológica, se considera que el conocimiento científico debe ser una herramienta dirigida a cubrir diversas necesidades de carácter específico mediante técnicas, protocolos y tecnologías aplicadas. Por ello, el conocimiento fue el resultado de la intervención directa a los problemas desarrolladas en la sociedad (53).

El alcance de la investigación fue explicativo, debido a que se midió el impacto del proceso experimental, se analizó la causa y el efecto del contenedor ecológico en la generación de compost. Por otro lado, el enfoque de investigación desarrollado en el estudio fue cuantitativo, debido a que los resultados se expresaron mediante la medición numérica.

3.2 Diseño de la investigación

El estudio fue de diseño experimental, porque la investigación se realizó con un enfoque científico. Se midió el comportamiento de variables que se mantienen constantes, mientras las otras variables midieron el sujeto de experimento (54).

La presente tesis de investigación tuvo un diseño experimental porque se manipuló las variables independientes en su cantidad, las lombrices californianas (*Eisenia foetida*), según su capacidad de degradación y la disponibilidad de recursos para su proceso de transformación. El objetivo fue determinar si se obtiene la mejor calidad de compost (humus).

3.3 Población y muestra

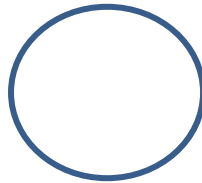
La población estuvo conformada por la cantidad total de residuos orgánicos que se genera en la Institución Educativa “Emancipación Americana” de la ciudad de Tinta, Cusco. Fue puesta en marcha su descomposición con un total de 40 Kg. /día (promedio):

$$\text{Población} = 500 \text{ estudiantes} \times \frac{0.08 \text{ Kg./día}}{1 \text{ estudiante}}$$

Población = 40 kg/día de residuos orgánicos se genera el en colegio.

La muestra estuvo conformada por 17 Kg. de residuos orgánicos generados en la Institución Educativa “Emancipación Americana” de la ciudad de Tinta.

El tipo de muestreo fue aleatorio simple



0.60 cm.

Diámetro del contenedor biodegradador

$$A = \pi * 0.30^2$$

Área de la experimentación es de 0.28 cm₂

Por último, la muestra fue 17 Kg. de residuos orgánicos para un área de 0.28 cm₂.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Observación: Una de las técnicas más empleadas en la ciencia. En el trabajo, consistió en el proceso de conocimiento de la realidad a través del contacto directo del sujeto con el objeto o fenómeno por conocer mediante los sentidos. Asimismo, involucró el registro sistemático de datos e información de los hechos observados (54).

Guía de observación: Consistió en un registro en el que se consignaron todos los datos observados mediante la observación directa. Los datos a registrar fueron la temperatura, humedad y Ph. Para ello, se empleó instrumentos de medición como el termómetro y cinta de Ph.

3.5 Descripción del lugar

El presente trabajo de investigación se realizó en la Institución Educativa “Emancipación Americana” de Tinta, ubicada en el distrito de Tinta, provincia de Canchis, Departamento de Cusco. Se localiza a 3470 m.s.n.m. y

geolocalizada en las coordenadas UTM: 240572.78 m E y 8435333.67 m S (Zona 19S – Ubigeo 080608). En la Figura 1 se precisa su localización.

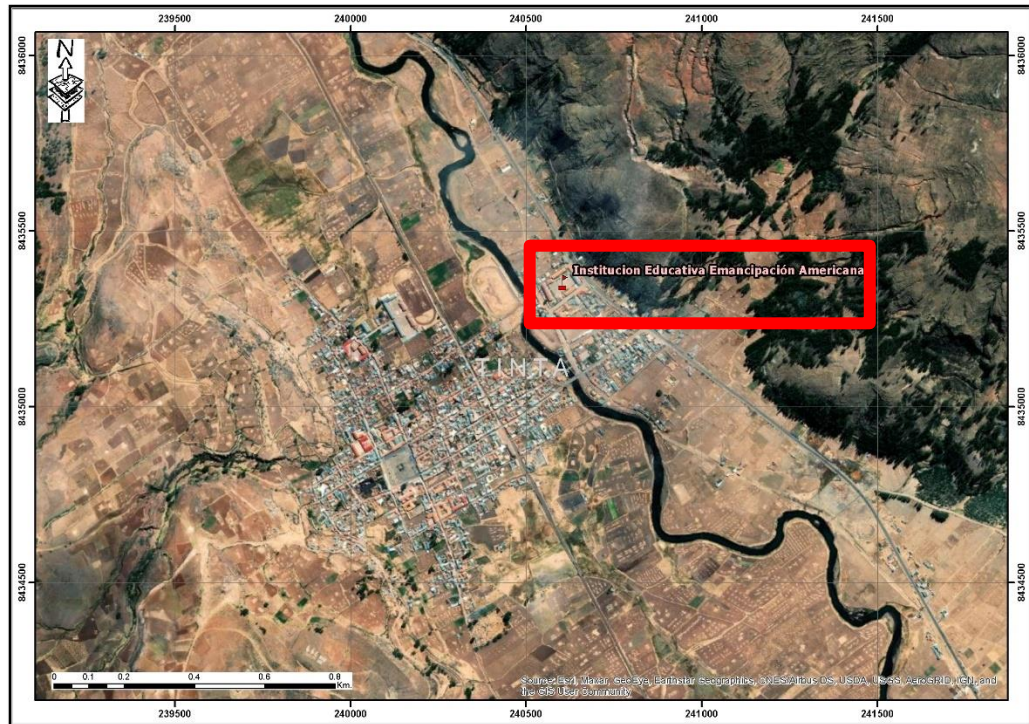


Figura 1. Ubicación geográfica de la Institución Educativa “Emancipación Americana” de Tinta.

La institución educativa fue seleccionada como parte del estudio para el aprovechamiento de los desperdicios orgánicos que se producen: cáscaras de fruta y frutos en general que los alumnos consumen en horas de recreo. Estas, al ser transformadas en compost, serán utilizadas en los cultivos de la zona. A su vez, la implementación de este contenedor biodigestor puede ser reproducida por los alumnos en sus propias casas, lo cual genera un impacto no solo en la institución si no también en todo el distrito.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultado del tratamiento y análisis de la información

4.1.1 Características de un prototipo de contenedor biodegradador para la obtención de compost a partir de lombrices californianas (*Eisenia foetida*) y residuos orgánicos

En este experimento, se utilizó un diseño propio que consta de las siguientes características:

Tabla 2. Características del contenedor biodegradador

AREA	0.28 m ²
ALTURA	0.87 m
DIÁMETRO	0.60 m
Forma de Unidad Experimental	Vermicompost (Lombrices Californianas)

En la Figura 2 se puede apreciar una fotografía del proyecto, así como sus medidas.

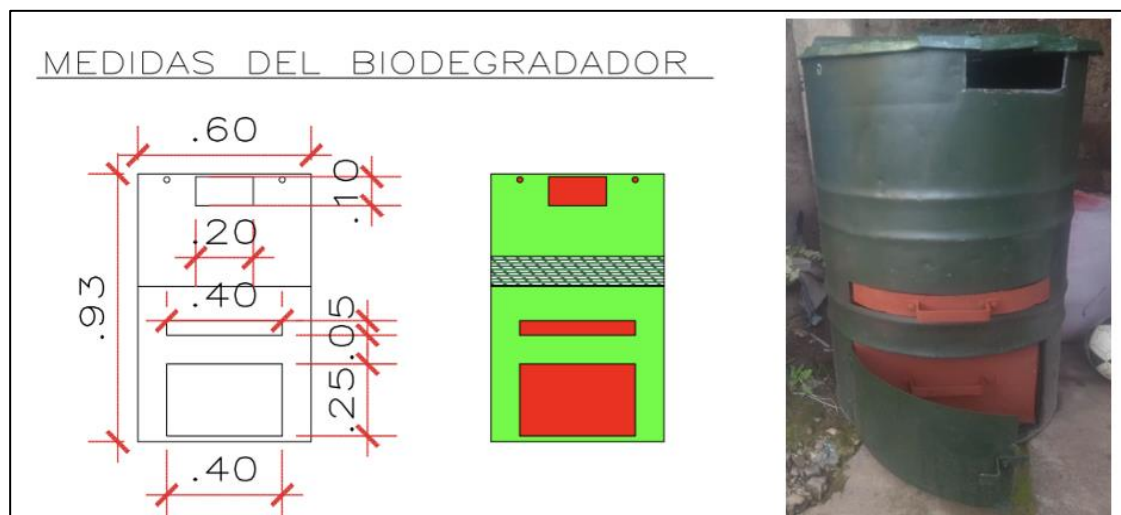


Figura 2. Medidas del contenedor biodegradador. **Nota.** El material del biodegradador es metálico, consta de un cilindro tal como se muestra en la fotografía.

Criterios de diseño y dimensionamiento

El diseño del contenedor biodegradador se basó en el diseño de contenedor de residuos sólidos realizado por González (55). De acuerdo con su propuesta trabajo, mejorar el diseño del contenedor supuso hacerlos más atractivos para la población, lo que terminó fomentando que estos sean utilizados y se reduzca la contaminación. En este estudio, la funcionalidad varía y se emplea el contenedor para generar compost de calidad. Además, con el diseño del contenedor se buscó incentivar a los estudiantes de la institución educativa para reaprovechar los residuos orgánicos y generar compost en los contenedores propuestos, fomentando la cultura de reciclaje activo.

Por lo tanto, se empleó un cilindro al tomar en cuenta su costo muy accesible, teniendo la posibilidad incluso de reciclarlo. Con ello, se reaprovecha los contenedores tradicionales existentes en la ciudad de Cusco que tienen un tamaño específico promedio. De esta manera, las medidas de las partes del contenedor se adaptaron a las medidas específicas del cilindro empleado, siendo el principal criterio del dimensionamiento. En la Figura 3, se puede apreciar el detallar.



Figura 3. Tapa del Biodegradador

La tapa del biodegradador es de material metálico y pintado con materiales anticorrosivos, además de color oscuro para mantener la temperatura de los microorganismos. En la Figura 4, se puede apreciar una fotografía de ello.



Figura 4. Fotografía del respiradero del contenedor biodegradador

En la figura 5, se contempla un agujero de $\frac{1}{2}$ ' que tiene por función canalizar los gases que se originan de la putrefacción hacia el exterior. En la Figura 5, se puede apreciar una fotografía de ello, así como las precisiones técnicas.

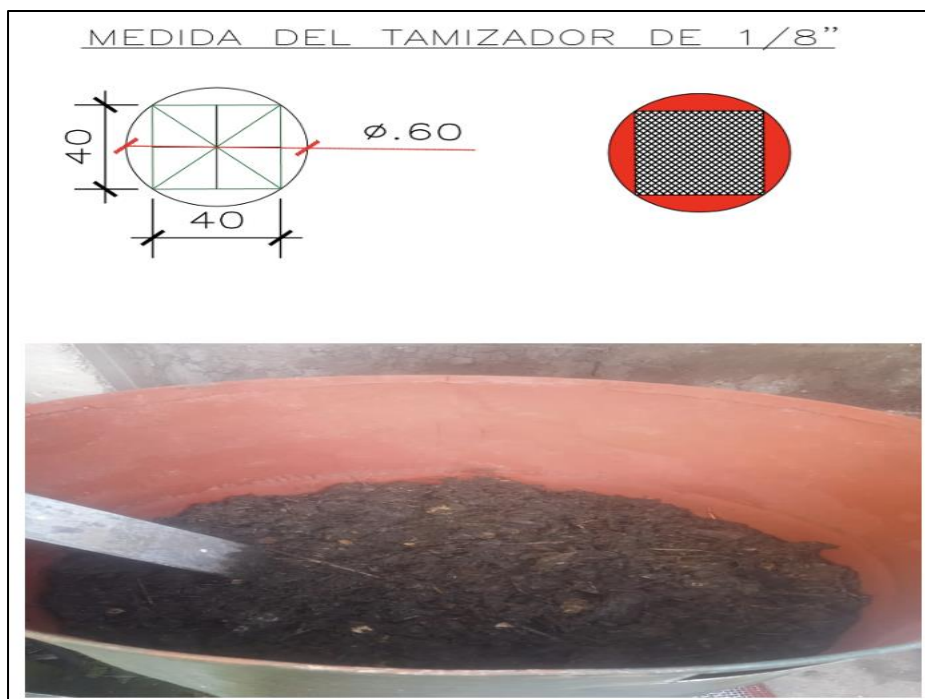


Figura 5. Tamizador de 1/8"

El primer tamizador es una malla de alambre galvanizado de 1/8". Es el soporte del proceso de degradación de la materia orgánica. En la Figura 6, se puede apreciar una fotografía de ello, así como sus medidas.



Figura 6. Tamizador de 1/4".

El segundo tamizador es de material alambre galvanizado de 1/4". En la Figura 7, se puede apreciar una fotografía de la caja así como sus medidas.

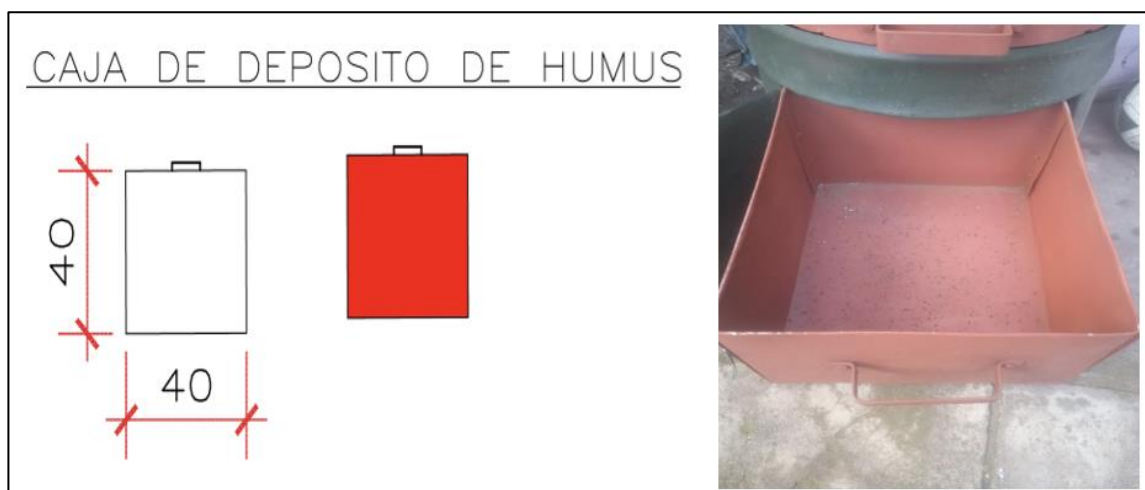


Figura 7. Caja de depósito de Humus.

La caja de depósito de humus es metálica de color roja pintura anticorrosiva. Con ello, se prolonga la vida del contenedor sin que perjudique su funcionamiento.

A. Funcionalidad del biodegradador

- **Contenedor:** Es un cilindro metálico de color verde para la identificación de residuos orgánicos. El interior del contenedor es de color rojo, lo que ayudará a retener calor de manera que se acelera el proceso de degradación de la materia orgánica junto con las lombrices californianas.
- **Tapa:** La tapa es metálico de color verde.
- **Respiradero de ½”:** Es una abertura donde ingresa el aire para la oxigenación de las lombrices y proceda con el proceso de degradación de la materia orgánica.
- **Entrada de residuo orgánicos:** Es el ingreso de residuos orgánicos porque el proceso es continuo, también ayuda a la oxigenación del proceso tiene una abertura de 0.02 m².
- **Tamizador de 1/8”:** Es el soporte de la materia orgánica junto con las lombrices californianas, es de materia Malla zaranda galvanizado de 1/8”. Sirve como un tamizador para el humus, por acción de gravedad caen al segundo tamizador de ¼”. El proceso es continuo.
- **Tamizador de 1/4”:** Es de material Malla zaranda galvanizado de 1/4”. Tiene la funcionalidad de cernir el humus por acción de gravedad descenden a la caja de depósito de humus. El proceso es continuo.
- **Caja de depósito:** Es la función final del biodegradador el producto final se deposita en la caja de depósito (humus) el material de la caja es metálico color rojo.

4.1.2 Parámetros de calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos

Se obtuvieron los siguientes resultados de calidad, con un tiempo determinado de 10 semanas hasta su obtención de compost en el contenedor biodegradador. En la Tabla 3, se describen todos sus resultados.

Tabla 3. Resultados de calidad del compost

Determinaciones	Unidad	M1
Humedad	%	3.2
<u>Muestra seca</u>		
Nitrógeno total	%	3.09
Fosforo disponible P2O5	mg/100	36

Potasio disponible K ₂ O	mg/100	62.2
Materia orgánica	%	61.8
pH		7.3
Conductividad Eléctrica Saturada	μS/cm	9330
Relación C/N		11.6

Se realizó la muestra siguiendo todos los protocolos para la obtención de cada parámetro de calidad (Anexo: Guía de laboratorio). Inicialmente, se tomó el porcentaje de humedad para luego realizar los parámetros con la muestra seca. Con ello, se pudo obtener materia orgánica, nutrientes NPK, pH, conductividad eléctrica y la relación carbono/nitrógeno.

Una de las principales organizaciones es la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), encargada de diferentes actividades internacionales para erradicar el hambre. Dentro de algunas funciones se considera el desarrollo de investigaciones, desarrollo de políticas y estándares de calidad para mejorar las actividades agrícolas, forestales y pesqueras de diferentes países con el fin de asegurar una buena nutrición para todos y el desarrollo sostenible de los recursos.

Es por ello que la FAO desarrolla en el año 2013 un *Manual para la elaboración de compost* con el objetivo de difundir tecnologías apropiadas para la elaboración de un producto sano y seguro para uso como abono en huertas familiares. Con estas directivas, este proyecto podía ser replicado a nivel familiar y comunal, y a su vez permite la conservación de los recursos al reducir las repercusiones negativas en el medio ambiente y potenciar el capital natural y el suministro de servicios del ecosistema.

El desarrollo del manual tomó en cuenta diferentes investigaciones en Latinoamérica. De estas, se desprenden los parámetros ideales para determinar la calidad del compost en diferentes estadios de producción, empezando por una calidad inicial hasta la maduración del producto final. En la Tabla 4, se puede apreciar con más precisión los parámetros de calidad con los que opera.

Tabla 4. Parámetros de calidad para compost-FAO

Parámetro	Rango ideal al comienzo (2-5 días)	Rango ideal para compost en fase termofílica II (2-5 semanas)	Rango ideal de compost maduro (3-6 meses)
C:N	25:1 – 35:1	15/20	10:1 – 15:1
Humedad	50% - 60%	45%-55%	30% - 40%
Concentración de oxígeno	~10%	~10%	~10%
Tamaño de partícula	<25 cm	~15 cm	<1,6 cm
pH	6,5 – 8,0	6,0-8,5	6,5 – 8,5
Temperatura	45 – 60°C	45°C-Temperatura ambiente	Temperatura ambiente
Densidad	250-400 kg/m ³	<700 kg/m ³	<700 kg/m ³
Materia orgánica (Base seca)	50%-70%	>20%	>20%
Nitrógeno Total (Base seca)	2,5-3%	1-2%	~1%

Nota: FAO, 2013.

Tabla 5. Comparación entre parámetros de calidad de compost

Determinaciones	M1 (10 semanas)	Rango ideal FAO (3- 6 meses)
Humedad	3.2%	30%-40%
<u>Muestra seca</u>		
Nitrógeno total	3.09%	- 1%
Fosforo disponible P2O5	36 mg/100	
Potasio disponible K2O	62.2 mg/100	
Materia orgánica	61.8 %	>20
pH	7.3	6.5-8.5
Conductividad Eléctrica Saturada	9330 µS/cm	
Relación C/N	11.6	10:1-15:1

Los resultados obtenidos del compost producto del contenedor biodegradador, se encuentran entre los rangos ideales de pH, Materia orgánica, Humedad y nutrientes que considera la FAO con el fin de asegurar una calidad de suelo óptima y su uso en diferentes actividades agrícolas. Por lo tanto, se afirma que a partir del prototipo de contenedor biodegradador ecológico se obtiene compost con niveles de calidad mediante las lombrices californianas (*Eisenia foetida*).

4.1.3 Tiempo de degradación orgánica con las lombrices californianas presente en el compost

A. Fases del Vermicompost

- **Fase mesofila.** El material de partida comienza con la instalación de la cama el día 14 de diciembre del 2022. Se tuvo una temperatura de 30°C y humedad 65%. Estas variables se deben a la actividad microbiana por acción del calor y la descomposición de compuestos solubles—como azúcares— que produce ácidos orgánicos. Por ello, esta fase mesófila duró 7 días.
- **Fase termófila.** La temperatura alcanzó los 31°C con una humedad de 65 %. Los microorganismos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco, por lo que el pH del medio sube. Con ello, aparecen bacterias que producen esporas y actino bacterias que son encargados de descomponer las ceras, hemicelulosas y otros compuestos de carbono. El calor destruye las bacterias y contaminantes de origen fecal como la *Escherichia coli* y *Salmonella spp.* Esta fase es importante, pues la temperatura elimina los quistes y huevos de helmintos, esporas de hongos Fito patógenos dando lugar a un producto higienizado. Esta fase duró 4 semanas.
- **Fase de enfriamiento.** Agotando las fuentes de carbono, la temperatura desciende. Durante esta fase, continúa la degradación de polímeros—como la celulosa—. En este momento, aparecen algunos hongos visibles al bajar la temperatura los organismos reinician su actividad y el pH del medio desciende levemente. Esta fase de enfriamiento duró 5 semanas. El proceso de degradación de la materia orgánica terminó el día 28 de febrero del 2022.

La degradación orgánica en el contenedor biodegradador fueron de 10 semanas para la obtención del compost. Cabe señalar que el diseño del contenedor biodegradador le ha concedido una característica de producción continua del compost, ya que su fácil manejo, zonas de aire acción, tamizador y caja de recolección; le han dado al contenedor un manejo sencillo y óptimo para el(los) usuario(s).

4.1.4 Prototipo de contenedor para obtener compost de calidad a partir de la especie *Eisenia foetida* (lombrices californianas) y residuos orgánicos

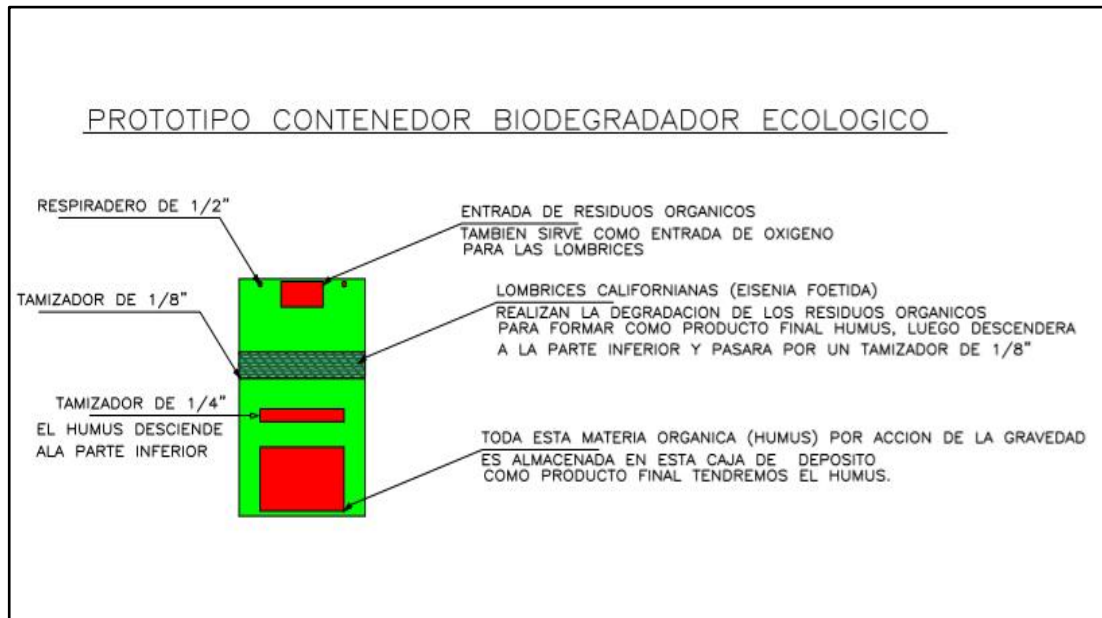


Figura 8. Prototipo de contenedor biodegradador prefabricado.

B. Manejo del contenedor biodegradador

- **Recolección de materia prima:** Para iniciar con el proceso de compostaje, se debe recolectar los residuos orgánicos de la "Institución Educativa "Emancipación Americana" de la ciudad de Tinta.
- **Picado de residuos orgánicos:** Una vez recolectado los residuos orgánicos de la institución procederá al picado para minimizar el tamaño y facilitar la degradación de los residuos con un tamaño de 3 a 5 cm. Este proceso se realizará de manera manual con un machete y golpes seguidos hasta obtener el tamaño y material homogéneo en los residuos orgánicos. Con ello, se logrará saber el peso exacto del material orgánico a ingresar en el contenedor biodegradador.
- **Apelación para dar inicio al vermicompost:** Primero se pesa la cantidad necesaria del residuo orgánico antes de ingresar al biodegradador. Se instalará una cama con el residuo orgánico picado y

con las lombrices californianas dentro del biodegradador. Para ello, la cama tendrá una altura de 0.40 cm. con un área de 0.28 cm².

- **Conformación de la cama:** En la parte inferior se coloca paja o corte de pasto picada para crear un sistema de aireación aproximadamente de 6 cm. de espesor. Con ello, se colocará un kilo de lombrices adultas de 6 cm. de longitud; seguidamente se colocará la materia orgánica picada; finalmente se riega la zona para proporcionar la humedad necesaria. Las lombrices obtienen sus alimentos de los restos orgánicos frescos o en diferentes estados de descomposición con una temperatura de 22°C a 28°C con un 82% de humedad. No necesitan acomodarse debido a que las lombrices crean espacios porosos donde circula el aire. Lo importante es que el biodegradador tendrá una abertura para que se facilite la oxigenación a las lombrices. Normalmente, profundizan en el sustrato orgánico.
- **Riego de la cama:** El riego de la cama se realizará con un regadero de jardín de manera uniforme en toda la cama. Después, se verificará con la prueba de puño manteniendo en un rango de 80% de humedad.

C. Condiciones ambientales

Las condiciones ambientales de temperatura, humedad, pH y luz determinan el buen funcionamiento del biodigestor y el acondicionamiento óptimo para que las lombrices californianas se desarrollen correctamente.

Se tomaron las siguientes condiciones expresadas en la Tabla 6.

Tabla 6. *Condiciones ambientales*

Parámetro	Rango ideal
Humedad	70 %-80% esta es la humedad máxima y proporcional
pH	5-8 se debe verificar con una cinta indicadora el pH
Luz	la lombriz es fotosensible, por lo que siempre preferirá ambientes oscuros.
Temperatura	20-30°C

Se monitoreó tres parámetros primordiales de la cama:

- **Temperatura.** La temperatura se registró desde el primer día de instalación de la cama obteniendo temperatura de ambiente de acuerdo

con el día. Se mide con un termómetro de mercurio a 100°C, introduciendo el sustrato orgánico. Los datos se registraron los días lunes, miércoles y viernes por un lapso de tiempo de 2 meses.

- **Medición de pH.** Se realizó la medición con una cinta de Ph de acuerdo con el color obtenido. Los datos se tomaron los días lunes, miércoles y viernes a las 10 am.
- **Medición de la humedad.** Para medir la humedad, se utilizó el método de la prueba de puño, consiste en tomar un puño del compost en una mano. Posteriormente, se le aplicó fuerza de manera normal de un brazo. Si se obtienen de 8 a 10 gotas, la humedad está en un 80% y es apto para la degradación de los residuos orgánicos.

D. Elaboración de compost

Se diseñó un contenedor biodegradador para generar el compost al cual se le dieron las siguientes condiciones:

- Se usó residuos orgánicos de frutas y restos orgánicos provenientes de la generación típica de una institución educativa, los cuales se recolectaron diariamente por el lapso de 2 semanas.
- Se realizó un pesado inicial de los residuos orgánicos considerándose una cantidad total de 17 kg.
- Se realizó la mezcla y homogenización mediante volteo semanal lo que permitió la descomposición aeróbica de la materia orgánica, evitando enlodar o resequedad de los residuos en el contenedor biodigestor. Es importante recalcar que la aireación y humedad son condiciones necesarias para la actividad microbiana y, por ende, la degradación de la materia orgánica.
- Para evitar la corrosión de los materiales utilizados en el contenedor biodegradador, se utilizó productos galvanizados y pinturas anticorrosivas, así como el uso de colores oscuros para evitar el posible calentamiento del prototipo. Esto podría generar una baja eficiencia en la producción del compost.
- Se realizó el monitoreo de los cambios que iban sufriendo los residuos sólidos en el contenedor degradador, como cambios en su apariencia,

color, volumen, tamaño de las partículas, aparición de olores, registro de temperatura y humedad.

Se puede apreciar que las condiciones iniciales de los residuos que ingresaron en el contenedor biodegradador mostraban un aspecto muy distinto al producto final que se obtuvo proceso de descomposición. En la Figura 9 se grafica el estado inicial del compost.



Figura 9. *Apariencia inicial de los residuos sólidos en el contenedor biodegradador.*



Figura 10. *Producto final del contenedor biodegradable*

Los cambios que se observaron fueron producto de una serie de procesos de descomposición, donde tanto la materia ingresante como los microorganismos (lombrices californianas) trabajaron en conjunto en las condiciones óptimas de temperatura, humedad y aireación. En la Figura 11, se puede apreciar un diagrama mostrando el proceso por el cual se obtuvo el compost:

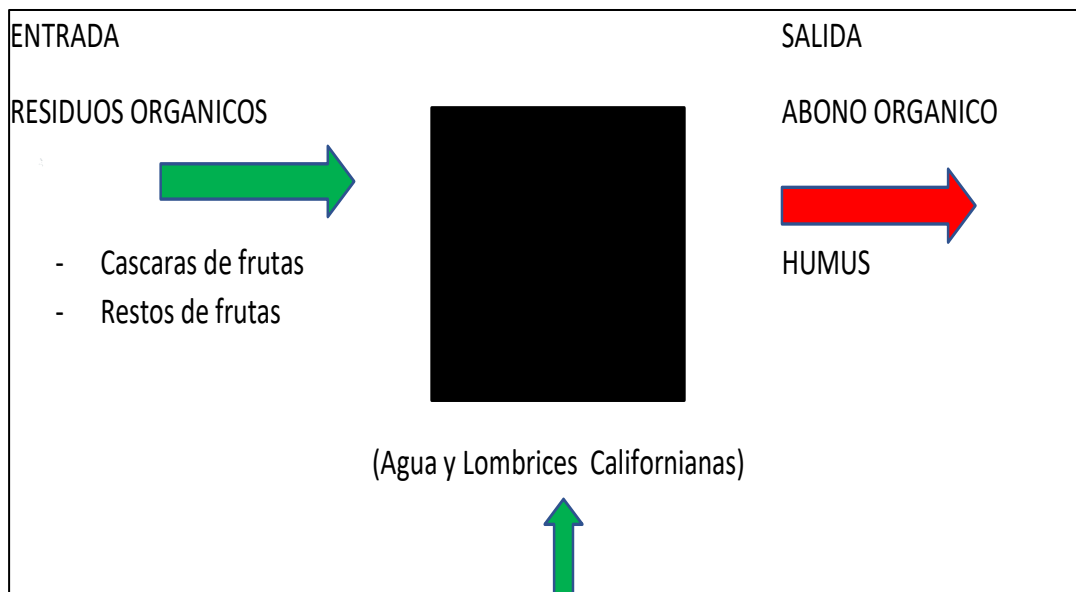


Figura 11. *Proceso del Compost.*

Por lo tanto, la producción del compost en el contenedor biodigestor es de manera continua, de los 17 Kg. ingresados en la etapa inicial se lograron obtener de 1 Kg. a 1.5 Kg. de producto final. Esto significa que el contenedor biodegradador diseñado genera un producto continuo de compost, así como las diferentes condiciones y diseño proporcionan una vida continua de los microorganismos que descomponen la materia orgánica.

E. Análisis de temperatura y humedad

El control y monitoreo del contenedor biodegradador inicio con las siguientes condiciones de temperatura y humedad:

- Fecha: 14 /12/21 hora: 12.20 PM

Temperatura ambiental 15 °C

Se midió en tres partes del contenedor con un termómetro. En la Tabla 7, se registran las variaciones.

Tabla 7. *Temperatura – 14/12/21*

A	B	C
26°C	30°C	20°C

Humedad: 65 %

Observaciones:

- ✓ Presencia de olor a 3 metros.
- ✓ Presencia de moscas es poco.
- ✓ Se adiciono agua para aumentar la humedad.

- Fecha: 15/12/21 Hora: 8:47 AM

Temperatura ambiental 15 °C

Se midió en tres partes del contenedor con un termómetro. En la Tabla 8, se registran las variaciones.

Tabla 8. *Temperatura – 15/12/21*

A	B	C
30°C	31°C	25°C

Humedad: 70 %

Observaciones:

- ✓ Presencia de vectores mosquitos poca cantidad
- ✓ Se adiciono agua para aumentar la humedad.

- Fecha: 16/12/21 Hora: 11:00 AM

Temperatura ambiental 17°C

Se midió en tres partes del contenedor con un termómetro. En la Tabla 9, se registran las variaciones.

Tabla 9. *Temperatura – 16/12/21*

A	B	C
28°C	30°C	20°C

Humedad: 70 %

Observaciones:

- ✓ Presencia de olor a 2 metros.
- ✓ Presencia de zancudos es poco.
- ✓ Se adiciono agua para aumentar la humedad.

- Fecha: 24/12/21 Hora: 13:32 PM

Temperatura ambiental 16°C

Se midió en tres partes del contenedor con un termómetro. En la Tabla 10, se registran las variaciones.

Tabla 10. *Temperatura – 24/12/21*

A	B	C
19 °C	20°C	18°C

Humedad: 65 %

Observaciones:

- ✓ Presencia de olor a 5 metros.
- ✓ Presencia de vector (mosca)

El monitoreo de las condiciones se realizó hasta la fase mesófila o enfriamiento con un promedio de temperatura 16°C y una humedad de 60%, la cual tuvieron una supervivencia adecuada las lombrices (Ver Anexo Monitoreo del contenedor biodegradador).

4.2 Discusión de resultados

Tomando en cuenta que los resultados obtenidos de nuestra investigación muestran una calidad optima de las diferentes variables de calidad, se ha visto conveniente realizar una comparación entre los parámetros de calidad que maneja la FAO.

Materia orgánica

Este otro parámetro también es de gran importancia, ya que el conocimiento del contenido de materia orgánica en las compostas es fundamental, pues se considera como principal factor para determinar su calidad agronómica (56). La cantidad total de materia orgánica (MO) de una composta es un indicador de la cantidad de carbono orgánico que aportará a las plantas y al suelo

Es por ello que la materia orgánica obtenida del contenedor biodegradador llego a los 61.8%, lo que significa una MO ideal en las primeras fases del humus, cual asegura su contenido de materia orgánica hasta utilizarlo en agricultura.

La velocidad de transformación de la MO dependió de la naturaleza física y química de los residuos, de los microorganismos que intervinieron en la descomposición y de las condiciones físico-químicas del proceso (humedad, aireación, temperatura y pH).

pH

El pH es uno de los parámetros importantes que controlan las formas en que se presentan los compuestos en el suelo, también indica del grado de disociación de los iones hidrógeno procedentes de los lugares de intercambio o la extensión de la formación de dichos iones por hidrólisis del ión Al^{+3} (57) Este parámetro en el suelo es muy importante ya que predice la disponibilidad de la mayoría de los nutrientes, y en general ésta es máxima cuando el pH del suelo se encuentra cercano a la neutralidad. En términos de productividad del suelo, el pH empieza a afectar el rendimiento agrícola a medida que alcanza valores menores a 6.

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 6.07-5, mientras que la mayor actividad fúngica se produce a pH 5-5-8-0. El rango ideal es de 5.8 a 7.2.

Es por ello que el valor registrado de la muestra es de 7.3, lo que muestra un rango ideal de pH producto de la descomposición de frutas y cascaras de frutas, Estos resultados tienen poca similitud a los obtenidos en otra investigación (11). Esto se debe a la carga de materia orgánica que ellos utilizaron contenía más residuos de verduras y algunos productos provenientes de poda, lo cual provocó un exceso de nitrógeno (násico). Ello produce amoníaco alcalinizando el medio donde se vaya a utilizar el humus.

Esto demuestra que la descomposición de frutas en sistemas de compost son los más adecuados para obtener un pH adecuado para mejorar la calidad de los suelos para distintos fines agrícolas.

Humedad

La humedad es un parámetro estrechamente vinculado a los microorganismos, ya que, como todos los seres vivos, usan agua como medio de transporte de los nutrientes y elementos energéticos a través de la membrana celular.

La humedad óptima para el compost se sitúa alrededor del 55%, aunque varía dependiendo del estado físico y tamaño de las partículas. Si la humedad baja por debajo de 45%, disminuye la actividad microbiana, sin dar tiempo a que se completen todas las fases de degradación, causando que el producto obtenido sea biológicamente inestable. Si la humedad es demasiado alta (>60%) el agua saturará los poros e interferirá la oxigenación del material.

En procesos en que los principales componentes sean sustratos tales como aserrín, astillas de madera, paja y hojas secas, la necesidad de riego durante el compostaje es mayor que en los materiales más húmedos, como residuos de cocina, hortalizas, frutas y cortes de césped.

El rango óptimo de humedad para compostaje es del 45% al 60% de agua en peso de material base. De esta manera, se puede comparar los valores obtenidos inicialmente de las condiciones del contenedor biodegradador que eran del 65% en promedio. De esta manera, se asegura su óptimo desarrollo para así registrar una humedad del producto final de 3.2%, lo que representa una humedad óptima para fines agrícolas.

Conductividad eléctrica

Este otro parámetro se midió durante el compostaje, ya que es un indicador del nivel de salinidad. Respecto a los sustratos de cultivo, deben mantenerse estos niveles bajos, debido a que el cultivo se va a desarrollar directamente sobre ellos. La salinidad del suelo o de la composta afecta negativamente a la mineralización. Estos efectos se producen por inhibición de la amonificación y nitrificación; también, puede afectar negativamente el crecimiento de las plantas (58). La conductividad eléctrica (CE) refleja por lo tanto el contenido de sales solubles, por lo que si este contenido es alto, tiene efectos fitotóxicos en el crecimiento de plantas.

La conductividad registrada en el análisis de la muestra presenta un valor de 9330 $\mu\text{S}/\text{cm}$. indica un valor bajo de conductividad. Ello indica un nivel de salinidad bajo que ayuda a las plantas a desarrollarse óptimamente, ya que valores alta conductividad desencadenan negativamente en la mineralización del suelo, lo que afecta negativamente el crecimiento de plantas o cultivos.

Relación C/N

La relación C/N de la mezcla de residuos a compostar es uno de los parámetros más importantes para evaluar la calidad, así como la madurez de una composta, ya que tanto el carbono como el nitrógeno son dos elementos esenciales para la nutrición de cualquier organismo. Por tanto, es importante mantener las concentraciones adecuadas de estos nutrientes

para llevar a cabo una degradación correcta durante el proceso de compostaje. Con respecto a los factores nutricionales, el carbono es utilizado por los microorganismos como fuente de energía y el nitrógeno para la síntesis de proteínas. Las formas de carbono más fácilmente atacables por los microorganismos son los azúcares y las materias grasas, mientras que el nitrógeno se encuentra en casi su totalidad en forma orgánica. Desde esta materia debe ser extraída o modificada por los microorganismos para poder ser utilizado por estos.

El contenedor biodegradador ha reportado en su análisis de calidad 11.6 en su relación C/N que se considera como un nivel de nitrógeno alto, ya que sus valores son muy cercanos a los encontrados en los desperdicios que cocina que muestran un valor de 14:1. Si bien lo ideal serían valores de 15:1 – 35:1, el exceso de nitrógeno podría generar el calentamiento del proceso. Así, se empiezan a generar olores por el contenido de amoníaco liberado, como parte de la solución a este parámetro se puede adicionar material con mayor carbono, como lo son (hojas secas o aserrín).

Nitrógeno total, fósforo y potasio disponibles

Estos tres parámetros son conocidos como NPK o macronutrientes del suelo se podría considerar como la base de nutrientes que contiene el compost. Si bien tener la presencia de estos nutrientes son muy importantes para el desarrollo de las plantas y la calidad del suelo, en mayores cantidades una concentración de nitrógeno, fósforo o de potasio pueden alterar su normal crecimiento o aspecto.

Por ejemplo, el nitrógeno es el motor de 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.

En el caso del fósforo, este juega un papel importante en la transferencia de energía, por lo que es esencial en la eficiencia de la fotosíntesis. El fósforo es deficiente en la mayoría de los suelos naturales o agrícolas o donde el pH limita su disponibilidad, favoreciendo la fijación.

En relación con el potasio, este actúa en la síntesis de carbohidratos y de proteínas, y por ende en la estructura de la planta. El potasio mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad. Las plantas bien provistas con K sufren menos de enfermedades.

El contenido reportado en la muestra de compost proveniente del contenedor biodigestor, muestra cantidades ideales de nutrientes, las cuales se encuentran dentro de las ideales para compost evaluadas por el *Manual del compost* de la FAO. En la Tabla 11 se describen los valores de estos elementos.

Tabla 11. Contenido de N, P, K en el compost-FAO

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

Nota: Jacob, 1961, Martínez, 2013 adaptado por Román et al. (2).

Normalmente, se cree que el estiércol es un gran material orgánico para contribuir al crecimiento de las plantas, pero se ha determinado que muchos de los compuestos del estiércol están compuesto por heces y orina de animales domésticos. Ello puede contribuir a la aparición de patógenos, lo que sería negativo para el consumo de esas plantas.

Aunque el estiércol es rico en nitrógeno, fósforo y potasio, comparado con los fertilizantes sintéticos sus contenidos, son menores y se encuentran en forma orgánica, puede aplicarse en mayor cantidad para alcanzar las cantidades que necesita el cultivo, pero en general, el nitrógeno es menos estable y está disponible por menos tiempo en el suelo. Es rico en materia orgánica, por lo que aumenta la fertilidad del suelo y mejora su capacidad de absorción y retención de agua. Por esta razón, el uso del compost tiene mayor eficiencia en la productividad de los cultivos o en el desarrollo de una planta más sana.

CONCLUSIONES

1. Es posible diseñar un prototipo de contenedor para obtener compost de calidad a partir de la especie *Eisenia foetida* (lombrices californianas) y residuos orgánicos, generados en la Institución Educativa “Emancipación Americana” en el distrito de Tinta, Cusco. Al tener un adecuado manejo del contenedor y monitoreo de temperatura y humedad durante el proceso de obtención del compost de calidad, se logró controlar las condiciones de diseño y así poder asegurar la vida de los microorganismos que se utilizaron (*Eisenia foetida*).
2. Las características del prototipo de contenedor biodegradador para la obtención de compost a partir de lombrices californianas (*Eisenia foetida*) y residuos orgánicos generados en la Institución Educativa “Emancipación americana” en el distrito de Tinta, Cusco son un área de 0.28 m², altura de 0.87 m., diámetro de 0.60 m. El contenedor es un cilindro metálico en el que se colocará la materia orgánica y las lombrices, una tapa metálica, respiradero de 1/2 que permitirá el ingreso de aire para oxigenar las lombrices, una entrada de residuos orgánicos, tamizadores de 1/8 y 1/4 que permitirán cernir el humus, finalmente, una caja de depósito en la que se deposita el producto final.
3. Los parámetros de calidad más importantes obtenidos de la producción de compost en el contenedor biodigestor fueron el pH, materia orgánica, conductividad eléctrica, y nutrientes (NPK) tomados en muestra seca y humedad del compost. Por ello, el porcentaje de materia orgánica es fundamental para el desarrollo agrícola de todo cultivo. En esta investigación se logró obtener un 61.8% de material orgánico el cual dotara de carbono orgánico a las plantas y suelos. A su vez, se logró obtener un pH de 7.3 el cual presenta un estadio de mayor actividad bacteriana, se puede describir como un valor el cual brindara la supervivencia de los en su crecimiento y multiplicación. Por otra parte, los parámetros que determinan el nivel de nutrientes como lo son el nitrógeno total, fósforo y potasio disponible presentan valores ideales para la productividad de diferentes cultivos y la calidad del suelo que añade el compost obtenido.
4. El tiempo de degradación orgánica en el contenedor biodegradador fueron de 10 semanas para la obtención del compost. La primera semana se realizó la

fase de mesófila en la que se instaló la cama y se generó la descomposición de compuestos solubles. La fase termófila duró 4 semanas en las que los microorganismos transformaron el nitrógeno en amoníaco descomponiendo ceras, hemicelulosas y otros compuestos de carbono. La fase de enfriamiento duró 5 semanas en las que se continuó con la degradación de celulosa hasta culminar con el proceso de degradación de materia orgánica.

RECOMENDACIONES

1. Es indispensable el uso de materiales anticorrosivos y/o galvanizados para poder mantener asegurado la vida útil de las lombrices, ya que cualquier inclusión de otro tipo de bacterias puede disminuir la eficacia de los microorganismos en la descomposición de residuos orgánicos.
2. El diseño del contenedor biodegradador por su fácil manejo y buena producción de compost, sería ideal utilizarlo en instituciones educativas, oficinas y en nuestros hogares, ya que los contenedores tradicionales generan mayores olores y para su manejo se necesita mayor personal y logística. Además, el uso del contenedor biodegradador es una alternativa no solo en la institución educativa, ya que los alumnos al ver la puesta en marcha del contenedor pueden replicar el mismo en sus hogares y así poder generar su propio compost o a su vez empezar un emprendimiento familiar / comunal.
3. Durante el proceso de descomposición, siempre debemos asegurar el buen funcionamiento de los microorganismos que descomponen la materia, ya que su trabajo es ideal para la buena calidad del compost. Para este tipo de contenedor, se ha visto por conveniente que trabaja de mejor manera con residuos como son frutas y sus cascaras, ya que aportan a tener un pH ideal de compost.
4. El contenedor biodegradador tiene un presupuesto que es super accesible para la adquisición de las instituciones educativas a nivel local o regional. Con esto, se podrá disminuir los impactos ambientales que producen los residuos orgánicos en dicha institución.
5. El uso del contenedor biodegradador sería una buena alternativa en para mitigar los residuos orgánicos que se generan domésticamente y esto daría al uso y reaprovechamiento de los residuos generados. Esto se puede promover hasta lugares comerciales para fomentar el uso de este contenedor biodegradador y tener buenos impactos ambientales en reducción de residuos generados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ministerio del Ambiente [MINAN]. *Reporte Annual de Gases de Efecto Invernadero*. Lima : Ministerio del Ambiente, 2020.
2. Román, P., Martínez, M. y A. Pantoja. *Manual de compostaje del agricultor*. Santiago de Chile : Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2013.
3. CHEN, D. Meng-Chuen, *et al.* The world's growing municipal solid waste: trends and impacts. *Environmental Research Letters*, 2020, vol. 15, no 7, p. 074021. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab8659>
4. Correal, M., Rihm, A. y M. Zambrano. *De desechos a recursos: gestión de residuos sólidos para el desarrollo*. Banco Interamericano de Desarrollo (BID), 2021.
5. Defensoría del Pueblo. *Gestión de los residuos sólidos en el Perú en tiempos de Covid - 19*. Lima, 2020.
6. Ministerio del Ambiente [MINAM]. *Minam: 70% de los residuos que generamos pueden convertirse en nuevos productos*. Ministerio del Ambiente, 2019.
7. Radio Programas del Perú [RPP]. Cusco: Crean aplicativo que contacta a donantes de residuos con recicladores para promover el cuidado del ambiente y generar empleos. [En línea] 18 de Junio de 2021. Disponible en: <https://rpp.pe/campanas/valor-compartido/cusco-crean-aplicativo-que-contacta-a-donantes-de-residuos-con-recicladores-noticia-1342818>
8. Pontificia Universidad Católica del Perú [PUCP]. *Gestión y manejo de los residuos sólidos en la ciudad del Cusco*. Campus PUCP - Auditorio de Ciencias e Ingeniería : Campus PUCP - Auditorio de Ciencias e Ingeniería, 2017.
9. Ñaupas, H., *et al.* *Metodología de la Investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de tesis*. México : Ediciones de la U, 2018.
10. Mosquera, A. y L. Caro. *Alternativas para el manejo de residuos sólidos y su integración en el montaje de una huerta agroecológica*. Cali : Pontificia Universidad Javeriana, 2019.
11. Hanníbal, B., *et al.* Obtención de compost a partir de residuos sólidos orgánicos generados en el mercado mayorista del Cantón Riobamba. *European Scientific Journal*, 2016, vol. 12, p. 76-94.

12. Aquino, M. L. y A. Flores. Manejo de residuos sólidos en el ámbito escolar.
13. Chaguala, E. *Manejo de Residuos Sólidos en la Institución Educativa los Libertadores*. Fundación Universitaria Los Libertadores, s.l. : 2017.
14. Mizger, L. y S. Silva. *Estudio Del Manejo De Los Residuos Orgánicos Generados En La Universidad De La Costa (Cuc) A Través Del Compostaje*. Universidad de la Costa, Colombia : 2018.
15. Jodar, J. R., et al. Quality assessment of compost prepared with municipal solid waste. *Open Engineering*, 2017, 7(1), p. 221-227.
16. Torres, D. Biodigestión anaerobia de los desechos del camal del Distrito Metropolitano de Quito para la obtención de compost, biol y biogás. Tesis. (Título de Químico). Universidad Central Del Ecuador, 2020, 97 pp. [fecha de consulta: 15 de diciembre de 2021]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/20716/1/T-UCE-0008-CQU-221.pdf>
17. Susel, Y. Contenedores biodegradables diseñados a partir de residuos urbanos ,forestales y agroindustriales para el cultivo de plantas en vivero. Tesis (Doctorado en Ciencias Aplicadas). Misiones: Universidad Nacional de Misiones, 2018. 300 pp. [fecha de consulta: 15 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12219/2365>
18. Callisaya, D. *Elaboración de compost acelerado utilizando cuatro activadores en la localidad de carabuco*. Tesis. (Título de Ingeniera Agrónoma). San Andrés: Universidad Mayor De San Andrés, Bolivia, 2019, 80 pp. [fecha de consulta: 15 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/23075/T-2685.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
19. Quishpe, M. Elaboración de compost a partir del estiércol de cuy (*Calvia porcellus*) y su aplicación en la comuna Lumbisi (sector Cumbaya). Tesis. (Título de Ingeniera Química). Quito, Universidad Central Del Ecuador, 2017, 74 pp. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/13006>
20. Llive, P. Formulación y obtención para aplicación del compost a partir de residuos de tallos y pétalos. Tesis. (Título de Ingeniera Química). Quito: Universidad Central Del Ecuador, Ecuador, 2017, 78 pp. [fecha de consulta: 15 de diciembre de 2021]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/12680/1/T-UCE-0017-0050-2017.pdf>

21. Bolaños, D. Transformación de residuos agrícolas y pecuarios en compost en los municipios de San Vicente del Caguán- Caquetá y Belloantioquia. Tesis. (Magíster en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente). Caldas: Universidad de Manizales, Manizales, Caldas, 2017, 112 pp. [fecha de consulta: 15 de diciembre de 2021]. Disponible en: https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/3209/Tesis_David_Bolaños%20y%20Juan_Botero.pdf?sequence=2&isAllowed=y
22. Suárez, J. Elaboración de compost mejorado a partir de la valorización de los residuos orgánicos generados en el mercado y parada municipal de la ciudad de Bagua. Tesis. (Magíster en Ingeniería Ambiental). Chiclayo: Universidad Pedro Ruiz Gallo, 2020. [fecha de consulta: 15 de diciembre de 2021]. Disponible en: https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/8983/Suárez_Rivadeneira_Juan_Eduardo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
23. Suni, L. Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en compostaje del mercado mayorista metropolitana Rio Seco-La Parada, Cerro Colorado. Tesis. (Magíster en Ciencias Ambientales). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2018, 172 pp. [fecha de consulta: 15 de diciembre de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6546/CFMsutollj.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
24. García, S. Gestión de los residuos sólidos en las instituciones educativas de nivel primaria en el Distrito de Huando – Huancavelica. Tesis. (Título de Ingeniero Forestal y Medio Ambiente). Huancayo: Universidad del Centro del Perú. 2019. [fecha de consulta: 15 de diciembre de 2021]. Disponible en: https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5598/T010_19818776_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
25. Soria, L. *Aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos como abono orgánico en municipalidades distritales*. Tesis. (Magíster en Ciencias Ambientales). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2018, 80 pp. [fecha de consulta: 15 de diciembre de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6242/FSMsottlm.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
26. Vera, S. Elaboración de compost a partir de los residuos orgánicos generados en la limpieza de planta de la empresa Copeinca SAC. Tesis. (Título en Ingeniero y Seguridad Ambiental. Piura: Universidad Nacional de Piura, 2018, 140 pp. [fecha de consulta: 15 de diciembre de 2021]. Disponible en:

<https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1475/MIN-VER-ROJ-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

27. Castillo, L. Evaluación de la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) en el distrito de Huayucachi. Tesis (Título en Ingeniero Ambiental). Huancayo: Universidad Continental, Huancayo, 2020, pp. 100. [fecha de consulta: 15 de diciembre de 2021]. Disponible en: https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8245/3/IV_FIN_107_TE_Castillo_Huaman_2020.pdf

28. Pillco, K. Evaluación del proceso de compostaje de residuos orgánicos, aplicando microorganismo eficaces. Tesis (Título de Bióloga). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2020, 100 pp. [fecha de consulta: 15 de diciembre de 2021]. Disponible en: http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/14508/Pillco_Mamani_Katia.pdf?sequence=1&isAllowed=y

29. Damián, L. Aplicación de tres tratamientos aceleradores para la elaboración de compost de residuos del Mercado Los Cedros, Distrito de Chorrillos. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2018, pp. 102. [fecha de consulta: 15 de diciembre de 2021]. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/20516/DAMIAN_ALN.pdf?sequence=1&isAllowed=y

30. Avellaneda, F. Protocolo para la producción de compost de residuos sólidos orgánicos del mercado de la ciudad de Lambayeque en el año 2018. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Chiclayo : Universidad de Lambayeque, 2019, pp. 55. [fecha de consulta: 15 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.udl.edu.pe/bitstream/UDL/226/1/Tesis%20Estefania%20Avellaneda.pdf>

31. Miraval, A. *Elaboración de compost utilizando materia orgánica de cocina y estiércol de vacuno en la granja ecológica lindero, tomayquichua, ambo, Huánuco, diciembre 2018 – marzo 2019*. Universidad de Huánuco, Huánuco : 2019. fecha de consulta: 15 de diciembre de 2021]. Disponible en:

32. Quiroz, E. Evaluación del compostaje domiciliario como modelo de gestión de los residuos orgánicos en la ciudad de Moyobamba. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Moyobamba: Universidad Nacional de San Martín, 2017, 56 pp. fecha de consulta: 15 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/2968/AMBIENTAL%20-%20EI%20C3%20ADas%20Rafael%20Quiroz%20Bartra.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

33. Weetman, C. A. *Circular Economy Handbook For Business and Supply Chain*. New York:KoganPage, 2019.
34. Martínez, A. y A. Porcelli. *Estudio sobre la economía circular como una alternativa sustentable frente al ocaso de la economía tradicional (segunda parte)*, 2019, 1(1), 2313-1861.
35. Jiménez, L., et al. *Economía Circular-Espiral: Transición hacia un metabolismo económico cerrado*. Madrid:Editorial del Economista, 2019.
36. Leiton, N y W. Revelo. *Gestión integral de residuos sólidos en la Empresa Cyrgo SAS* .. 2, Colombia : Revista Tendencias, 2017, 18(2), 2539-0554.
37. Piedra, F. *Basura cero*. Chile: ZIG ZAG, 2021.
38. San Miguel. Municipalidad de san miguel instala nuevas estaciones de reciclaje en parques y avenidas. *Munisanmiguel.gob.pe*. [En línea] 8 de Setiembre de 2021. [fecha de consulta: 15 de diciembre de 2021]. Disponible en:<http://www.munisanmiguel.gob.pe/municipalidad-de-san-miguel-instala-nuevas-estaciones-de-reciclaje-en-parques-y-avenidas/>.
39. Euformación Consultores S.L. *Recogida y transporte de residuos urbanos o municipales*. SEAG0108. Málaga : Iceditorial, 2017.
40. Barrera, V. *UF0289 - Operaciones para la gestión de residuos industriales*. Madrid : Editorial Elearning, 2016.
41. Solé, J. *El huerto ecológico: Un oasis de vida*. Barcelona : Ned ediciones, 2021.
42. Huerta, E y L. López. *Lombrices: Las ingenieras de la tierra*. México:Epub, 2020.
43. Ferro, J. *Perito en salud medioambiental*. Madrid : s.n., 2020.
44. Ansorena, J. *El compost de biorresiduos. Normativa, calidad y aplicaciones*. Madrid:Ediciones Mundi Prensa, 2016.
45. Correa, C, Cipriano, F y L. Gonzaga. Production of organic compost from different plant waste generated in the management of a green urban, 2018, Revista Ciência Agronômica, 49 (1), pp. 558-565.
46. Bernardi, F, Costa, M y L. Damaceno. Microbiological activity during the composting of wastes from broiler productive chain, Engenharia Agrícola, 2018, pp. 741-750.

47. López, E., et al. Propiedades de un compost obtenido a partir de residuos de la producción de azúcar de caña, 2017, Centro Agrícola, pp. 1-7.
48. Chávez, A., Velásquez, Y. y N. Casallas. Características físico-químicas de humus obtenido de biosólidos provenientes de procesos de tratamiento de aguas residuales, 2017, Informador Técnico, págs. 122-130.
49. Bohorquez, W. *El proceso de compostaje*. Colombia: Ediciones Unisalle, 2019.
50. Larrucea, J. *Manual del transporte en contenedor*. Madrid:Marge books, 2018.
51. Escobar, V. Factores ambientales. *Es.slideshare.net*. [En línea], 7 de abril de 2016. [fecha de consulta: 2 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/VERONICAESCOBARSUARE/factores-ambientales-60622337>.
52. Chaguala, E. *Manejo de Residuos Sólidos en la Institución Educativa los Libertadores*. Fundación Universitaria Los Libertadores, Ecuador : 2017.
53. CONCYTEC. Reglamento de calificación, clasificación y registro de los Investigadores del Sistema Nacional De Ciencia, Tecnología E Innovación tecnológica - reglamento RENACYT. [fecha de consulta: 2 de febrero de 2021]. Disponible en: https://portal.concytec.gob.pe/images/renacyt/reglamento_renacyt_version_final.pdf.
54. Hernández, R. y C. Mendoza. *Metodología de la Investigación: Las Rutas Cuantitativa, Cualitativa y Mixta*. México : McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C. V, 2018.
55. González, E. *Juega y Limpia*. Universidad San Francisco de Quito, Quito : 2016.
56. Kiehl, E. *Fertilizantes organicos*. [ed.] Agronomica Ceres Ltda. Brasil : s.n., 1985.
57. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura [FAO]. Propiedades Químicas. *El pH del Suelo*. [En línea] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación , 2022. [fecha de consulta: 2 de febrero de 2021]. Disponible en:<https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistemas-numericos/propiedades-quimicas/es/>.
58. Moreno Casco, J. y R. Moral Herrero. *Compostaje*. España : Mundi Prensa, 2008.
59. Quispe, A. y V. Quispe. *Reutilización y reciclaje de residuos sólidos en economías emergentes en Latinoamérica: una revisión sistemática*. 2021 , Ciencia latina, pág. Mexico.

60. Mosquera, A, y L. Caro. *Alternativas para el manejo de residuos sólidos y su integración en el montaje de una huerta agroecologica*. Cali : Pontificia Universidad Javeriana, 2019.
61. Carrasco, S. *Metodología de la investigación*. Lima : San Marcos, 2019.
62. Salazar, T. Actividad microbiana en el proceso de compostaje aerobio de residuos sólidos orgánicos, 2016, *Revista de Investigación Universitaria*, 5 (1), pp 74-84.
63. Cansi, F. y P. Marci. *Notas sobre sostenibilidad de la economía circular*, 2020, *Sostenibilidad, economica, social y ambiental*, 4(2), pp. 49-65.
64. Chaguala, E. *Manejo de Residuos Sólidos en la Institución Educativa los Libertadores*. Fundación Universitaria Los Libertadores. 2017.
65. Suárez, J. Elaboración de compost mejorado a partir de la valorización de los residuos orgánicos generados en el mercado y parada municipal de la ciudad de Bagua. Tesis. (Magíster en Ingeniería Ambiental). Chiclayo: Universidad Pedro Ruiz Gallo, 2020. [fecha de consulta: 15 de diciembre de 2021]. Disponible en: https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/8983/Suárez_Rivadeneira_Juan_Eduardo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
66. García, S. Gestión de los residuos sólidos en las instituciones educativas de nivel primaria en el Distrito de Huando–Huancavelica. Tesis. (Título de Ingeniero Forestal y Medio Ambiente). Huancayo: Universidad del Centro del Perú. 2019. [fecha de consulta: 15 de diciembre de 2021]. Disponible en: https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5598/T010_19818776_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ANEXOS

Anexo 01. Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>Problema general: ¿Se podrá obtener compost con niveles de calidad mediante un prototipo de contenedor biodegradador a partir de lombrices californianas (<i>Eisenia Foetida</i>) y residuos orgánicos generados en la Institución Educativa Emancipación Americana en el distrito de Tinta, Cusco?</p> <p>Problemas específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> •¿Cuáles son las características de un prototipo de contenedor biodegradador para obtener compost a partir de lombrices californianas (<i>Eisenia Foetida</i>) y residuos orgánicos, generados en la Institución Educativa Emancipación americana” en el distrito de Tinta, Cusco? •¿Qué parámetros de calidad presenta el compost obtenido a partir de residuos orgánicos en la Institución Educativa “Emancipación americana” en el distrito de Tinta? •¿Cuál es el tiempo de degradación orgánica con las lombrices californianas presente en el compost obtenido a partir de residuos orgánicos generados en la Institución Educativa “Emancipación americana” en el distrito de Tinta? 	<p>Objetivo general: Diseñar un prototipo de contenedor para obtener la calidad del compost a partir del uso de lombrices californianas (<i>Eisenia Foetida</i>) de residuos orgánicos generados en la Institución Educativa Emancipación americana” en el distrito de Tinta.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> •Describir las características de un prototipo de contenedor biodegradador para la obtención de compost a partir de lombrices californianas (<i>Eisenia Foetida</i>) y residuos orgánicos generados en la Institución Educativa Emancipación americana” en el distrito de Tinta, Cusco. •Describir los parámetros de calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos generados en la Institución Educativa Emancipación americana” en el distrito de Tinta. •Determinar el tiempo de degradación orgánica con las lombrices californianas presente en el compost obtenido a partir de residuos orgánicos generados en la Institución Educativa “Emancipación americana” en el distrito de Tinta. 	<p>Variable dependiente: Calidad del compost</p> <p>Variable independiente: Cantidad de lombrices californianas (<i>Eisenia Foetida</i>).</p>	<p>Tipo: aplicada</p> <p>Alcance: explicativo</p> <p>Diseño: experimental</p> <p>Población: 40 Kg/día de residuos orgánicos que se genera en la “Institución Educativa -Emancipación Americana-Tinta”</p> <p>Muestra: 1 Kg de lombrices californianas</p> <p>Técnica: observación</p> <p>Instrumento: guía de observación</p>

Anexo 2. Operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Índices
Variables independientes Cantidad de lombrices californianas (<i>Eisenia Foetida</i>).	Es de color rojo, el adulto puede medir entre 8cm a 10cm el cuerpo es alargado y cilíndrico posee anillos y sobre sale un anillo denominado clitelo que contiene los órganos reproductivos e indica la madurez sexual del individuo. Respira a través de la piel por esta razón la humedad es un factor relevante para la elaboración del vermicompost ya que de esto depende que las lombrices vivan y puedan cumplir con su función biológica (10).	Los factores ambientales para la cantidad de lombrices son el nivel de humedad existente el nivel de la temperatura y el nivel de residuos orgánicos acumulados (10).	Nivel de humedad Nivel de temperatura adecuada Nivel de residuos (alimento para las lombrices)	Cantidad de agua Temperatura (° C, K) Cantidad de residuos orgánicos generados
Variable dependiente Calidad del compost (humus de lombriz)	El compostaje es un proceso de naturaleza biológica, generado en presencia de oxígeno. Con la adecuada humedad y temperatura, se garantiza la modificación limpia de los residuos orgánicos en un material uniforme y de fácil asimilación para las plantas. (Román et al., 2013, p.23):	La calidad del compost está definida por el porcentaje de materia orgánica el porcentaje de nutrientes disponibles y la modificación de su PH	Porcentaje materia orgánica Porcentaje de nutrientes disponibles Porcentaje PH (neutro valor 7)	Materia orgánica de N, P y K pH

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 3. Presupuesto Biodegradador

Los costos y presupuestos que se gastará para realizar el prototipo de contenedor biodegradador tendrá un equivalente

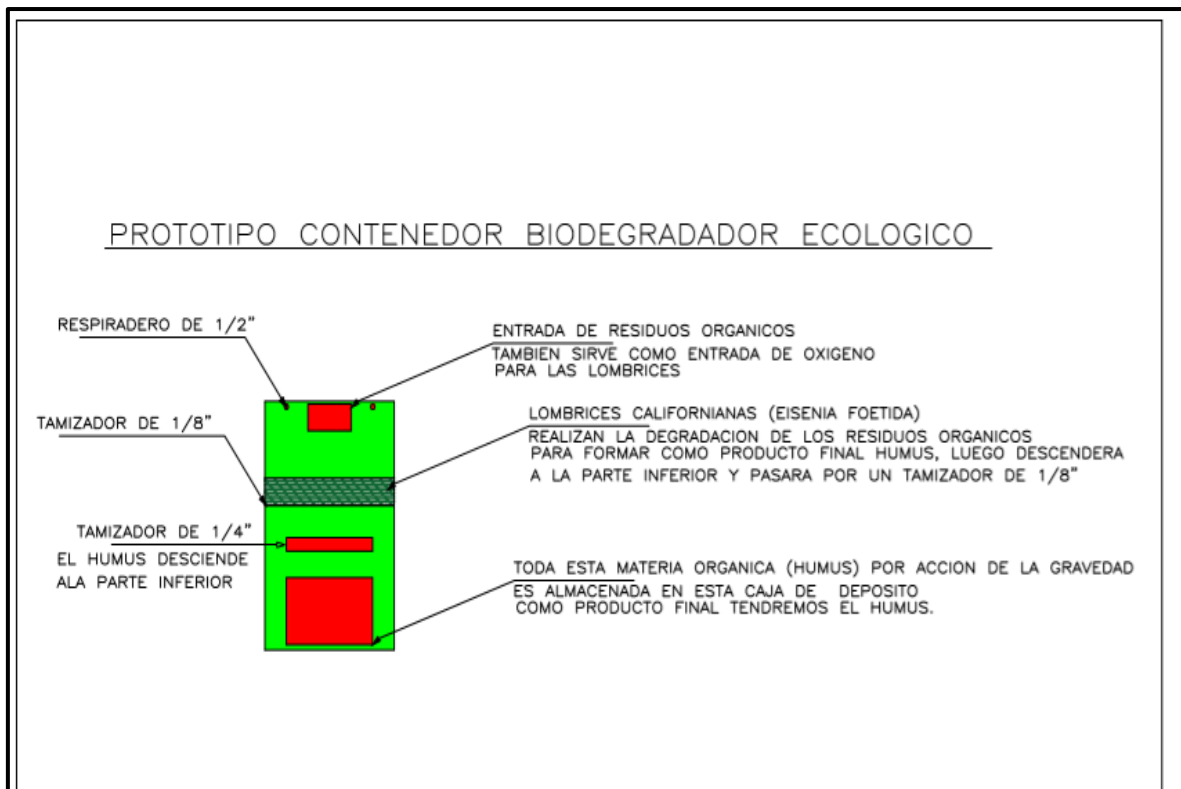
N.º	Materiales	Cantidad	Unidad	Costos por unidad	Costo total
1	Lamina metal	01	plancha	S/. 88	S/ 88
2	Cilindro metálico	01	UND	S/. 50	S/ 40
3	Angulares 3/4	01	varilla	S/. 30	S/. 30
4	Malla zaranda galvanizado de 1/4"	01	M2	S/. 55	S/. 55
5	Malla zaranda galvanizado de 1/8"	01	M2	S/. 55	S/. 55
6	Pintura inoxidable rojo	01	Lata	S/. 20	S/. 20
7	Pintura inoxidable verde	01	lata	S/. 20	S/. 20

Fuente: Elaboración propia

El precio de la mano de obra del biodegradador es de 200.00 nuevos soles.

Costo total del biodegradador 508.00 nuevos soles.

DISEÑO DEL BIODEGRADADOR



FUNCIONALIDAD DEL BIODEGRADADOR

CONTENEDOR: es un cilindro metálico de color verde para la identificación de residuos orgánicos. El interior del contenedor es de color rojo esto ayudara a retener calor para acelerar el proceso de degradación de la materia orgánica junto con las lombrices californianas.

TAPA: La tapa es metálico de color verde

RESPIRADERO DE 1/2": Es una abertura donde ingresa el aire para la oxigenación de las lombrices y proceda con el proceso de degradación de la materia orgánica.

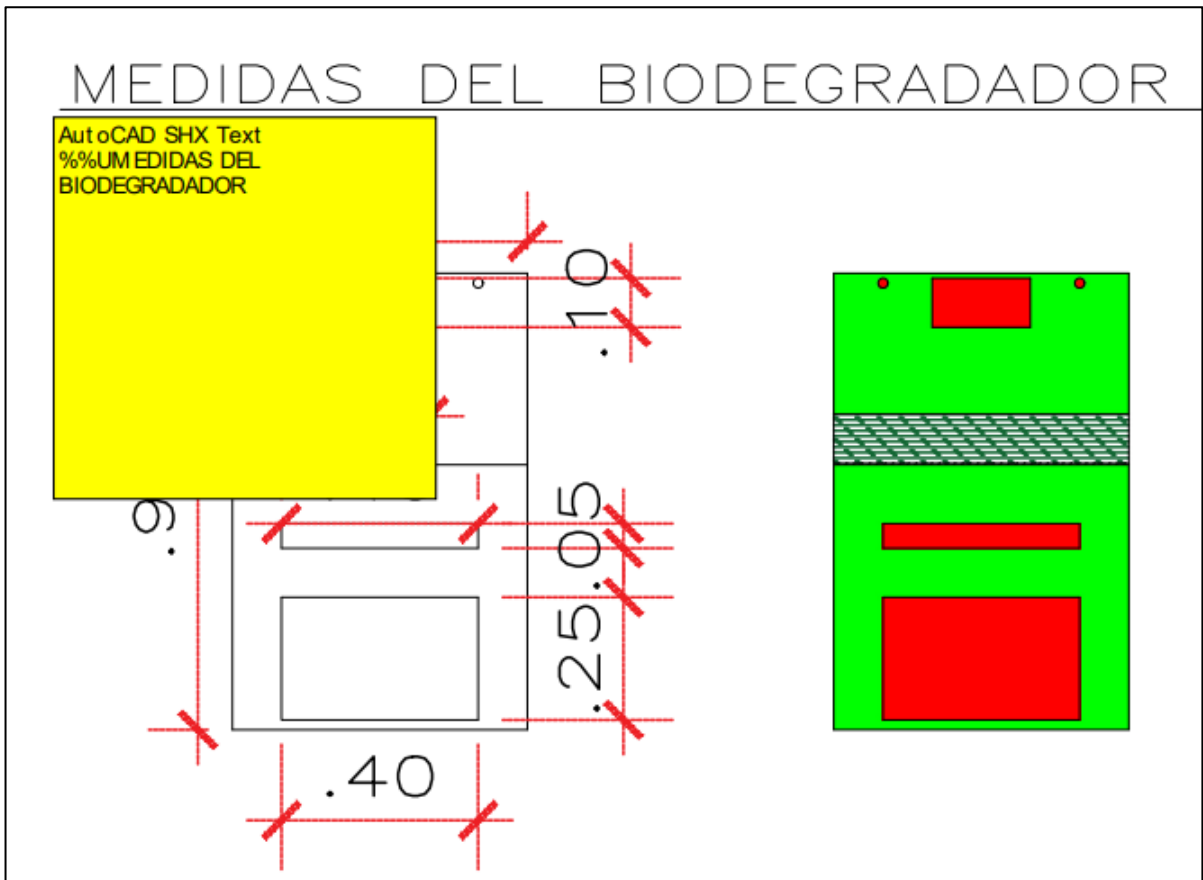
ENTRADA DE RESIDUO ORGANICOS: Es el ingreso de residuos orgánicos porque el proceso es continuo, también ayuda a la oxigenación del proceso tiene una abertura de 0.02 m²

TAMIZADOR DE 1/8": Es el soporte de la materia orgánica junto con las lombrices californianas, es de materia Malla zaranda galvanizado de 1/8". Sirve como un tamizador para el humus, por acción de gravedad caen al segundo tamizador de 1/4". El proceso es continuo.

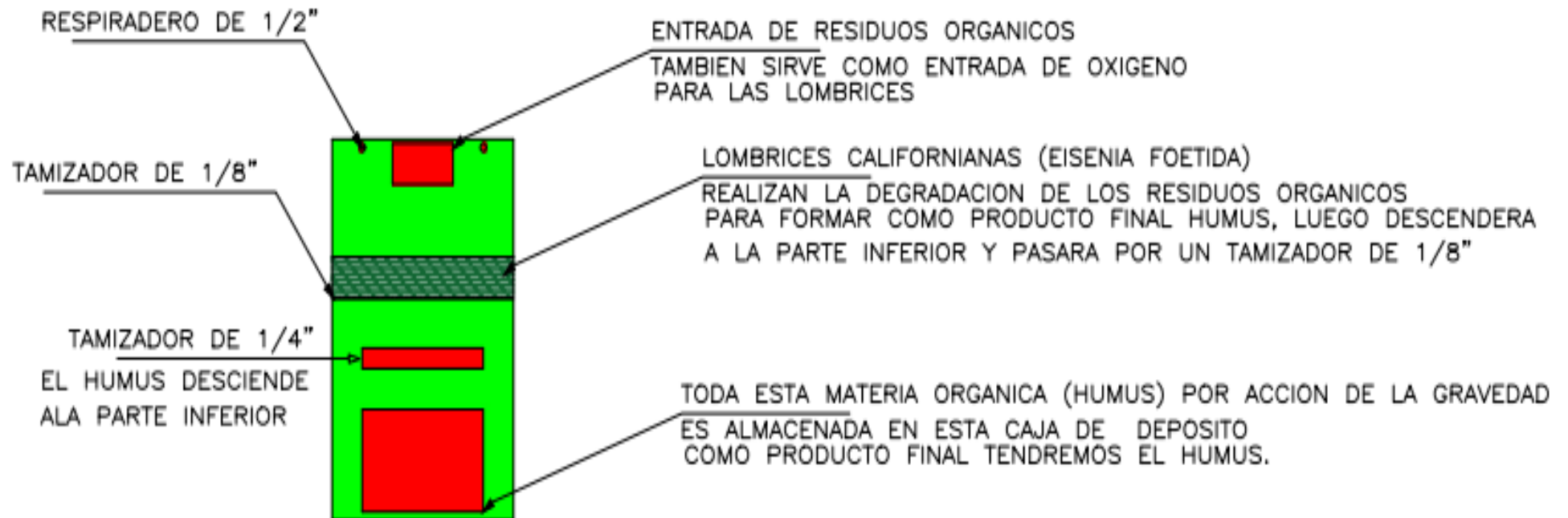
TAMIZADOR DE 1/4”: Es de material Malla zaranda galvanizado de 1/4”. Tiene la funcionalidad de cernir el humus por acción de gravedad descienden a la caja de depósito de humus. También el proceso es continuo.

CAJA DE DEPOSITO: Es la función final del biodegradador el producto final se deposita en la caja de depósito (humus) el material de la caja es metálico color rojo.

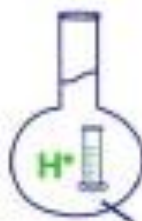
Anexo 4. Diseño Biodegradador



PROTOTIPO CONTENEDOR BIODEGRADADOR ECOLOGICO



Anexo 5. Resultado laboratorio



MC QUIMICALAB

De: Ing. Gury Manuel Cumpa Gutierrez
LABORATORIO DE CIENCIAS NATURALES
AGUAS, SUELOS, MINERALES Y MEDIO AMBIENTE
RUC N° 10465897711 - COVIDUC A4 - SAN SEBASTIÁN CEL: 974 673993 - 946 688776

INFORME N° LQ 0103-22

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE HUMUS

SOLICITA :
-RENE RONALD SURCO RAMOS
-JOHAN JAIR MOLLER CHUQUITAPA

TESIS : " CONTENEDOR ECOLÓGICO PARA LA GENERACIÓN DE COMPOST
EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA EMANCIPACION AMERICANA
TINTA- CUSCO-2022"

MUESTRA :
DISTRITO : Tinta
PROVINCIA : Cuzco
DEPARTAMENTO : Cuzco
FECHA DE INFORME : 01/03/2022

RESULTADOS :

DETERMINACIONES	UNIDAD	M ₁
Humedad	%	3.2
Muestra seca		
Nitrógeno total	%	3.09
Fósforo disponible P ₂ O ₅	mg/100	36
Potasio disponible K ₂ O	mg/100	62.2
Materia orgánica	%	61.8
pH		7.3
Conductividad Eléctrica Saturada	μS/cm	9330
Relación C/N		11.6

MÉTODOS DE ANÁLISIS: El trabajo de análisis de humus se ha realizado bajo los métodos establecidos en los Manuales de Análisis Químico-Agrícola, Nigel T. Faithfull, Institute of Rural Studies, University of Wales, UK 2006; que a su vez está basado en el Manual "The Analysis of Agricultural Materials, MAFF/ADAS.

NOTA: Los resultados son válidos únicamente para la muestra analizada.




MARIO CUMPA CAYURI
INGENIERO QUÍMICO
REG. COLEGIO DE INGENIEROS N° 1938

MÉTODOS DE ANÁLISIS:

DETERMINACIONES		MÉTODOS NORMALIZADOS
Humedad	%	Gravimetría
<u>Muestra Seca:</u>		
Nitrógeno total N	%	Kjeldahl
Fosforo disponible P_2O_5	mg/100	Espectrometría visible - Molibdato de amonio
Potasio disponible K_2O	mg/100	Espectrometría de emisión
Materia Orgánica	%	Combustión
Conductividad eléctrica	mmhos/cm	Conductímetro
pH		pHmetro