



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**EXTENSIÓN LA MANÁ**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS**

**NATURALES**

**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“COMPOSICIÓN QUÍMICA Y TRANSFORMACIÓN DE LA BIOMASA  
VEGETAL EN ABONO ORGÁNICO”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero/a

Agrónomo/a

**AUTOR:**

Mena Torres Kevin Alexis

**TUTOR:**

Ing. M.Sc. Quinatoa Lozada Eduardo Fabián

**LA MANÁ-COTOPAXI  
AGOSTO-2023**

## DECLARACION DE AUTORIA

Yo, Mena Torres Kevin Alexis declaro ser el autor del presente proyecto de investigación: “COMPOSICIÓN QUÍMICA Y TRANSFORMACIÓN DE LA BIOMASA VEGETAL EN ABONO ORGÁNICO” siendo el MSc. Ing. Eduardo Quinatoa Lozada tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

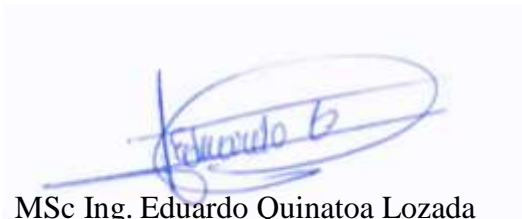


Mena Torres Kevin Alexis  
C.I: 1004125694

## INFORME DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de tutor del proyecto de investigación sobre el título. “COMPOSICIÓN QUÍMICA Y TRANSFORMACIÓN DE LA BIOMASA VEGETAL EN ABONO ORGÁNICO” del señor Mena Torres Kevin Alexis, de la Carrera de Ingeniería Agronómica, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

La Maná, 4 de agosto del 2023



MSc Ing. Eduardo Quinatoa Lozada

C.I: 1804011839

**TUTOR**

## **APROBACION DEL TRIBUNAL DE TITULACION**

En calidad de Tribuna de Lectores, aprueban el presente informe de investigación de acuerdo a las especificaciones reglamentaria emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, por lo cuanto el postulante Mena Torres Kevin Alexis con el título de Proyecto de Investigación; “COMPOSICIÓN QUÍMICA Y TRANSFORMACIÓN DE LA BIOMASA VEGETAL EN ABONO ORGÁNICO”, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación del Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

La Maná, 4 de agosto del 2023

Para la constancia firman:

  
Ing. Espinosa Cunuhay Kleber Augusto M.Sc


Cl. 0502612740

**LECTOR (PRESIDENTE)**

  
Ing. López Bosquez Jonathan M.Sc.

Cl. 1205419292

**LECTOR 1 (MIEMBRO)**

  
Ing. Luna Murillo Ricardo M.Sc.

Cl. 0912969227

**LECTOR 2 (SECRETARIO)**

## **AGRADECIMIENTO**

*El presente trabajo de tesis me gustaría expresar mi agradecimiento a DIOS por brindarme y bendecirme por haber cumplido una meta más en la vida.*

*A la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI “EXTENSIÓN LA MANÁ” por darme la oportunidad de absorber los conocimientos que imparten los docentes de la carrera de Agronomía y ser un profesional.*

*Por último, quiero expresar mi gratitud al docente Ing. Eduardo Fabián Quinatoa Lozada tutor designado que gracias a su guía me permitió finalizar el presente trabajo.*

**Kevin**

## **DEDICATORIA**

*Esta tesis está dedicada a DIOS por darme la oportunidad, guía y la fuerza de terminar una fase de mi vida.*

*Dedico esta tesis a mi madre Verónica Elizabeth Torres Chicaiza y Padre Willan Esteban Mena Valencia que quienes con su amor y su ayuda pude cumplir una meta y un capítulo de mi vida.*

*También dedico esta tesis a la Doctorcita Graciela Toazo que es una importante persona que siempre me estuvo alentando junto con mi familia a ser una mejor persona y a cumplir las metas que me proponga alcanzar también por estar aconsejándome y apoyándome en cada paso que daba desde el día que tengo la capacidad de recordar los hechos de mi vida*

**Kevin**

# UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**TITULO:** “COMPOSICIÓN QUÍMICA Y TRANSFORMACIÓN DE LA BIOMASA VEGETAL EN ABONO ORGÁNICO”

**Autor:**

Mena Torres Kevin Alexis

### RESUMEN

La investigación se realizó en el centro experimental “Sacha wiwa” que se encuentra ubicado en la parroquia Guasaganda, provincia de Cotopaxi, tuvo una duración de 120 días. En este estudio fue determinar la composición química y la transformación de la biomasa vegetal en abono orgánico, utilizando cinco tratamientos T1 residuos de caco, T2 residuos de pasto de corte, T3 residuos de pasto de pastoreo y T4 residuos de forrajera. Se evaluaron variables como pH en el proceso de transformación, temperatura, conductividad eléctrica, volumen de la biomasa, composición química de los residuos y del compost. Con relación a la composición química del compost obtenido, el contenido de macronutrientes (N, P, K) de todos los tratamientos se encontraron dentro del rango permitido. El volumen de la biomasa disminuye conforme avanza el proceso de compostaje. De acuerdo al análisis económico el tratamiento con mayor rentabilidad es utilizando residuos de cacao con un 20% de rentabilidad, seguido del tratamiento con pasto forrajero el mismo que nos da una rentabilidad del 10%, la relación beneficio/ costo B/N para el mejor tratamiento es de 0.2 lo que nos indica que por cada dólar invertido obtenemos 20 centavos de dólar como ganancia.

**Palabras clave:** parámetro, forrajero, rentabilidad, elemental, rango.

## **ABSTRACT**

The present research was carried out in the experimental center "Sacha wiwa" located in the Guasaganda parish, Cotopaxi province, it lasted 120 days. In this way, the chemical composition and transformation of plant biomass into organic fertilizer was determined, using five treatments: T1 cocoa residues, T2 cutting grass residues, T3 grazing grass residues, and T4 forage residues. The variables evaluated were pH in the transformation process, temperature, electrical conductivity, volume of biomass, chemical composition of waste, and compost. Regarding the chemical composition of the compost obtained, the macronutrient content (N, P, K) of all the treatments was within the allowed range. The volume of biomass decreases as the composting process progresses. According to the economic analysis, the treatment with the highest profitability uses cocoa residues with a 20% profitability, followed by fodder grass treatment, which gets a profitability of 10%, the benefit/cost ratio B/N for the best treatment is 0.2, which indicates that for each dollar invested the researchers obtain 20 cents as a profit.

**Keywords:** parameter, forage, profitability, elemental, range.



## ÍNDICE GENERAL

DECLARACION DE AUTORIA .....	ii
INFORME DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	iii
<i>AGRADECIMIENTO</i> .....	v
<i>DEDICATORIA</i> .....	vi
1. INFORMACIÓN GENERAL .....	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO .....	4
4.1. Beneficiarios directos .....	4
4.2. Beneficiarios indirectos .....	4
5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	4
6. OBJETIVO GENERAL .....	5
6.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	5
7. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS .....	6
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA .....	7
8.1. El Compostaje .....	7
8.2. Características del compost .....	8
8.3. Componentes iniciales .....	8
8.4. Proceso del compostaje .....	9
8.5. Fases del compostaje .....	10

8.6. Tecnología de los microorganismos efectivos. ....	12
8.7. Microorganismos presentes en la descomposición o beneficios .....	12
8.8. Elaboración del compost .....	14
8.8.1. Compostaje aeróbico .....	14
8.8.1.1. Etapa de latencia.....	15
8.8.1.2. Etapa mesotérmica.....	15
8.8.1.3. Etapa termogénica .....	16
8.8.1.4. Etapa mesotérmica.....	16
8.8.2. Compostaje anaeróbico.....	16
8.8.3. Calidad del compost .....	16
8.9. Criterios según la Organización Mundial de la Salud .....	17
8.10. Generación de Biomasa.....	17
8.11. Origen de la biomasa .....	18
8.12. Infraestructura necesaria para el proceso.....	19
8.13. Parámetros del proceso de compostaje .....	19
8.13.1. Temperatura.....	20
8.13.2. Aireación .....	20
8.13.3. Humedad.....	21
8.13.4. pH .....	21
8.13.5. Relación Carbono/Nitrógeno.....	22
8.14. Sistemas de Compostaje .....	22
8.14.1. Compostaje en pilas con volteo .....	23
8.14.2. Compostaje en canales.....	23

8.14.3. Compostaje en túneles .....	23
8.15. Tipo de proceso de compostaje .....	24
8.15.1 Compostaje tradicional .....	24
8.15.2. Compostaje mecanizado .....	24
8.16. Composición química del compost .....	24
8.17. Ventajas del compost.....	25
8.18. Antecedentes investigativos .....	25
9. PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS .....	26
10. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	27
10.1.Ubicación del ensayo.....	27
10.2. Condiciones agrometeorológica .....	27
10.3. Tipo de investigación .....	27
10.3.1. Investigación bibliográfica .....	27
10.3.2. Investigación descriptiva .....	27
10.3.3. Investigación analítica .....	28
10.3.4. Investigación de campo .....	28
10.4. Materiales y equipos .....	28
10.7. Esquema del Experimento .....	29
10.8. Análisis de varianza.....	29
10.9. Variables evaluadas .....	30
10.9.1. Composición química de la biomasa .....	30
10.9.2. Volumen de la biomasa en proceso de transformación .....	30
10.9.3. Temperatura de la biomasa.....	31

10.9.4. pH del compost.....	31
10.9.5 Conductividad eléctrica.....	31
10.9.6 Cantidad de compost procesado.....	31
10.9.7 Análisis económico.....	31
11.MANEJO DEL ENSAYO.....	33
11.1.Recolección de Residuos vegetales.....	33
11.2.Muestreo y Análisis químico de la biomasa.....	33
11.3.Elaboración de camas.....	33
11.4.Compostaje.....	33
11.5.Riego.....	34
11.6.Cosecha del compost.....	34
12.ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	34
12.1. pH del compost.....	34
12.2. Volumen de la biomasa en proceso de transformación.....	36
12.3. Temperatura de la biomasa en proceso de transformación.....	37
12.4. Composición química de la biomasa.....	39
12.5. Composición química del compost.....	39
12.6. Conductividad eléctrica del compost.....	40
12.7. Peso final y rendimiento del compost.....	41
12.8. Análisis económico.....	41
13. IMPACTOS.....	42
14. PRESUPUESTO.....	42
15. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	43

16. BIBLIOGRAFÍA .....	45
ANEXOS .....	51

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Actividades y sistemas de tareas en relación a los objetivos planteados. ....	6
<b>Tabla 2.</b> Condiciones climáticas del lugar de estudio .....	27
<b>Tabla 3.</b> Materiales e insumos a utilizados.....	28
<b>Tabla 4.</b> Esquema del experimento.....	29
Tabla 6. Tabla 5. Esquema del análisis de varianza .....	30
<b>Tabla 6.</b> Tratamientos en estudio.....	33
<b>Tabla 7.</b> Valores de pH de los tratamientos en estudio, durante las 12 semanas de evaluación ..	35
<b>Tabla 8.</b> Volumen de la biomasa en proceso de la transformación (m <sup>3</sup> ).....	36
<b>Tabla 9.</b> Temperatura (°C) de la biomasa en proceso de transformación.....	38
<b>Tabla 10.</b> Análisis de la biomasa en los residuos de cacao, pasto forrajero, pasto de pastoreo y pasto de corte al inicio de la investigación (D=deficiente, A= Adecuado, E= exagerado).....	39
<b>Tabla 11.</b> Análisis químico del compost proveniente de los residuos de cacao, pasto forrajero, pasto de pastoreo y pasto de corte. ....	40
<b>Tabla 12.</b> Peso final y rendimiento del compost .....	41
<b>Tabla 13.</b> Análisis económico de los tratamientos en estudio .....	41
<b>Tabla 14.</b> Presupuesto de la investigación.....	43

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Contrato de cesión no exclusiva de derecho de autor.....	51
<b>Anexo 2.</b> Currículum del tutor .....	54
<b>Anexo 3.</b> Currículum del estudiante.....	55
<b>Anexo 4.</b> Informe antiplagio .....	56
<b>Anexo 5.</b> Aval de traducción del idioma inglés .....	57
<b>Anexo 6.</b> Fotografías de la investigación .....	58
<b>Anexo 7.</b> Croquis de campo .....	59
<b>Anexo 8.</b> Análisis del compostaje .....	57

## 1. INFORMACIÓN GENERAL

**Título del proyecto:** “COMPOSICIÓN QUÍMICA Y TRANSFORMACIÓN DE LA BIOMASA VEGETAL EN ABONO ORGÁNICO”

### **Tiempo de Ejecución**

**Fecha de inicio:** abril 2023

**Fecha de finalización:** agosto 2023

**Lugar de ejecución:** Cantón La Maná - Provincia de Cotopaxi.

**Unidad Académica que auspician:** Facultad de Agropecuarias y Recursos Naturales.

**Carrera que auspicia:** Ingeniería Agronómica.

**Proyecto de investigación vinculado:** Fomento productivo

**Equipo de Trabajo:** Mena Torres Kevin Alexis

Ing. Quinatoa Lozada Eduardo Fabián (Tutor)

**Área de Conocimiento:** Agricultura, silvicultura y pesca

**Línea de investigación:** Desarrollo y seguridad alimentaria

**Sub líneas de investigación:** Producción agrícola sustentable



## 2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El desperdicio constante de alimentos a través de la cadena de suministro, es un tema que cada vez adquiere mayor relevancia en el mundo (Cerde, y otros, 2018), considerando que esta situación altera negativamente la disponibilidad a nivel local de alimentos y compromete con ello la seguridad alimentaria de la sociedad (Basso, Brkic, Moreno, Pouiller, & Romero, 2016). Una población creciente y su consecuente producción de residuos sólidos, en especial residuos orgánicos en la mayoría de las ciudades del mundo, constituye hoy en día el motivo para la generación y aplicación de procesos de gestión y actividades de transformación de los mismos, a fin de minimizar su volumen, aplicar un tratamiento adecuado conforme a lo establecido por la normatividad vigente y obtener un producto útil posteriormente. El proceso de compostaje permite la descomposición controlada de los residuos orgánicos, eliminando en el proceso los microorganismos patógenos presentes en el sustrato. El compostaje es un método eficiente para la eliminación de estos residuos, ya que con ello permite además el aprovechamiento del producto final (Bollo, 2001).

La biomasa abarca un amplio espectro de materiales orgánicos, y por consiguiente, es considerada una mezcla compleja de polímeros de carbohidratos conocidos como celulosa, hemicelulosa, lignina y pequeñas cantidades de otras sustancias contenidas en la pared celular de las plantas. Dentro de las energías renovables, la biomasa se diferencia por permitir la obtención de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos con procesos bioquímicos, termoquímicos y también fisicoquímicos (Manals-Cutiño & Penedo-Medina, 2018)

El presente proyecto se desarrolló en el centro experimental "Sacha wiwa" perteneciente a la Parroquia Guasanga del Cantón La Mana, teniendo como objetivo determinar la Composición química y transformación de la biomasa vegetal en abono orgánico, se utilizó el diseño de bloques completamente al azar con 4 tratamientos, 5 repeticiones por cada tratamiento dando un total 20 unidades experimentales. Como tratamientos se utilizó como base en todos los tratamientos estiércol de bovino (50%) y leguminosa (10%) en todos los tratamientos, complementando con 40% de residuos de cacao en el T1, 40% de residuos de pasto de corte en el T2, 40% de residuos

de pasto de pastoreo en el T3 y finalmente 40% de pastos forrajero para el T4. Las variables estudiadas fueron composición química de la biomasa, volumen de la biomasa en proceso de transformación, temperatura de la biomasa, pH de compost, conductividad eléctrica del compost, cantidad de compost procesado y un análisis económico.

### **3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

En el mundo se producen más de 1600 millones de toneladas por año de residuos sólidos (Skinner, 2000), los mismo generan graves problemas, no sólo por el desgaste constante del medio ambiente, sino también desde el punto de vista económico puesto que los costos de recolección, transporte y disposición final son mayores. Se estima que los servicios de disposición, tratamiento y aprovechamiento de los residuos sólidos mueven mundialmente un mercado anual de 100,000 millones de dólares, de los cuales 43,000 millones corresponden a Norteamérica, 42,000 millones a la Unión Europea y sólo 6,000 millones a Suramérica, siendo la producción de residuos de 250, 200 y 150 millones de toneladas por año respectivamente (Skinner, 2000).

Ecuador, siendo un país mega diverso en cuanto a su flora se convierte en un generador de biomasa vegetal que se podría utilizar para la generación de energía, transformación en abonos orgánicos, obtención de subproductos como biofertilizantes etc.; con el fin de aprovechar de mejor manera estos recursos.

Por consiguiente, se han desarrollado metodologías que están enmarcadas en la economía verde que procuran mejorar la gestión de los residuos orgánicos, fomentando su reducción a lo largo de la cadena de suministros (prácticas agrícolas, poscosecha, comercialización y consumo final) (Vargas-Pineda, Trujillo-González, & Torres-Mora, 2017), además de esta forma disminuir las pérdidas y desperdicio, así como la implementación de formas de manejo de los residuos orgánicos generados continuamente, con la intención de aportar un valor agregado desde un punto de vista ambiental, económico y social (Tapia, 2016); (Niño, 2017).

Por lo tanto, es de vital importancia caracterizar la biomasa vegetal de cada localidad con la finalidad de conocer el tipo y calidad de materia prima que contamos para mejorar los suelos, es por eso que en esta investigación se plantea determinar la composición química y la transformación de la biomasa vegetal en abono orgánico el mismo que se llevará a cabo en la Parroquia Guasaganda en el Centro Experimental Sacha Wiwa.

#### **4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO**

##### **4.1. Beneficiarios directos**

Los principales beneficiarios con la ejecución de este proyecto fueron los pequeños y medianos agricultores a nivel nacional que utilicen compost en sus cultivos compost como una alternativa de producción limpia.

##### **4.2. Beneficiarios indirectos**

Este proyecto benefició indirectamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi entre ellos los estudiantes y a los agricultores en general, quienes tendrán una opción más para utilizar en sus sistemas de producción.

#### **5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

La pérdida o desperdicio de los alimentos a través de la cadena de suministro, es un tema que cada vez tiene mayor importancia en el mundo (Cerdeira, y otros, 2018), teniendo en cuenta que esta situación afecta negativamente la disponibilidad local de alimentos y compromete negativamente la seguridad alimentaria de la sociedad (Basso, Brkic, Moreno, Pouiller, & Romero, 2016). De acuerdo a información de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura FAO (2011), anualmente general desperdicios de 1.300 billones de toneladas de alimentos en el mundo, lo que equivale el 33% de la oferta de alimentos disponible para consumo humano, de los cuales el 50% son productos hortofrutícolas, 30% cereales y 20% productos pecuarios (Marmolejo, Madera, & Torres, 2010; Caicedo & Ibarra, 2017), alimentos que al final

se convierten en residuos orgánicos, material que al no ser valorizado, disminuye su valor económico en el mercado comercial (Vargas-Pineda, Trujillo-González, & Torres-Mora, 2017; Xu, Li, Ge, Yang, & Li, 2018).

En muchos de los países de la región se cuenta con variedades de residuos los cuales son empleados en la búsqueda de fuentes de energía limpias mediante la termo conversión de estos, las biomásas suelen caracterizarse en base a análisis próximo y último (C - H - O - N). En Ecuador el proceso compostaje es una tecnología de bajo costo, que garantiza que los residuos orgánicos vinculen sus componentes en el ciclo de la cadena de producción primaria, además permite mejorar las condiciones físico-químicas del suelo y aumenta la productividad de los cultivos. En general la composición de los productos obtenidos en estos procesos depende de la composición química del tipo de biomasa tratada y de las condiciones de operación (Manals-Cutiño & Penedo-Medina, 2018)

En el cantón La Maná, el mal uso de los desechos vegetales también es un problema que se ha venido generando a lo largo del tiempo, ya sea por el desconocimiento de los agricultores sobre alguna técnica de transformación de esta biomasa generada ya sea por podas de los cultivos, desechos de las cosechas, restos de pastos de la zona, estiércol de los animales de las fincas, etc. (Herrera, 2013). Bajo esta problemática, esta investigación apunta a generar nuevas alternativas de transformación de la biomasa generada en la zona, con el fin de que sea aprovechada para mejorar las características físicas y químicas de los suelos.

## **6. OBJETIVO GENERAL**

- Determinar la composición química y la transformación de la biomasa vegetal en abono orgánico.

### **6.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Determinar la composición química elemental de los residuos vegetales.
- Evaluar diferentes residuos vegetales en la elaboración del compost.
- Realizar un análisis económico de los tratamientos en estudio.

## 7. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.

**Tabla 1.** Actividades y sistemas de tareas en relación a los objetivos planteados.

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	RESULTADOS	VERIFICACION
Determinar la composición química elemental de los residuos vegetales.	Toma de muestras de los residuos vegetales para enviar al laboratorio. Análisis e interpretación de resultados	Análisis de la composición química	• Resultado del análisis químico de los residuos vegetales
Evaluar diferentes residuos vegetales en la elaboración del compost.	Recolección de los residuos vegetales más importantes de la zona. Registro de datos de las variables en estudio	Volumen de la biomasa, Temperatura; pH, Conductividad eléctrica, Cantidad del compost.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Termómetro</li> <li>• pH metro</li> <li>• Conductivímetro</li> <li>• Libreta de campo</li> <li>• Flexómetro</li> <li>•</li> </ul>
Realizar un análisis económico de los tratamientos en estudio	Realizar un análisis costo/beneficio	Indicadores de costos totales.	Contabilidad de costo, facturas

**Elaborado por:** Mena (2023).

## **8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA**

### **8.1. El Compostaje**

El compostaje es un componente orgánico técnicamente preparado a partir de residuos urbanos que se puede aplicar al suelo para mejorar sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas; por esta razón, también se le ha denominado abono orgánico, abono orgánico o acondicionador de suelos. Sin embargo, el compostaje no sustituye al fertilizante químico. El compostaje es una técnica de bajo costo, que garantiza que los residuos orgánicos interaccionen sus componentes en el ciclo de la cadena de producción primaria, además permite mejorar las condiciones físico-químicas del suelo y aumenta la productividad de los cultivos agrícolas (Otterpohl, Grottker, & Lange, 2016).

Por la acción de los microorganismos en descomposición, el compostaje es la conversión de estiércol animal, alimentos, frutas y desechos de jardín en fertilizante orgánico. En origen, los residuos orgánicos deben recogerse por separado. El compostaje ofrece una variedad de ventajas, incluido el acondicionamiento y la recuperación del suelo debido a su alto contenido orgánico, ayuda en la nutrición natural de las plantas, preserva la humedad del suelo y promueve el crecimiento de microorganismos beneficiosos que a su vez ayudan a reducir la propagación de plagas. e infecciones bacterianas, mejora las características físicas del suelo, incluyendo su textura, estructura y porosidad. El abono elaborado a partir de desechos municipales sólidos se utiliza en la agricultura como enmienda del suelo y tiene valor porque contiene materia orgánica y minerales (Moreno, 2008).

Los materiales de desecho como cáscaras de frutas y verduras, cáscaras de huevo, café molido, restos de madera y recortes de jardín (ramas, césped, hojas, raíces, pétalos, etc.) se utilizan para crear compost, restos de animales muertos. El material orgánico puede descomponerse de forma aeróbica o anaeróbica. Nos referimos a la forma aeróbica de descomposición de la materia orgánica (con alta presencia de oxígeno) como compostaje.

El compost se toma naturalmente por una descomposición aeróbica, como el oxígeno cuando hay un oxígeno con desechos orgánicos (todo tipo de estiércol) (todo tipo de calor de basura animal,

bacterias fermentadas, otras actuaciones. hongos, hongos y tipos de mezclas activas). En condiciones normales, a medida que aumenta la rotación de residuos orgánicos causados por el crecimiento, evita el proceso con situaciones biológicas y podredumbre o bacterias anaeróbicas. El compost se usa ampliamente como acondicionador del suelo en la agricultura, pero también se usa en el paisajismo, el control de la erosión, el acolchado y la recuperación de suelos agrícolas (Ecotecnologías, 2012).

## **8.2. Características del compost**

Los componentes físico-químicos del producto sólido obtenido por mezcla o combinación de abonos orgánicos de origen animal o vegetal o proveniente de residuos urbanos que no han sido separados en la fuente. Para ser usados como acondicionador del suelo contienen porcentajes mínimos de materia orgánica. Si los productos presentan contenidos de metales pesados superiores a los máximos, pero no exceden los límites permitidos: Arsénico (54,0 mg/Kg), Cadmio (18,0 mg/Kg), Cromo (1200 mg/Kg), Mercurio (5,0 mg/Kg), Níquel (180,0 mg/Kg), y Plomo (300.0 mg/Kg) se deberá proponerse su uso únicamente para recuperación de zonas que hayan sido erosionadas, zonas destinadas a forestal o zonas de que se utilice con fines de recreación. En relación con los análisis microbiológicos, el compost utilizado como fertilizante y acondicionador orgánico de origen no pedogenético, deberán demostrar que no superan los siguientes niveles máximos de microorganismos patógenos: Salmonella sp.: Ausentes en 25 gramos de producto final, Enterobacterias totales: Menos de 100 UFC/g de producto final. Para evaluar si el producto presenta contenidos de microorganismos benéficos, debe declararse el recuento de microorganismos mesófilos aerobios, mohos y levaduras. También se puede determinar la presencia o ausencia de protozoos y nematodos (Puerta, 2004).

## **8.3. Componentes iniciales**

La microbiota de partida de los materiales a compostar varía mucho según el sustrato y las condiciones de almacenamiento. Si bien se sabe poco sobre la composición de esta comunidad microbiana, la mayoría de los sustratos utilizados para el compostaje contienen una población

microbiana natural particular. Cuando los materiales se almacenan en condiciones secas, suele estar presente una amplia variedad de hongos. Aunque la población inicial de los sustratos puede influir en cómo se desarrolla el proceso, no debe verse como un factor limitante porque una vez que los sustratos son suficientes, se producen recolonizaciones microbianas de los alrededores de la pila de compost (Puerta, 2004).

#### **8.4. Proceso del compostaje**

La descomposición, putrefacción o fermentación de la materia orgánica puede ocurrir en diferentes formas:

El término "compostaje" tiene varias definiciones diferentes. "Es un sistema de tratamiento o estabilización de residuos orgánicos basado en una actividad microbiológica compleja realizada en condiciones aerobias y termófilas controladas con la que se obtiene un producto final estable, libre de patógenos y semillas, que puede ser utilizado como fertilizante, enmienda, o sustrato" (Fasbernder, 1992).

Las rutas no controladas son basureros, detrás de casas, zanjas, márgenes de ríos, etc. Allí, con el paso del tiempo, las partes orgánicas de la basura comienzan a pudrirse, provocando malos olores y moscas. Otra forma es controlar la descomposición de la materia orgánica para producir compost sin causar problemas al medio ambiente (Fasbernder, 1992). Según el mismo autor, durante el proceso, la fracción orgánica más degradable del sustrato se transforma liberando CO<sub>2</sub>, agua, minerales y energía antes de ser reemplazada por la fracción orgánica más estable y sanitizada. La mineralización es el término utilizado para describir una serie de procesos en la naturaleza en los que la materia se reemplaza de forma continua y lenta por material nuevo.



## **8.5. Fases del compostaje**

### **8.5.1. Fase mesófila inicial.**

La etapa más dinámica del compostaje es la fase mesófila inicial, durante la cual la temperatura aumenta rápidamente (de 10 a 40 °C), el pH fluctúa mucho y los compuestos orgánicos más simples se degradan. Las bacterias y hongos mesófilos y termotolerantes utilizan rápidamente sustancias carbonatadas solubles y fácilmente degradables (azúcares y aminoácidos) y comienzan a actuar cuando los sustratos están a temperatura ambiente. Esto provoca una caída en el pH como resultado de la producción de ácidos orgánicos. Las bacterias con metabolismo oxidativo y fermentativo, principalmente bacterias Gram negativas y productoras de ácido láctico, alcanzan los niveles más altos durante esta fase y crecen rápidamente a expensas de compuestos fácilmente degradables. Cuando se alcanzan los 42 a 45 °C termina la fase mesófila de la microbiota y comienza la fase termófila debido a la actividad metabólica de los microorganismos en esta fase. Saneado del producto, como resultado de la destrucción de microorganismos patógenos, la que se alcanza con temperaturas por encima de los 55 °C.; Desactivación de las semillas de malezas y plantas parásitas en el entorno de los 60 °C. (Docampo A.D.R., 2013)

### **8.5.2. Fase termófila**

Durante la fase termófila proliferan los actinomicetos (*Thermoaminomyces* sp.), que son únicamente microorganismos termotolerantes y termófilos), diferentes *Bacillus* spp. bacterias que son termófilas y gram negativas, como *Thermus* e *Hydrogenobacter*. Durante esta etapa se inhiben los microorganismos no termotolerantes, como patógenos y parásitos. Desde el inicio de la fase termófila hasta los 60°C, la cantidad de hongos y levaduras se reduce significativamente, y luego desaparecen por completo. Las poblaciones termófilas no se desarrollan adecuadamente porque aún no se ha alcanzado su rango óptimo de temperatura mientras que la microbiota mesófila es inhibida por la temperatura en las primeras etapas de esta fase. Como resultado, en comparación con el aumento de la fase anterior, el aumento de temperatura se ha ralentizado un poco. Mientras la temperatura se mantenga por encima de los 60 °C, la actividad microbiana seguirá activa. En

comparación con la etapa anterior, las tasas de degradación en esta fase son relativamente altas. Las bacterias esporuladas, como *Bacillus* spp., son las más prevalentes hasta los 50–60 °C. así como los actinomicetos termofílicos y termotolerantes. Solo las bacterias termófilas realizan degradación a temperaturas superiores a 60 °C. El microorganismo no esporulado *Hydrogenobacter* spp. y especies de *Thermus*. Predominan a temperaturas entre 70 y 82 °C, junto con algunos esporulados del género *Bacillus*. Cuando la temperatura sube a 66–70 °C, estas bacterias ayudan a crear un nuevo aumento en la biodiversidad a pesar de que la actividad microbiana disminuye notablemente a esa temperatura. No es recomendable que durante la etapa termófila la temperatura exceda los 70-75 °C pues la mayoría de las especies de microorganismos no puede sobrevivir, con la consiguiente desactivación del proceso de descomposición (Docampo A.D.R., 2013)

El mismo autor señala que por encima de los 60°C, el propio calor inhibe los microorganismos, pero también limita la cantidad de oxígeno disponible porque la solubilidad del oxígeno en el agua disminuye a medida que aumenta la temperatura. Como resultado, hay una reducción en la actividad microbiana, lo que reduce la temperatura. Como resultado, la tercera fase, también conocida como fase de enfriamiento, comienza cuando la temperatura es alta y la fuente de carbono directamente disponible comienza a ser un factor limitante.

### **8.5.3. Etapa de enfriamiento y maduración**

El desarrollo de una nueva comunidad mesófila distinta de la fase mesófila inicial caracteriza las etapas finales de enfriamiento y maduración. En esta comunidad predominan los hongos y actinomicetos con la capacidad de descomponer compuestos complejos. Estos microorganismos recolonizan el material del entorno, los bordes de la pila, o se originan a partir de esporas que resistieron la fase termófila y germinaron. Aunque las bacterias mesófilas son escasas en estas fases, su diversidad es mayor que en las fases anteriores y ofrecen nuevas actividades cruciales para la maduración del compost. Además de participar en la oxidación de la materia orgánica, estas bacterias también fijan nitrógeno, producen exopolisacáridos, nitrito a partir de amonio bajo y oxidan hidrógeno, amonio, nitrito y sulfuros, circunstancias heterótrofas. A medida que la

comunidad madura, se vuelve más estable y compleja, y su composición se parece a la de los ambientes oligotróficos como los suelos. Empiezan a aparecer microorganismos típicos de este hábitat, como *Arthrobacter*, junto con otros organismos como protozoos, nematodos y miriápodos, que contribuyen a la descomposición y eventual estabilización de la materia orgánica, la actividad e hongos y bacterias durante la maduración se suma a la de estos otros organismos (Moreno, 2008).

### **8.6. Tecnología de los microorganismos efectivos.**

Microorganismos efectivos, o EM, es el acrónimo de ellos. La base de la tecnología EM es un cultivo microbiano mixto formado por especies particulares de microorganismos naturales útiles o buenos que coexisten en un medio líquido con un pH de 3 o superior. EM no contiene microbios patógenos, peligrosos, alterados genéticamente o sintetizados químicamente, ni es un medicamento. Estos efectivos microorganismos secretan sustancias beneficiosas como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales y antioxidantes que, al entrar en contacto con la materia orgánica, se multiplican sinérgicamente. Los grupos básicos que componen estos microorganismos EM son de tres géneros principales: bacterias fototróficas (proporcionan oxígeno), bacterias del ácido láctico (comúnmente encontradas en yogur, queso) y levaduras (Moreno, 2008).

### **8.7. Microorganismos presentes en la descomposición o beneficios**

En la micro flora benéfica se encuentra una amplia diversidad de seres microscópicos que se encuentran cumpliendo distintas actividades.

#### **a. Bacterias del ácido láctico.**

*Lactobacillus plantarum*, *lactobacillus casei*, *Streptococcus lactics*. Los azúcares y otros carbohidratos de las bacterias fotosintéticas y las levaduras son convertidos en ácidos por las bacterias del ácido láctico. Esta es la razón por la que las bacterias del ácido láctico se han utilizado durante mucho tiempo para producir ciertos alimentos y bebidas, como el yogur y el queso. Fuerte desinfectante es el ácido láctico. Al hacerlo, ayuda a solubilizar la cal y el fosfato de roca 11, combate los microorganismos dañinos como *Fusarium sp.* y acelera la descomposición de la

materia orgánica. Por otro lado, las bacterias del ácido láctico promueven la fermentación de materiales como la celulosa y los troncos, evitando daños similares a los que resultan cuando estos materiales comienzan a descomponerse.

#### b. Bacterias Fotosintéticas.

Son un grupo de microorganismos autótrofos facultativos, principalmente especies de *Rhodospseudomonas palustris* y *Rhodobacter sphaeroides*. Como fuente de carbono, este grupo utiliza compuestos orgánicos producidos por los exudados de las raíces de las plantas, y obtiene energía del sol y la energía calorífica del suelo (Su, Tan, & Li, 2017)

*R. palustris*, una bacteria fototrófica facultativa categorizada como una bacteria que no es púrpura de azufre, es una de las bacterias fotosintéticas que componen los EM. Esta especie es capaz de producir aminoácidos, ácidos orgánicos, hormonas, vitaminas y azúcares, todos los cuales pueden ser utilizados por los microorganismos heterótrofos para su crecimiento (Feijoo, 2016)

#### c. Levaduras.

Sintetizar sustancias antimicrobiales, aminoácidos y azúcares secretados por bacterias fotosintéticas. Estas son benéficas para el crecimiento de las plantas y sus raíces. Las sustancias bioactivas, como las hormonas y las enzimas, producidas por las levaduras, promueven la división activa de células y raíces; estas secreciones también son sustratos útiles para microorganismos eficaces como las bacterias lácticas y actinomicetos, (Quispe, 2013)

Debido a que producen antibióticos (que tienen efectos tanto biostáticos como biocidas), actúan como antagonistas de numerosas bacterias y hongos patógenos de plantas. Tanto las micorrizas como las axobacter se benefician de su crecimiento y actividad. Son un grupo considerable de bacterias grampositivas que normalmente forman filamentos para crecer, dándoles una estructura a medio camino entre la de las bacterias y la de los hongos. Producen compuestos antimicrobianos a partir de aminoácidos y azúcares elaborados por bacterias que realizan el crecimiento fotosintético y a partir de materia orgánica. Estos compuestos antimicrobianos inhiben hongos

dañinos y bacterias patógenas. Tanto las bacterias fotosintéticas como los actinomicetos pueden coexistir. Como resultado, ambas especies impulsan la actividad microbiana, lo que a su vez mejora la calidad del suelo (Cabrera Condori, 2015).

*Aspergillus* y *Penicillium*, dos hongos de los géneros *Aspergillus* y *Penicillium* que crecen de manera natural en un gran número de productos agrícolas, como es el caso de los cereales, café, especias, frutos secos, aceitunas, uva, higos, cacao y sus derivados. Después de los cereales, la uva y el vino son la segunda fuente de ingesta de OTA. Las especies de *Aspergillus* que pertenecen a la sección *Nigri*, en particular *A. carbonarius* y las especies que pertenecen al agregado de *Aspergillus niger* se han identificado como las principales fuentes de contaminación de OTA en vino. El hecho de que se aíslen de la uva un mayor número de cepas ocratoxigénicas de la especie *A. carbonarius* y que además éstas presenten unos niveles de producción de OTA más elevados, hace que se considere a *A. carbonarius* como el mayor responsable de la contaminación de OTA en uva y sus derivados (Crespo-Sempere, 2012)

## **8.8. Elaboración del compost**

El compostaje es el proceso de transformación aeróbica de la materia orgánica, que es llevado a cabo por diversos agentes microbianos, como bacterias y hongos, así como por factores químicos y biológicos que afectan el metabolismo, con el fin de acelerar la descomposición de los residuos vegetales utilizados (Bohorquez Santana, 2019)

### **8.8.1. Compostaje aeróbico**

Se distingue por el predominio del metabolismo respiratorio aeróbico, la alternancia de etapas mesotérmicas (10 a 40 °C) y termogénicas (40 a 75 °C), y la participación de microorganismos mesófilos y termofílicos, respectivamente. Las altas temperaturas que resultan de la relación superficie-volumen de las pilas o crestas y la actividad metabólica de los diversos grupos fisiológicos involucrados en el proceso. Los efectos sintróficos y la nutrición cruzada se establecen

durante el proceso de sucesión natural de poblaciones de microorganismos (quimioheterótrofos y quimioautótrofos), que difieren en sus características nutricionales.

Además, es importante recordar que las condiciones ambientales adecuadas para el proceso de compostaje están íntimamente relacionadas con el metabolismo de los microorganismos que son esenciales en sus distintas etapas (Bohorquez Santana, 2019).

#### **8.8.1.1. Etapa de latencia**

En cuanto a la temperatura del material inicial, es la etapa inicial, desde la formación de la pila hasta que se aprecian aumentos de temperatura. El material ingresa al proceso de compostaje en esta notoria etapa. Puede pasar desapercibido si el material ya tiene un periodo de recogida. La duración de esta etapa varía mucho dependiendo de una amplia gama de variables. Si el balance C/N, el pH y la concentración parcial de oxígeno son precisos, la temperatura ambiente y, lo que es más importante, la cantidad de biomasa microbiana que contiene, también lo serán (Álvarez-Palomino, Vargas-Bayona, & García-Díaz, 2018).

#### **8.8.1.2. Etapa mesotérmica**

En esta etapa se destacan las fermentaciones facultativas de la microflora mesófila, que tiene lugar entre (10-40 °C), y se dan junto con oxidaciones aeróbicas (respiración aeróbica). Mientras se mantienen las condiciones aeróbicas, actúan Euactinomicetes (aerobios estrictos), lo cual es crucial para su capacidad de producir antibióticos. Además, los compuestos reducidos de azufre, fósforo y otros elementos sufren procesos de nitrificación y oxidación. temperatura. La falta de disipación de calor provoca un aumento aún mayor y fomenta el crecimiento de la microflora termófila que ya está presente en los desechos, pero está latente. La duración de esta etapa es errática y depende de una amplia gama de variables (Álvarez-Palomino, Vargas-Bayona, & García-Díaz, 2018).

### **8.8.1.3. Etapa termogénica**

En virtud de la acción de los bacilos termófilos y los actinomicetos, entre los que también se establecen relaciones de tipo sintrófico, la microflora mesófila es reemplazada por la termófila en el rango de temperatura de (40-75oC). En este punto, la mayoría de los componentes biológicos nocivos, como los mesófilos patógenos, los hongos, las esporas, las semillas y los organismos indeseables, normalmente se han eliminado.

### **8.8.1.4. Etapa mesotérmica**

La disminución de la temperatura comienza cuando se agotan los nutrientes y desaparecen los termófilos. El desarrollo de microorganismos mesófilos, que utilizan los materiales más resistentes a la biodegradación, como la celulosa y la lignina aún presentes en las pilas, como nutrientes, ocurre cuando se encuentra a temperaturas iguales o inferiores a 40°C. Esta fase se conoce típicamente como la fase de maduración (Guerrero, 1993; citado por López, 2013).

## **8.8.2. Compostaje anaeróbico**

La digestión anaeróbica es un proceso que ocurre solo en las instalaciones de eliminación de desechos, pero debido a que es un proceso lento, debe usarse como un biorreactor para acelerar la degradación ajustando los factores clave, disminuido en calidad. El compost anaeróbico tiene ventajas e inconvenientes. Entre las ventajas podemos decir que se requiere de mayor infraestructura para su implementación, es factible la recuperación y uso de biogás y como desventajas sus costos de operación más elevados, baja demanda de la composta por desconocimiento de sus ventajas, la calidad de la composta puede no ser aceptable si se elabora sin control de contenidos extraños y rechazo a la forma de desarrollar el compostaje (López P. , 2013).

## **8.8.3. Calidad del compost**

Es necesario comparar la calidad del compost con la normativa vigente, que marca los rangos dentro de los cuales debe estar el material compostable y el producto terminado (compost) para ser

utilizado de manera efectiva. La heterogeneidad de la mezcla inicial (residuos), así como las posibles variaciones estacionales en su composición, hacen que estos parámetros oscilen generalmente dentro de ciertos rangos, afectando la calidad del compost final. Estas variables incluyen cosas como el pH, la relación carbono-nitrógeno, el contenido de oxígeno, la temperatura, la humedad y otras (Uribe, 2003). Como acondicionador orgánico natural, el compost mejora las características físicas, químicas y biológicas de los suelos a largo plazo. También aumenta la porosidad, reduce la densidad aparente, solidifica la estructura y la consistencia, aumenta la capacidad de intercambio de cationes, aumenta la capacidad de amortiguamiento, aumenta la concentración de nutrientes y estimula la actividad biológica del suelo (Bohórquez, Puentes, & Menjivar, 2014).

### **8.9. Criterios según la Organización Mundial de la Salud**

Los criterios de aptitud del compost como abono orgánico según la Organización Mundial de la Salud (OMS) corresponde a un contenido de humedad de 30 a 50%, pH de 6 a 9, tamaño de partículas entre 2 a 10 mm, materia orgánica de 25 a 50%, carbono de 8 a 50%, nitrógeno entre 0.4 a 3.5%, fósforo de 0.3 a 3.5%, potasio de 0.5 a 1.8%, como criterios generales de calidad. Los límites de concentración de metales pesados en el compost final. En el plomo es de 200 a 400 mg/kg y cadmio puede variar de 15 a 40 mg/kg. (ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD OMS, 1985).

### **8.10. Generación de Biomasa**

Aunque la cantidad de residuos que producen los hogares varía mucho y está fuertemente influenciada por los patrones de consumo y el crecimiento económico (patrones de producción), en general, los residuos orgánicos constituyen la mayor parte de los residuos sólidos domiciliarios. La mayoría de las sociedades contemporáneas están creciendo sin gestionar eficazmente todas las presiones ambientales que se ejercen sobre su entorno. Este desarrollo ha estado marcado por procedimientos y acciones que implican la generación de una cantidad considerable de residuos, en su mayoría orgánicos. La Política de Gestión de Residuos establece que se entiende por



aprovechamiento el conjunto de etapas posteriores de un proceso cuando la materia prima es un desecho, en el entendido de que el procesamiento se realiza con el fin económico de valorizar el desecho u obtener un producto o subproducto aprovechable (Vargas, Buzón, Vergara, & Molina, 2011).

### **8.11. Origen de la biomasa**

Cualquier material orgánico se puede compostar, lo que significa que se puede convertir en compost, lo que significa que las partes y los desechos de cualquier ser vivo se pueden compostar. Productos similares hechos de materiales como papel, cartón, cabello, cuero, huesos, ramas, flores y similares también pueden transformarse de esta manera, al igual que las aguas residuales y sus lodos. Otros materiales que se pueden transformar de esta forma son los residuos orgánicos de cocina, los residuos orgánicos domésticos y municipales, así como los residuos orgánicos de árboles y otras plantas. También se aceptan plásticos, metales, vidrio, latas y otros materiales. Los materiales que no se pueden compostar son aquellos cuya estructura química no se puede cambiar fácilmente por las enzimas de los seres vivos que actualmente habitan el planeta (Vargas, Buzón, Vergara, & Molina, 2011)

Actualmente, se está haciendo un esfuerzo para encontrar una solución a este problema mediante la implementación de la Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS), de la cual una parte integral de los procesos va desde: la separación en la fuente (orgánicos, reciclados e inútiles), hasta la transformación de aquellos que permitan este proceso, o la disposición final de aquellos que no puedan ser reciclados. Se han buscado usos alternativos ambientalmente ventajosos a la separación en la fuente, como el proceso de reciclaje para convertir los desechos sólidos orgánicos nuevamente en materia prima (Vargas, Buzón, Vergara, & Molina, 2011).

La producción de residuos sólidos domiciliarios y no domiciliarios se realiza sin clasificación ni separación por tipo de residuos, tales como papel, cartón, plásticos, vidrios, metales y otros. Esta deficiencia presenta una oportunidad para implementar un plan de capacitación para segregar por tipo de residuos en la fuente de generación, lo que optimizaría los recursos implementando la

reutilización que se propone en la presente investigación; esta actividad ya se realiza en algunas localidades vecinas como en Ayaviri-Melgar (Limachi, 2015).

### **8.12. Infraestructura necesaria para el proceso**

Es fundamental contar con un espacio dedicado a la producción de compost; este espacio debe estar cerca del lugar donde se generan los desechos vegetales y/o animales y ser de fácil acceso para facilitar su transporte. Para evitar demasiada humedad en las pilas de compost y la pérdida de nutrientes solubles en agua, las instalaciones también deben tener un piso sólido y estar cubiertas durante la temporada de lluvias. Un piso de cemento y un techo son opciones para las instalaciones. Con un piso firme, bien compactado y plástico colorido para cubrir las camas de la lluvia, también pueden tener instalaciones mucho menos costosas. Dependiendo del tipo de residuo a tratar, el sistema de túneles intensivos en estática tiene dimensiones variables de 4 m de alto, 5 m de ancho y 20 m de largo. El sistema cerrado tiene la ventaja de controlar los gases y los olores desagradables, pero el inconveniente son los elevados costes de instalación (Suárez Rivadeneira, 2020).

### **8.13. Parámetros del proceso de compostaje**

Todos aquellos elementos que puedan restringir su desarrollo también restringirán el proceso en sí mismo porque los microorganismos impulsan la transformación en un proceso de compostaje. Hay una serie de requisitos previos que deben cumplirse para que esta transformación se produzca en ambientes controlados (aeróbicos y termofílicos), y estos requisitos previos no son otros que los necesarios para que se desarrollen los microorganismos. La acción de los microorganismos, que son los encargados de completar con éxito el compostaje, se ven directamente impactados por estos parámetros, por lo que deben mantenerse durante todo el proceso. La temperatura, la aireación, la humedad, el pH y la relación carbono/nitrógeno (C/N) se encuentran entre los 19 parámetros principales (Vera Rojas, 2018).

### **8.13.1. Temperatura**

Es un factor crucial en la producción de fertilizantes orgánicos porque las temperaturas extremadamente bajas son insuficientes para matar bacterias, hongos, semillas e huevos de insectos, mientras que las temperaturas extremadamente altas pueden desnudar las proteínas y las enzimas requeridas por los microorganismos termofílicos. La temperatura ideal durante las etapas iniciales de fermentación no debe ser superior a 60 ° C, donde los actinomicetos y las bacterias termofílicas descomponen la celulosa y otros materiales ricos en carbono. Esta temperatura debe disminuir gradualmente para permitir la aparición de otros microorganismos en descomposición que la llevarán a través del proceso de mineralización y a la temperatura ambiente de la ubicación (López O. , 2006), citado por (Vera Rojas, 2018).

Dado que se ha establecido que pequeñas variaciones de temperatura tienen un mayor impacto en la actividad microbiana que pequeños cambios de humedad, pH o C/N, la evolución de la temperatura sirve como una excelente representación del proceso de compostaje. Dado que existe una correlación directa entre la temperatura y el grado de degradación de la materia orgánica, la eficiencia y el nivel de estabilización alcanzado por el proceso pueden ser evaluados por la evolución de la temperatura. El proceso de descomposición aeróbica pasa por tres fases: la fase mesófila inicial (T45oC); la fase mesófila final; y el proceso se considera completo una vez que se alcanza de nuevo la temperatura inicial. Para los microorganismos mesófilos y termófilos, respectivamente, el rango de temperatura óptimo es de 15 a 40 °C y de 40 a 70 °C, respectivamente. Cada especie de microorganismo tiene un rango similar (Moreno, 2008).

### **8.13.2. Aireación**

La aireación sirve para proporcionar oxígeno para la degradación microbiana, regular la temperatura y secar la materia orgánica durante el proceso de compostaje. Una mala aireación en las pilas de compostaje crea las condiciones ideales para el comienzo de la fermentación anaeróbica o degradación basada en la putrefacción. Cuando aparecen olores desagradables o un fuerte olor a amoníaco, esta condición puede identificarse (APROLAB, 2007).

El mismo autor menciona que se debe agregar una cierta cantidad de material grueso para garantizar una aireación adecuada. Cuando el residuo es demasiado denso ( $> 700 \text{ kg/m}^3$ ) y no se consigue una libre circulación de aire, se deben añadir materiales gruesos específicamente para estructurar la pila.

### **8.13.3. Humedad**

Uno de los elementos más cruciales que afecta cómo reaccionan bioquímicamente todas las células de los microorganismos involucrados es la temperatura. Cada proceso metabólico se acelera a medida que aumenta la temperatura, y esto tiene un impacto directo en la rapidez con la que se descompone la materia orgánica hasta llegar a un punto crítico y ralentizar el proceso. Esto se debe principalmente a la desnaturalización de las proteínas, lo que impide que todos los microorganismos involucrados se metabolicen normalmente. El proceso de compostaje tiene tres fases de temperatura distintas: la fase mesófila, donde las temperaturas pueden alcanzar hasta  $45^\circ\text{C}$ ; la fase termófila, donde las temperaturas superan los  $45^\circ\text{C}$ ; y la fase de enfriamiento, donde las temperaturas descienden a temperatura ambiente. (Bohorquez Santana, 2019)

### **8.13.4. pH**

Para un buen compostaje el valor óptimo está entre 6.5 y 8.0. Si el proceso de descomposición no es adecuado, el pH puede disminuir a valores entre 4 a 5, retrasándose el proceso (Sternz, 1999), citado por (Vera Rojas, 2018). La gran mayoría de los microorganismos no pueden crecer en ambientes con un pH inferior a 5,5 (ácido) o superior a 9,5 (alcalino). A este nivel, precipitan los nutrientes críticos del medio que no son accesibles a los microorganismos. A diferencia de los hongos, que prosperan en medios ligeramente ácidos, las bacterias prefieren un entorno casi neutro. Durante el proceso de enfriamiento, el nivel de pH disminuye ligeramente, cayendo a un rango de 6 a 7 en el compost maduro (Jaramillo & Zapata, 2008), citado por (Vera Rojas, 2018).

### **8.13.5. Relación Carbono/Nitrógeno**

El carbono y el nitrógeno son esenciales para la nutrición de todos los seres vivos, y estos dos elementos deben estar presentes en las proporciones adecuadas en el compost para que funcione correctamente. Los microorganismos del compost utilizan el carbono como energía y el nitrógeno para producir proteínas. Para que el compostaje sea efectivo, la relación C/N ideal es entre 25 y 35 partes de C por 1 parte de N. Debido a la relación extremadamente alta, el proceso prolongado, el aumento de temperatura insuficiente y la pérdida de carbono adicional en forma de dióxido de carbono bajo, que eventualmente se convertirá en amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), se perderá el carbono adicional. Estos problemas surgirán si hay una cantidad excesiva de carbono en el material de partida. Para cuando se complete el compostaje, la relación C/N habrá caído a un valor entre 12 y 8 (Rodríguez, 2012).

### **8.14. Sistemas de Compostaje**

Los sistemas de compostaje se pueden dividir en sistemas abiertos y sistemas cerrados según varias características, incluida la complejidad, el grado de control del proceso y la estrategia de ventilación. En los sistemas de compostaje cerrados, el proceso se realiza en reactores, contenedores o digestores. Estos sistemas tienen la ventaja de brindarle más control sobre las condiciones del proceso, necesitando menos espacio para construir sus instalaciones, compostando relativamente más rápido y sin emitir olores desagradables. Sin embargo, con frecuencia se vuelven financieramente inviables debido a sus altos costos iniciales y continuos (Vera Rojas, 2018).

Los sistemas de compostaje abiertos tienen filas, pilas o mesetas donde se organizan los materiales que se van a compostar. Dinámico y estático son las dos categorías. Los sistemas dinámicos dan la vuelta a las pilas a intervalos regulares para airearlas, pero debido a que las pilas se giran lateralmente, se requiere más espacio que con otras técnicas. También se debe señalar el hecho de que este sistema es menos efectivo para neutralizar patógenos que los métodos estáticos. En los sistemas estáticos ventilados, el material compostable se coloca en una serie de tubos perforados conectados a un sistema que aspira o sopla aire a través de la pila. La ventilación controlada

promueve la actividad de los microorganismos involucrados en el compostaje, lo que resulta en una rápida transformación de los residuos de compostaje (4 a 8 semanas) (Moreno, 2008), citado por (Vera Rojas, 2018).

#### **8.14.1. Compostaje en pilas con volteo**

La "pala delantera" ha sido el método más básico y más utilizado para voltear las pilas de compost desde el principio y durante muchos años. Continúan siendo ampliamente utilizados en sistemas de pequeña escala para el procesamiento de estiércol animal y residuos agrícolas. El "cargador frontal" ha sido sustituido paulatinamente en procesos industrializados y de mayor envergadura por maquinaria específicamente creada para la aireación y/o volteo mecánico de biomasa, disponible en una amplia gama de sistemas, diseños y dimensiones (Docampo A.D.R., 2013)

#### **8.14.2. Compostaje en canales**

En el sistema se agregan continuamente nuevos residuos y en el otro extremo del canal se obtiene el compost terminado. El material a compostar se vierte en los canales largos de sección rectangular en su inicio. Estos canales cuentan con un sistema de inyección de aire, al igual que los pilotes estáticos. El material es homogeneizado y forzado a avanzar a lo largo del canal al ser rotado regularmente por un dispositivo de giro que se desplaza a lo largo de unos rieles en la parte superior de las paredes del canal. El tiempo que el material permanece en la flauta depende de cuántas pasadas haga la máquina de torneado. Se debe establecer la periodicidad del volteo para que la etapa de descomposición se considere completa una vez al final del cauce (Moreno, 2008), citado por (Vera Rojas, 2018).

#### **8.14.3. Compostaje en túneles**

La liberación de gases de biomasa durante el compostaje puede controlarse más estrechamente en sistemas cerrados debido a los entornos confinados. Estos son particularmente útiles durante las etapas iniciales del proceso de compostaje. Menos dependencia de los efectos climáticos, la baja dispersión de biomasa en el vecindario y una reducción de daños ambientales potenciales son solo

algunos de sus beneficios. Esto se debe principalmente a que el manejo de emisiones gaseosas hace posible mitigar estos efectos. (Docampo A.D.R., 2013)

### **8.15. Tipo de proceso de compostaje**

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

#### **8.15.1 Compostaje tradicional**

Refiriéndose al método artesanal de hacer compost, los desechos se juntan en montones de diferentes tamaños, y se utilizan herramientas como rastrillos, palas y picos para voltear los montones mientras se seleccionan desechos inertes como plásticos, vidrio, cintas y otros artículos cotidianos. Dependiendo de la estructura del material a compostar, la degradación se realizará de forma gradual de acuerdo con su proceso natural (Vanegas Arévalo, 2018)

#### **8.15.2. Compostaje mecanizado**

Este tipo de compostaje utiliza equipos y maquinaria para acelerar la producción, producir compost de mayor calidad y reducir los costos de mano de obra. Cintas transportadoras, volteadores mecanizados tirados por tractores y trituradoras que reducen el tamaño de los componentes de los residuos orgánicos para una degradación más uniforme y rápida pueden utilizarse para separar los residuos inertes de la materia prima a compostar. Dado que solo se requiere una persona, este equipo permitirá un giro más uniforme y requerirá menos trabajo. Utilice la máquina de torneado. El desarrollo de esta práctica se ha visto favorecido en gran medida por el uso de maquinaria en el compostaje (Vanegas Arévalo, 2018).

### **8.16. Composición química del compost**

Los 13 componentes químicos que las plantas deben tomar del suelo para sobrevivir; cada componente se clasifica en función de su prevalencia en la composición de la planta y la cantidad

que suele estar presente. La cantidad de nitrógeno (N) que está disponible para las plantas en los fertilizantes está significativamente influenciada por su composición (Li & Li, 2014).

### **8.17. Ventajas del compost**

Según (APROLAB, 2007), citado por (Vera Rojas, 2018) menciona que el compost presenta las siguientes ventajas como tener un suelo con mejores propiedades físicas. Al reducir la densidad aparente, aumentar la porosidad y la permeabilidad y estabilizar la estructura de los agregados, la materia orgánica aumenta la capacidad del suelo agrícola para retener el agua. Los suelos se vuelven más porosos a medida que aumenta la retención de agua, como también mejora las propiedades químicas. Aumenta la capacidad de intercambio catiónico (C.) y las cantidades de los macronutrientes N, P y K. I. C.) y actúa como fuente y zona de almacenamiento de nutrientes para las plantas, cabe mencionar que incrementa la actividad biológica del suelo. El humus proporciona soporte y alimento a los microorganismos porque es consumido por ellos y ayuda a su mineralización y finalmente la población microbiana sirve como indicador de la fertilidad del suelo.

### **8.18. Antecedentes investigativos**

(Santiago, Martínez, & Padilla, 2017), realizó un estudio sobre el nivel de conciencia de la población de Arandas, Jalisco, con el objetivo de determinar el índice de disposición que se tiene para la separación de residuos en el hogar; los resultados fueron muy satisfactorios, y se concluyó que la población arandense se preocupa por la conservación del medio ambiente y que existe muy buena disposición para la separación de la basura en el hogar. Además, afirma que la separación de los residuos de la fuente es el primer paso para resolver el problema de la basura, pero que esto no tiene sentido en ausencia de un sistema de post-tratamiento que funcione.

(Vásquez, 2008), En la tesis Producción de cuatro tipos de biofertilizantes como alternativa biotecnológica para el aprovechamiento de residuos orgánicos para la fertilización de suelos en el municipio de Riobamba - Ecuador - 2008, (Escuela Politécnica de Chimborazo), el objetivo general fue: Producir cuatro tipos de biofertilizantes a partir de residuos orgánicos para fortalecer los suelos



del municipio de Riobamba como alternativa biotecnológica, indica que la composta presentó los mejores resultados en los análisis físico-químicos de los biofertilizantes, con valores de pH, por ciento M.O, N, P, K y relación C/N dentro de rangos ideales para su uso agronómico, también indica que después de aplicar el compost, el contenido de fósforo del suelo midió 108 punto 41 ppm, lo que se considera excelente en la escala de este elemento. El fósforo juega un papel crucial en la biología porque se encuentra en estructuras complejas como el ADN y el ARN que, al contener y codificar información genética, regulan todos los procesos biológicos en las plantas y los microorganismos que habitan en el suelo.

(Guerrero, 1993), La composta es un abono orgánico compuesto que se puede utilizar para enriquecer y revitalizar nuestros suelos, según el estudio de la UNALM de 1993 sobre el tema. Dice que la Estación Experimental Agropecuaria "La Molina", en Perú, comenzó a realizar pruebas sobre la eficacia de la composta en 1940, utilizando varios tipos de cultivos. No fue hasta 1951 que se iniciaron una serie de experimentos mejor pensados utilizando dosis crecientes de compost (10, 20, 30 y 40 TM/Ha) en los principales cultivos hortícolas: repollo, lechuga y maíz. La Universidad Nacional Agraria La Molina produce anualmente unas 3.923 tm de residuos sólidos.

## **9. PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS**

**Ho.** Los diferentes tipos de biomasa vegetal no son transformados en abono orgánico mediante el proceso de compostaje.

**Ha.** Los diferentes tipos de biomasa vegetal son transformados en abono orgánico mediante el proceso de compostaje.

## 10. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 10.1. Ubicación del ensayo

La investigación tuvo una duración de 120 días, tiempo durante el cual se evaluó la composición química y transformación de la biomasa vegetal en abono orgánico. La investigación se realizó en el centro experimental “Sacha wiwa” que se encuentra ubicado en la parroquia Guasaganda, provincia de Cotopaxi de propiedad del colegio Jatan Unanchi y cuyo representante legal es el padre José Manangón. Las condiciones del clima, características de la zona donde se llevó a cabo el ensayo se detallan a continuación:

### 10.2. Condiciones agrometeorológica

**Tabla 2.** Condiciones climáticas del lugar de estudio

PARÁMETROS	PROMEDIOS
Altitud (m.sn.m)	503.00
Temperatura (°C)	22
humedad relativa (%)	88
precipitación anual (mm/año)	2761
Heliofanía (horas-luz/año)	570
Evapotranspiración (mm/año)	744

**Fuente:** Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI. 2020)

**Elaborado por:** Mena (2023).

### 10.3. Tipo de investigación

#### 10.3.1. Investigación bibliográfica

Mediante la investigación bibliográfica fue posible establecer el manejo técnico del proceso de transformación de la biomasa vegetal a través del compostaje en abono orgánico.

#### 10.3.2. Investigación descriptiva

Permitió describir de manera técnica y detallada los efectos en el proceso de transformación de la biomasa, registrando de manera conceptual y estadística los resultados de las variables evaluadas.

### 10.3.3. Investigación analítica

Se utilizó este tipo de investigación para analizar diferentes hipótesis y refutar las evidencias planteadas en torno a la transformación de la biomasa por medio del compostaje, de esta manera la investigación analítica estableció la relación entre un conjunto de variables y los resultados en base a los diferentes tratamientos evaluados.

### 10.3.4. Investigación de campo

La investigación de campo se empleó mediante las diferentes actividades realizadas en el proceso de compostaje, recolección de residuos vegetales, recopilación de datos experimentales de las variables evaluadas. La investigación de campo permitió obtener datos reales y estudiarlos tal como se presentaron, es decir sin manipular las variables en las que se obtuvo datos exactos y verificados que aportaron los resultados de la investigación.

## 10.4. Materiales y equipos

En el desarrollo de la investigación se utilizó los siguientes insumos, materiales y equipos:

**Tabla 3.** Materiales e insumos a utilizados

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>
Machete	2
Bomba de aspersión	1
Estacas	80
Rastrillo	1
Flexómetro (50 m)	1
Cinta métrica	1
Balanza (30 kg)	1
Regadera	1
Piola	1
Residuos vegetales (kg)	600
Termómetro	1
pH metro	1
Conductivímetro	1

Elaborado por: Mena (2023).

## 10.5. Tratamientos

Los tratamientos evaluados estuvieron conformados por las siguientes especies residuos de cacao (*Theobroma cacao*), pasto de corte (*King grass*), pasto de pastoreo (*Brachiaria decumbens*) y forrajera (Botón de oro).

## 10.6. Diseño experimental

Se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con cuatro tratamientos y cinco repeticiones, de cada tratamiento se registraron los datos para cada variable en estudio. Para la tabulación de datos de campo se utilizó el paquete informático Microsoft Excel y para el análisis estadístico el software Infostat versión estudiantil, con el método de Tukey al 5% de probabilidad.

## 10.7. Esquema del Experimento

Para esta investigación se utilizó cuatro tratamientos los mismos que estaban compuestos por diferentes residuos vegetales, cinco repeticiones, con una unidad experimental cada tratamiento. Como se muestra en la tabla 5.

**Tabla 4.** Esquema del experimento

TRATAMIENTOS	REPETICIONES	UE	TOTAL
T1: Residuos de cacao	5	1	5
T2: Residuos de pasto de corte	5	1	5
T3: Residuos de pasto de pastoreo	5	1	5
T4: Residuos de forrajera	5	1	5
TOTAL			20

Elaborado por: Mena (2023).

## 10.8. Análisis de varianza

En la Tabla 6 se muestra el esquema del análisis de varianza de los cuatro tratamientos y cinco repeticiones, dándonos un error experimental de 12.

Tabla 6. Tabla 5. Esquema del análisis de varianza

Fuente de Variación		Grados de Libertad
Repeticiones	(r-1)	4
Tratamientos	(t-1)	3
Error experimental	(r-1) (t-1)	12
<b>Total</b>	<b>(r.t-1)</b>	<b>19</b>

Elaborado por: Mena (2023).

## 10.9. Variables evaluadas

### 10.9.1. Composición química de la biomasa

Para la evaluación de los parámetros químicos de la biomasa, se procedió a tomar una muestra representativa de cada uno de los tratamientos conformados por los diferentes residuos vegetales (cacao, pasto de pastoreo, pasto de corte y pasto forrajera), la cual será enviada al laboratorio para su respectivo análisis.

### 10.9.2. Volumen de la biomasa en proceso de transformación

Esta variable se tomó cada 8 días, midiendo la altura de la biomasa en la cama, para valorar el volumen de la materia orgánica en descomposición. Esta medida se tomó con la ayuda de un flexómetro y se registró en cm. Aplicando la fórmula

$$V = L \times A \times P$$

donde V= Largo de la cama,

A ancho de la cama

P profundidad de la pila de compostaje.

### **10.9.3. Temperatura de la biomasa**

La lectura se tomó cada 8 días, con la ayuda de un termómetro de interiores en la biomasa de cada tratamiento. Los valores se registraron en °C.

### **10.9.4. pH del compost**

Utilizando un pH metro, se midió el pH del compost en la mitad de la pila de compostaje cada 8 días. Dicho valor se expresa en unidades de pH con un rango de 0 a 14.

### **10.9.5 Conductividad eléctrica**

Este dato se tomó al finalizar el proceso de compostaje de la biomasa. Se utilizó un conductivímetro y se procedió a tomar la medida en cada uno de los tratamientos.

### **10.9.6 Cantidad de compost procesado**

Este dato se obtuvo al finalizar la investigación, cuando el compost esté listo. Se pesó el compost de cada tratamiento utilizando una balanza y sus datos se registraron en kilogramos.

### **10.9.7 Análisis económico**

El análisis económico se efectuó en base a los costos de producción y se estableció el beneficio económico correspondiente. Utilizando la siguiente fórmula:

$$\mathbf{IB= Y * PY}$$

En donde:

**IB:** Ingreso Bruto

**Y=** Producto

**PY**= Precio del producto

Los costos totales se obtuvieron a partir de la suma de los costos fijos (semillas, insumos, jornales, etc) y los costos variables mediante la siguiente fórmula:

$$\mathbf{CT = X + PX}$$

En donde:

**CT**= Costos totales

**X**= Costos fijos

**PX**= Costos variables

Para calcular el beneficio neto de los tratamientos se resta el beneficio bruto de los costos totales de cada uno de los tratamientos usando la fórmula:

$$\mathbf{BN = IB - CT}$$

En donde:

**R**= Relación

**B**= Beneficio

**C**= Costo

## 11. MANEJO DEL ENSAYO

### 11.1. Recolección de Residuos vegetales

Se hizo una recolección al inicio del ensayo de residuos de cacao (*Theobroma cacao*), pasto de corte (*King grass*), pasto de pastoreo (*Brachiaria decumbens*) y la forrajera (Botón de oro). Estos residuos fueron obtenidos del centro experimental Sacha Wiwa.

### 11.2. Muestreo y Análisis químico de la biomasa

Se tomaron muestras al azar de cada uno de la biomasa vegetal en estudio. Se puso en fundas de papel, etiquetado y se envió al laboratorio para el respectivo análisis.

### 11.3. Elaboración de camas

Se elaboraron camas de 1m<sup>2</sup> utilizando materiales de la zona como caña guadua, plástico y protegidos bajo cubierta para cada uno de los tratamientos en estudio en el que se depositó los residuos vegetales.

### 11.4. Compostaje

En cada cama se procedió a colocar los residuos vegetales (pasto de corte, pasto de pastoreo, forrajera y cacao), leguminosas y estiércol de acuerdo a cada proporción planteada en los tratamientos como se muestra en la tabla 4.

**Tabla 6.** Tratamientos en estudio

Tratamiento	Estiércol bovino	Leguminosa Canavalia	Residuo Cacao	Residuo pasto de corte	Residuo Pasto de pastoreo	Forrajera
T1	50 %	10 %	40 %			
T2	50 %	10 %		40 %		
T3	50 %	10 %			40 %	
T4	50 %	10 %				40 %

Elaborado por: Mena (2023).



### **11.5. Riego**

El riego en las camas de compostaje se realizó dependiendo del contenido de humedad de las mismas. Se utilizó una regadera y el riego se lo hizo en forma manual.

### **11.6. Cosecha del compost**

La cosecha del compost se lo realizó a los tres meses de descomposición una vez que la biomasa ha sido transformada completamente en abono orgánico.

## **12. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

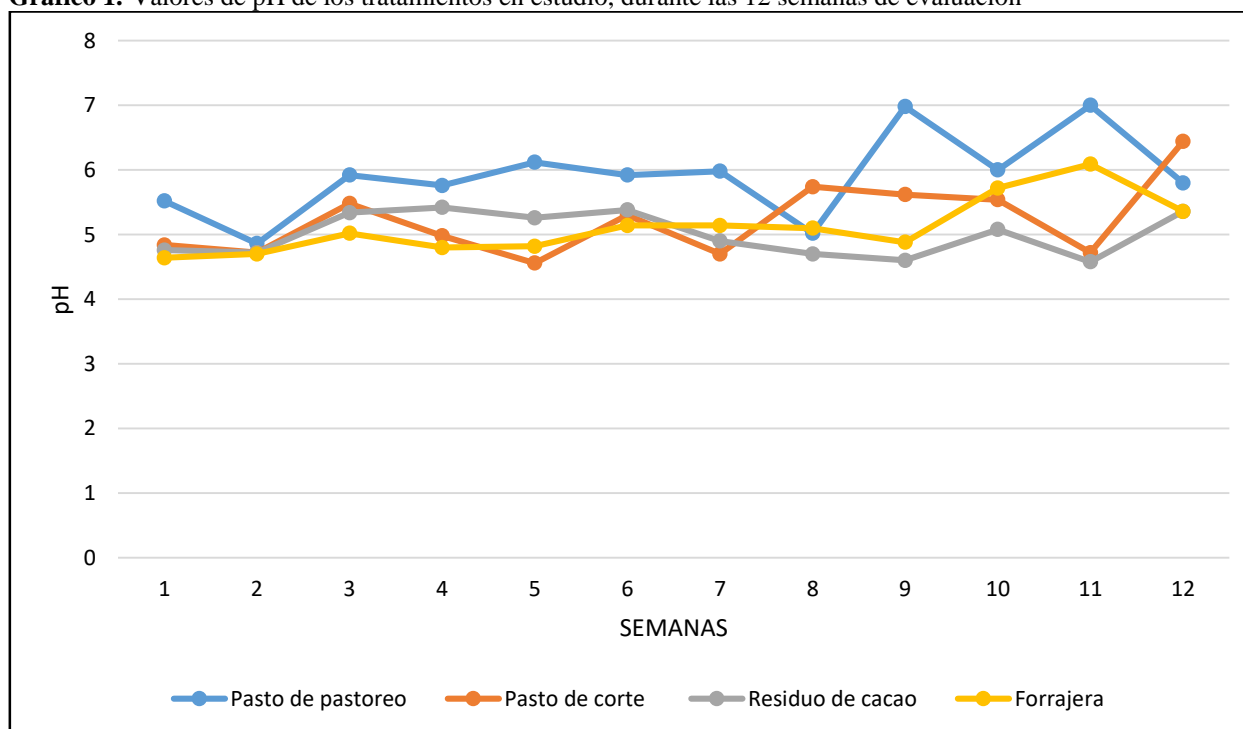
### **12.1. pH del compost**

En la tabla 7 se muestran los valores de pH evaluados durante las doce semanas que duró el compostaje, se puede evidenciar que durante las primeras cuatro semanas no hubo diferencias estadísticas significativas teniendo valores de pH que iban desde 4.64 hasta 5.92, mientras que conforme avanza el proceso de compostaje, como es el caso cuando utilizamos Pasto de corte en adquiere pH de 6.44 de igual forma sucede con el residuo de pasto de pastoreo y el pasto forrajero como se muestra en el Gráfico 1; esto concuerda con lo mencionado por (Carmona & Abad, 2008) en el que indica que en general mientras el proceso de compostaje avanza el valor de pH aumenta hasta valores entre 6.5 a 8 en la que utilizan residuos de mercado. En otro estudio Campos *et al.* (2016), mencionan que en los primeros 10 días, se registró un pH entre 4 y 6 en el compost, luego durante la segunda fase, en ambas cajas el pH medido varió entre 7,05 y 9,20; lo que se evidenció que estos aumentos se produjeron de manera progresiva durante la elaboración del compostaje.

**Tabla 7.** Valores de pH de los tratamientos en estudio, durante las 12 semanas de evaluación

Tratamientos					
Semanas	Pasto de pastoreo	Pasto de corte	Residuo de cacao	Residuo de Forrajera	CV (%)
1	5,52 a	4,84 a	4,76 a	4,64 a	13,81
2	4,86 a	4,72 a	4,72 a	4,70 a	7,36
3	5,92 a	5,48 a	5,34 a	5,02 a	14,93
4	5,76 a	4,98 a	5,42 a	4,80 a	12,86
5	6,12 a	4,56 b	5,26 a b	4,82 b	11,90
6	5,92 a	5,30 a	5,38 a	5,14 a	17,15
7	5,98 a	4,70 a	4,90 a	5,14 a	18,98
8	5,02 a	5,74 a	4,70 a	5,10 a	16,87
9	6,98 a	5,62 a	4,60 a	4,88 a	19,58
10	6,00 a	5,54 a	5,08 a	5,72 a	13,29
11	7,00 a	4,72 b	4,58 b	6,09 a	11,24
12	5,80 a	6,44 a	5,36 a	5,36 a	19,13

Elaborado por: Mena (2023).

**Gráfico 1.** Valores de pH de los tratamientos en estudio, durante las 12 semanas de evaluación

Elaborado por: Mena (2023).

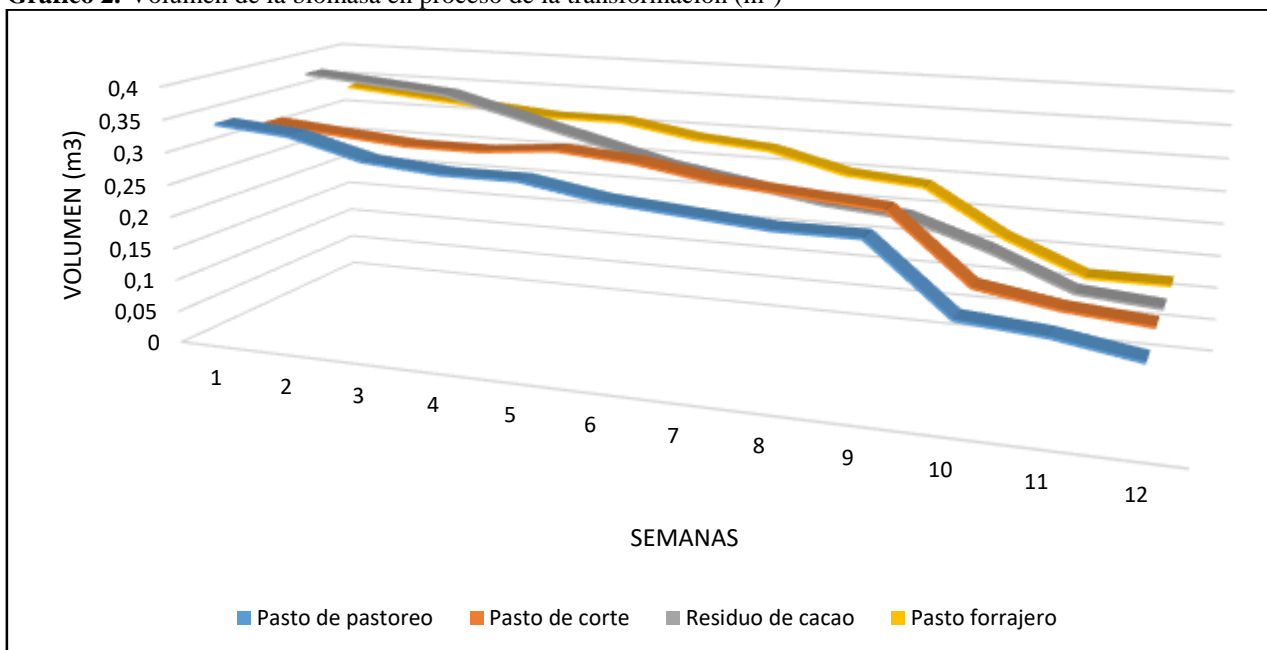
## 12.2. Volumen de la biomasa en proceso de transformación

En la tabla 8 se encuentran los valores obtenidos del volumen de la biomasa durante las 12 semanas en transformación con la prueba de tukey al 5%. Indicando que el volumen de la biomasa disminuye considerablemente al utilizar como residuo el pasto de pastoreo, pasto de corte, residuo de cacao y pasto forrajero los cuales en la primera semana tenía un volumen de 0.34 m<sup>3</sup>, 0.32 m<sup>3</sup>, 0.38 y 0.34 m<sup>3</sup> respectivamente, culminando en la semana 12 con un volumen bajo de 0,12 m<sup>3</sup>, 0,13 m<sup>3</sup> y 0.12 m<sup>3</sup> en los mismos tratamientos. Al analizar entre tratamientos podemos evidenciar que los residuos de cacao son los que presentan diferencias estadísticas significativas frente a los demás tratamientos mostrando mayor volumen de la biomasa, como se muestra en el Gráfico 2. Un similar efecto en la reducción de la biomasa en proceso de descomposición lo reportaron (Campos-Rodriguez, Brenes-Peralta, & Jiménez-Morales, 2016) quienes en sus tratamientos con residuos adicionando microorganismos de montaña se observó una reducción en la altura del sustrato un promedio de 2.5 cm. Y a su vez coincide con lo expuesto por (Borrero, Pacheco, Arias, & Campos, 2015) donde el tratamiento en proceso de descomposición redujo entre un 24% hasta un 36%.

**Tabla 8.** Volumen de la biomasa en proceso de la transformación (m<sup>3</sup>)

Semanas	Tratamientos				CV (%)
	Pasto de pastoreo	Pasto de corte	Residuo de cacao	Residuo de forrajera	
1	0,34 b	0,32 b	0,38 a	0,34 b	5,71
2	0,33 b	0,31 b	0,37 a	0,33 b	5,70
3	0,30 b	0,30 b	0,36 a	0,32 b	4,56
4	0,29 b	0,30 b	0,33 a	0,31 b	2,55
5	0,29 b	0,31 a	0,30 a b	0,31 b	3,30
6	0,27 ab	0,30 c	0,27 a	0,29 a	36,49
7	0,26 a b	0,28 a	0,25 a	0,28 a b	5,02
8	0,25 a b	0,27 a	0,23 a	0,25 a b	7,05
9	0,25 a	0,26 a	0,22 a	0,24 a b	5,74
10	0,15 a	0,16 a	0,18 a	0,17 a	9,24
11	0,14 a	0,14 a	0,13 a	0,12 a	10,41
12	0,12 a	0,13 a	0,12 a	0,12 a	11,12

Elaborado por: Mena (2023).

**Gráfico 2.** Volumen de la biomasa en proceso de la transformación (m<sup>3</sup>)

Elaborado por: Mena (2023).

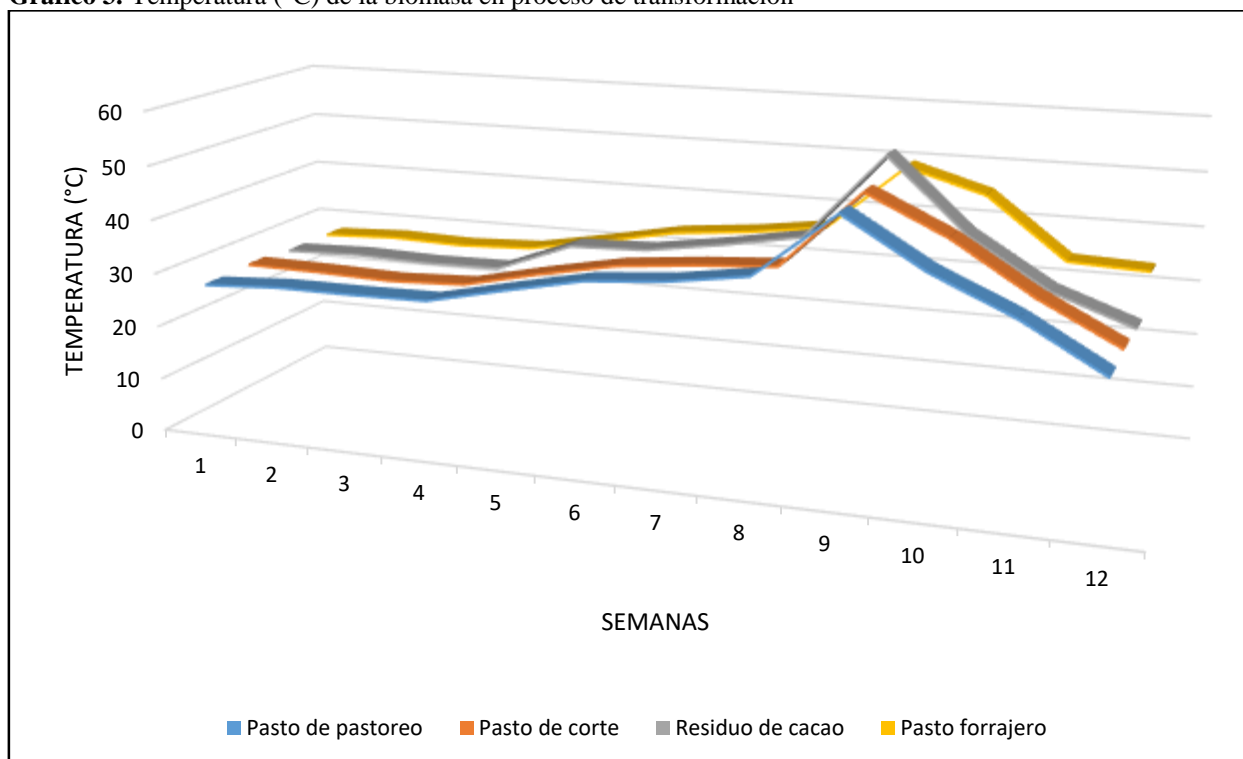
### 12.3. Temperatura de la biomasa en proceso de transformación

Respecto a la temperatura en el proceso de compostaje, en la Tabla 9 se registraron datos iniciales entre 27,20 °C y 27.80 °C en todos los tratamientos, con el pasar las semanas la temperatura fue incrementándose paulatinamente a tal punto que en la semana 9 se registró el valor más alto de temperatura en la fase termófila de la descomposición; también se puede evidenciar que los residuos de cacao generan mayor temperatura 54 °C. similares valores de temperatura (53 °C) registraron en ensayos utilizando microorganismos los autores (Campos-Rodriguez, Brenes-Peralta, & Jiménez-Morales, 2016). En general como se observa en el Gráfico 3 el periodo mesófilo duró cuatro semanas, el termófilo cinco semanas y el enfriamiento tres semanas. A diferencia de lo reportado por (Azurduy, Azero, & Ortuño, 2016), el cual señala que el periodo mesófilo tuvo una duración tres días, el periodo termófilo 30 días y el enfriamiento 45 días, siendo en total de 78 días (2,5 meses).

**Tabla 9.** Temperatura (°C) de la biomasa en proceso de transformación

Semanas	Tratamientos				CV (%)
	Pasto de pastoreo	Pasto de corte	Residuo de cacao	Residuo de forrajera	
<b>1</b>	27,40 a	27,80 a	27,20 a	27,20 a	2,43
<b>2</b>	28,20 a	27,60 a	27,60 a	27,80 a	2,81
<b>3</b>	28,20 a	27,20 a	27,20 a	27,40 a	2,89
<b>4</b>	28,40 a	27,80 a	27,40 a	28,00 a	2,62
<b>5</b>	31,60 a	31,00 a	32,90 a	30,60 a	18,73
<b>6</b>	34,60 a	33,80 a	33,40 a	33,40 a	2,13
<b>7</b>	35,80 a	35,20 a b	35,60 a b	34,80 b	1,48
<b>8</b>	38,00 a	36,20 b	38,20 a	36,80 b	1,59
<b>9</b>	<b>49,80 b</b>	<b>50,40 b</b>	<b>54,00 a</b>	<b>49,20 b</b>	1,61
<b>10</b>	41,20 b	43,60 a b	40,80 b	45,00 a	4,09
<b>11</b>	34,80 a	34,60 a	32,00 a	34,00 a	5,20
<b>12</b>	26,60 a	27,20 a	26,80 a	33,40 a	23,09

Elaborado por: Mena (2023).

**Gráfico 3.** Temperatura (°C) de la biomasa en proceso de transformación

Elaborado por: Mena (2023).

#### 12.4. Composición química de la biomasa

En la tabla 10 se muestra el contenido nutricional de la biomasa utilizada en el proceso del compostaje, en la que se puede observar que la mayoría de nutrientes se encuentran en cantidades Adecuadas y exageradas en cada una de los residuos utilizados, a diferencia que en el pasto de pastoreo el N se encuentra deficiente (1.1%), en relación al contenido de nitrógeno total.

**Tabla 10.** Análisis de la biomasa en los residuos de cacao, pasto forrajero, pasto de pastoreo y pasto de corte al inicio de la investigación (D=deficiente, A= Adecuado, E= exagerado)

DESCRIPCIÓN	UNID	RESIDUO DE PASTOREO	PASTO DE CORTE	RESIDUO DE CACAO	RESIDUO DE FORRAJERA
<b>N</b>	%	1,10 D	1,7 A	1,50	2,00 A
<b>P</b>	%	0,34 A	0,17 D	0,15	0,48 E
<b>K</b>	%	2,39 A	2,96 A	3,79	4,54 E
<b>Ca</b>	%	0,69 E	0,73 E	0,78	1,21 E
<b>Mg</b>	%	0,21 A	0,21 A	0,37	0,31 A
<b>S</b>	%	0,17 A	0,14 A	0,13	0,10 D
<b>Zn</b>	Ppm	37 E	45 E	50	55 E
<b>Cu</b>	Ppm	11 E	13 E	17	19 E
<b>Fe</b>	Ppm	345 E	390 E	543	358 E
<b>Mn</b>	Ppm	16 D	36 A	25	37 A
<b>B</b>	Ppm	27 A	28 A	20	36 E

**Fuente:** Laboratorio de Suelos, Tejidos Vegetales y Aguas INIAP 2023

**Elaborado por:** Mena (2023)

#### 12.5. Composición química del compost

En la tabla 11 se muestra el contenido nutricional del compost generado por la descomposición de los diferentes residuos o biomasa en el que se aprecia que los valores de nitrógeno, fósforo y potasio son deficientes en todos los tratamientos, sin embargo, el contenido de macronutrientes secundarios como el Ca y Mg son Altos. Contrario a lo que reporta (Vargas-Pineda, Trujillo-González, & Torres-Mora, 2017) en el que compostaron residuos provenientes de mercados y su análisis final obtuvo valores entre medios y altos en los macronutrientes como el N, P y K.

Con relación al nitrógeno total del compost obtenido todos los tratamientos se encuentran dentro del rango o parámetros de referencia de la FAO y OMS (0,4 - 3,5). Respeto a los valores de fósforo

total, el 100 % de los tratamientos, se encuentran dentro del rango de un compost de calidad según estos organismos de 0,1 a 1,6 por ciento. Los valores de potasio del compost obtenido, muestran que el 100% de los tratamientos aplicados se encuentran dentro de los rangos normales con respecto a un compost maduro (0,4-1,6) (Azurduy, Azero, & Ortuño, 2016).

**Tabla 11.** Análisis químico del compost proveniente de los residuos de cacao, pasto forrajero, pasto de pastoreo y pasto de corte.

DESCRIPCIÓN	UNID	PASTO DE PASTOREO	PASTO DE CORTE	RESIDUO DE CACAO	RESIDUO DE FORRAJERA
<b>pH</b>	pH	7,80	7,20	7,20	7,40
<b>Conductividad</b>	dS/m	5,05	4,10	4,45	2,81
<b>N</b>	%	1,00	1,00	1,00	0,90
<b>P</b>	%	0,11	0,11	0,10	0,11
<b>K</b>	%	0,52	0,52	0,60	0,46
<b>Ca</b>	%	0,87	0,87	0,84	0,77
<b>Mg</b>	%	0,28	0,27	0,30	0,25
<b>S</b>	%	0,10	0,08	0,12	0,08
<b>Zn</b>	ppm	57,00	61,00	65,00	57,00
<b>Cu</b>	ppm	30,00	29,00	27,00	29,00
<b>Fe</b>	ppm	1326	1323	1317	1350
<b>Mn</b>	ppm	274	271	250	267
<b>B</b>	ppm	59,00	68,00	57,00	54,00

Fuente: Laboratorio de Suelos, Tejidos Vegetales y Aguas INIAP 2023

Elaborado por: Mena (2023)

## 12.6. Conductividad eléctrica del compost

Según el tipo de residuo o biomasa utilizada, se puede evidenciar en la tabla 11 que los valores más altos de conductividad se presentan en los residuos de cacao, pasto de pastoreo y residuos de corte con 4,45, 5,05 y 4,1 dS/m respectivamente, mientras que en el pasto forrajero la conductividad eléctrica fue de 2,81 dS/m. Es importante resaltar que la conductividad eléctrica en el compost nos indica la concentración de sales solubles. Nuestros resultados de conductividad eléctrica se encuentran dentro de los parámetros establecidos que se debe cumplir en los compuestos orgánicos utilizados como abonos o fertilizantes (BOE, 2013).

### 12.7. Peso final y rendimiento del compost

En la tabla 12 podemos observar que la biomasa que menos se redujo en el proceso de compostajes con relación al peso inicial fue los residuos de cacao quien tuvo un peso final de 28,8 Kg, seguido del pasto forrajero con 27,30 kg, los mismos que obtuvieron rendimientos de 48 y 45,5 % respectivamente en relación al peso inicial, lo cual se asemeja con (Navia, Zemanate, Morales, Prado, & Albán, 2013) y (Vargas-Pineda, Trujillo-González, & Torres-Mora, 2019) quienes reportan un rango de rendimiento entre 50 a 60%; también se considera que los residuos orgánicos sobrantes son emitidos a la atmósfera en forma de vapor ya sea como agua y/o CO<sub>2</sub> (Muñoz, Muñoz, & Rojas, 2015). Según los resultados obtenidos se acepta la hipótesis alternativa la que manifiesta que la biomasa vegetal es transformada en abono orgánico mediante el compostaje

**Tabla 12.** Peso final y rendimiento del compost

Tratamientos	Peso inicial Kg	Peso final Kg	Rendimiento %
Pasto de pastoreo	60 a	22,90 b	38,10
Pasto de corte	60 a	22,80 b	38,00
Residuo de cacao	60 a	28,80 a	48,00
Residuo de forrajera	60 a	27,30 a	45,50
CV		18,45	

Elaborado por: Mena (2023).

### 12.8. Análisis económico

En la tabla 13 se evidencia que el tratamiento con mayor rentabilidad es utilizando residuos de cacao con un 20%, seguido del tratamiento con pasto forrajero el mismo que nos da una rentabilidad del 10%, la relación beneficio/ costo B/N para el mejor tratamiento es de 0.2 lo que nos indica que por cada dólar invertido obtenemos 20 centavos de dólar como ganancia.

**Tabla 13.** Análisis económico de los tratamientos en estudio

Tratamientos	Kg	Precio \$	IB \$	CT \$	BN \$	C/B	Rentabilidad (%)
Pasto de pastoreo	114,50	0,20	22,90	25	-2,1	-0,1	-10
Pasto de corte	114,00	0,20	22,80	25	-2,2	-0,1	-10
Residuo de cacao	144,00	0,20	28,80	25	3,8	0,2	20
Residuo de forrajera	136,50	0,20	27,30	25	2,3	0,1	10

Elaborado por: Mena (2023).



### 13. IMPACTOS

Una vez terminada con la investigación, se establecieron los siguientes impactos que se generan con la propuesta respectivamente.

**Impacto técnico:** El estudio realizado permitira el acceso a nuevas alternativas sostenibles en el proceso de transformación de la biomasa que inducen a los agricultores al cuidado de los campos, aprovechamiento de residuos, además de aprovechar los recursos del medio que el mismo brinda.

**Impacto social:** El conocimiento obtenido va dirigido a los beneficiarios del proyecto directamente, ya que es uno de los principales impactos sociales positivos, el hecho de involucrar a la sociedad agrícola al acceso de alternativas orgánicas para que se pueda utilizar dicho abono en producción limpia.

**Impacto ambiental:** Considera las ventajas para la comunidad agrícola, la preservación del medio ambiente en el que se producen los alimentos, presentando un alto nivel de rentabilidad a la hora de producir alimentos saludables a los que tendrá acceso cualquier productor, para mejorar en general sus condiciones de vida, creando alternativas orgánicas, cuidando la salud de las personas, así como la seguridad alimentaria.

**Impacto económico:** A diferencia del mercado actual y las alternativas químicas, que exigen un alto valor económico para su realización, utilizar alternativas de producción limpia, aprovechar los recursos de la naturaleza, desperdicios de cosechas, podas etc. Esto implica que el agricultor se beneficiará de producir y vender, mejorando drásticamente su economía.

### 14. PRESUPUESTO

Los recursos económicos requeridos para el desarrollo del presente proyecto fueron los exclusivos de la tesis y en la tabla a continuación se detallan los valores:

**Tabla 14.** Presupuesto de la investigación

<b>Descripción</b>	<b>cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor Unit USD</b>	<b>Valor Total USD</b>
Clavos	3	Kg	2.20	5.0
Flexómetro	1	Unidad	5.0	5.0
Piola	1	Kg	6.0	2.0
Machete	2	Unidad	3.0	6.0
Plástico	30	M	4.0	120.0
Sarán	55	M	2.25	50.0
Martillo	1	Unidad	3.50	3.50
Tachuelas	1	Caja	2.25	2.25
Caña guaduas	20	Cañas	2.50	20.0
Pasto forrajero	60	Kg	0.05	3.0
Pasto de pastoreo	60	Kg	0.05	3.0
Residuo cacao	60	Kg	0.05	3.0
Pasto de corte	60	Kg	0.05	3.0
Estiércol bovino	500	Kg	0.10	100.0
Termómetro	1	Unidad	10.0	10.0
pH metro	1	Unidad	10.0	10.0
Mano de obra	10	jornales	15.0	150.0
Análisis de laboratorio	8	Análisis	35.0	275.0
<b>TOTAL</b>				<b>770.75</b>

Elaborado por: Mena (2023).

## 15. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez terminado con la investigación se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- Se evaluaron diferentes residuos vegetales en la elaboración del compost cuyos parámetros analizados no difieren entre los tratamientos utilizados. En el caso del pH tiende a elevarse conforme se da el proceso de compostaje, la temperatura se incrementa paulatinamente hasta los 54°C en la semana nueve de la fase termófila.
- La composición química elemental de la biomasa utilizada se encontró en cantidades adecuadas y exageradas en cada uno de los residuos utilizados, a diferencia del pasto de pastoreo en el que el nitrógeno era deficiente.
- Con relación a la composición química del compost obtenido, el contenido de macronutrientes (N, P, K) de todos los tratamientos se encontraron dentro del rango permitido o parámetro de referencia de la FAO y OMS.

- De acuerdo al análisis económico el tratamiento con mayor rentabilidad es utilizando residuos de cacao con un 20%.

**Recomendaciones:**

- De acuerdo a los resultados obtenidos se recomienda analizar otras biomásas de la zona para determinar cuál de ellas es la más apropiada para el proceso de compostaje.
- Estudiar el uso de microorganismos en el proceso de transformación de la biomasa en abono orgánico, para acelerar dicho proceso.
- Analizar otro tipo de parámetro en la transformación de la biomasa como es el caso de análisis microbiológicos en el compost obtenido.

## 16. BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez-Palomino, L., Vargas-Bayona, J., & García-Díaz, L. (2018). Abono orgánico: aprovechamiento de los residuos orgánicos agroindustriales. *Spei Domus*, 14(28-29), 1-10.
- APROLAB. (2007). *Programa de Apoyo a la Formación Profesional para la Inserción Laboral en el Perú Capacítate Prú. Manual para la producción de compost con microorganismos eficaces*. Lima, Perú.
- Azurduy, S., Azero, M., & Ortuño, N. (2016). Evaluación de activadores naturales para acelerar el proceso de compostaje de residuos orgánicos en el municipio de Quillacollo. *Acta Nova*, 360-388.
- Basso, N., Brkic, M., Moreno, C., Pouiller, P., & Romero, A. (2016). Valoremos los alimentos, evitemos pérdidas y desperdicios. *Diaeta*, 25-32.
- BOE. (10 de julio de 2013). *Real Decreto 506/2013. Sobre productos y fertilizantes. Boletín Oficial del Estado*. Obtenido de <https://www.boe.es/eli/es/rd/2013/06/28/506>
- Bohorquez Santana, W. (2019). *El proceso de Compostaje*. Quito: SobocGrafis.
- Bohórquez, A., Puentes, Y., & Menjivar, J. (2014). Evaluación de la calidad del compost producido a partir de subproductos agroindustriales de caña de azúcar. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 73-81.
- Bollo, E. (2001). *Tombricultura, una alternativa de reciclaje*. Quito: SobocGrafis.
- Borrero, G., Pacheco, F., Arias, D., & Campos, R. (2015). Estudio comparativo del uso de dos sustratos con inóculos microbiales para el tratamiento de residuos orgánicos sólidos en compostaje doméstico: Variables físicas, químicas y biológicas en el proceso de compostaje. *CYTED*, 522-528.

- Cabrera Condori, E. (2015). *Aplicación de tres tipos de abonos orgánicos y roca fosfórica al cultivo de café (Coffea arabica L.) en Hermilio Valdizan*.
- Caicedo, N., & Ibarra, A. (2017). Estado actual de los niveles de desperdicio de las cadenas de abastecimiento de alimentos. *In Memorias de Congresos UTP*, 202-209.
- Campos-Rodriguez, R., Brenes-Peralta, L., & Jiménez-Morales, M. (2016). Evaluación técnica de dos métodos de compostaje para el tratamiento de residuos sólidos biodegradables domiciliarios y su uso en huerta caseras. *Revista Tecnología en Marcha*, 25-32.
- Carmona, C., & Abad, B. (2008). *Aplicación del compost en viveros y semilleros*. Madrid, España: Mundi Prensa.
- Cerda, A., Artola, A., Font, X., Barrena, R., Gea, T., & Sánchez, A. (2018). Composting of food wastes: Status and Challenges. *Bioresour Technol*, 57-67.
- Crespo-Sempere, A. (2012). Identificación de genes implicados en la producción de ocratoxina a en aspergillus carbonarius. *Universitat de Valencia*.
- Docampo A.D.R. (2013). Compostaje y compost. *Revista INIA*, 64.
- Ecotecnologías. (2012). Tecnología EM- Microorganismos. *Municipio Falcón*.
- Fasbernder, H. (1992). *Química de suelos*. Costa Rica.
- Feijoo, M. (2016). Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Científica Agroecosistemas*, 31-40.
- Guerrero, J. (1993). *El compost un abono orgánico compuesto para mejorar y dar vida a nuestros suelos*. Lima: Taller de Conservación de suelos y agricultura sostenible. UNALM.

- Herrera, R. (2013). *Caracterización de los residuos sólidos para la conservación del medio ambiente del cantón La Maná provincia de Cotopaxi. Propuesta de un sistema integral de gestión de residuos sólidos*. Latacunga, Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Jaramillo, G., & Zapata, L. (2008). *Aprovechamiento de los Residuos sólidos en Colombia*. Medellín, Colombia.
- Li, L., & Li, S. (2014). Nitrogen mineralization from animal manures and its relation to organic N fraction. *Integr. Agric.*, 2040-2048.
- Limachi, A. (2015). *Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios reciclables y su valoración económica ambiental en la ciudad de Ayaviri*. Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2806>
- López, O. (2006). *Agroecología y Agricultura orgánica en el Trópico*. Tunja, Boyacá: UPTC.
- López, P. (2013). *Elaboración de compost a partir de cascarilla de cacao*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Manals-Cutiño, E., & Penedo-Medina, M. (2018). Caracterización de la biomasa vegetal cascarilla de café. *Tecnología Química*, 38(1), 169-181.
- Marmolejo, L., Madera, C., & Torres, P. (2010). Gestión de los residuos sólidos en hospitales locales del norte del Valle del Cauca, Colombia. *Salud Pública*, 28(1), 56-63.
- Moreno, J. (2008). *Compostaje*. Madrid-España: Mundi-prensa.
- Muñoz, J., Muñoz, J., & Rojas, C. (2015). Evaluación de abonos orgánicos utilizando como indicadores plantas de lechuga y repollo en Popayan, Cauca. *Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial*, 73-82.
- Navia, C., Zemanate, Y., Morales, S., Prado, F., & Albán, O. (2013). Evaluación de diferentes formulaciones de compostaje a partir de residuos de cosecha de tomate

(*solanumlycopersicum*). . *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 165-173.

Niño-Torres, A., Trujillo-Gonzalez, J., & Niño-Torres, A. (2017). Gestión de residuos sólidos domiciliarios en la ciudad de Villavicencio. Unamirada desde los grupos de interés: empresa, estado y comunidad. *Revista Luna Azul*, 177-187.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD OMS. (1985). *Primera Conferencia internacional de promoción de la salud*. Ottawa, Canadá: Ontario: OMS. Obtenido de <http://www.cepis.opsoms.org/bvdeps/fulltext/confl.pdf>

Otterpohl, R., Grottker, M., & Lange, J. (2016). Gestión sostenible del agua y de los residuos en zonas urbanas. *Boletín CF+S*, 2.

Puerta, S. (2004). Los residuos sólidos municipales como acondicionadores de suelos. *Revista Lasallista de Investigación* , 56-65.

Quispe, M. (2013). *Compostaje de resicuos orgánicos (Lemna sp.) con la aplicación de microorganismos eficientes*. Puno, Perú: Universidad Nacional del 85 Altiplano. Obtenido de <http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/446/EPG429-00429-01.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ramirez, M. (2006). *Tecnología de microorganismos efectivos (EM) aplicada a la agricultura y medio ambiente sostenible*. Bucaramanga: Universidad Nacional de Santander.

Rodríguez, C. (2012). *Residuos ganaderos. Cursos de Introducción a la Producción Animal*. Córdoba, Argentina: Universidad Nacional de Río Cuarto.

Santiago, N., Martínez, E., & Padilla, R. (2017). Estudio del nivel de concientización para la implementación de programa de separación de los residuos sólidos urbanos en el municipio de Arandas, Jalisco. *Revista RA XIMHAI*, 425-438.

- Skinner, J. (2000). Worldwide MSW Market Reaches \$ 100 Billion: A Report from the ISWA World Congress 2000. *Swana Newsletter*.
- Sternz, D. (1999). *Manual para la elaboración de compost bases conceptuales y procedimientos. Organización panamericana de la salud*. . Organización Mundial de la Salud (OMS).
- Su, P., Tan, X., & Li, C. (2017). Photosynthetic bacterium *Rhodospseudomonas palustris* GJ-22 induces systemic resistance against viruses. *Microbial Biotechnology*, 612-624.
- Suárez Rivadeneira, J. (2020). *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*.
- Tapia-Gómez, A., Laines-Canepa, J., & Sosa-Olivier, J. (2016). Digestión anaerobia de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos generados en las cafeterías de la DACBiol. *Kuxulkab*, 22(42), 5-12.
- Uribe, L. (2003). *Taller de abonos orgánicos/CATIE*. San José, Costa Rica: CATIE.
- Vanegas Arévalo, D. (2018). *Utilización de compostaje tradicional y vermicompostaje como estrategia para la implementación de agricultura urbana en Altos del Pino*. Cazucá.
- Vargas, J., Buzón, J., Vergara, D., & Molina, E. (2011). Reducción de los residuos sólidos orgánicos en Colombia por medio del compostaje líquido. *Ingeniare*, 37-44.
- Vargas-Pineda, O., Trujillo-González, J., & Torres-Mora, M. (2017). Análisis de la inclusión de aspectos ambientales en microempresas agroindustriales de la ciudad de Villavicencio, Colombia. *Producción Limpia*, 12(1), 115-123.
- Vargas-Pineda, O., Trujillo-González, J., & Torres-Mora, M. (2019). El compostaje, una alternativa para el aprovechamiento de residuos orgánicos en las centrales de abastecimiento. *Orinoquia*, 123-129.



- Vásquez, D. (2008). *Tesis “Producción de cuatro tipos de bioabonos como alternativa biotecnológica de uso de residuos orgánicos para la fertilización de suelos de la localidad de Riobamba - Ecuador” 2008*. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Vera Rojas, S. (2018). *Elaboración de compost a partir de los residuos orgánicos generados en la limpieza de planta de la empresa COPEINCA SAC*.
- Xu, F., Li, Y., Ge, X., Yang, L., & Li, Y. (2018). Anaerobic digestion of food waste-Challenges and opportunities. *Bioresour Technol*, 1047-1058.

## ANEXOS

### Anexo 1. Contrato de cesión no exclusiva de derecho de autor



Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebra de una parte: Mena Torres Kevin Alexis, con C.I 1004125694 de estado civil soltero y con domicilio en La Maná-Cotopaxi, a quien en lo sucesivo se denominará **LOS CEDENTES**; y, de otra parte, la Dra. Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - LAS CEDENTES** son personas naturales estudiantes de la carrera de **Agronomía**, titulares de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado: “**Composición química y transformación de la biomasa vegetal en abono orgánico** la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial académico. Octubre 2017 – Agosto 2023

Aprobación HCA. -

Tutor. - Ing. Eduardo Quinatoa Lozada, MSc.

Tema: “COMPOSICIÓN QUÍMICA Y TRANSFORMACIÓN DE LA BIOMASA VEGETAL EN ABONO ORGÁNICO”

**CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como

requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

**CLÁUSULA TERCERA.** - Por el presente contrato, **LOS CEDENTES** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

**CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **LOS CEDENTES**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- f) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

**CLÁUSULA QUINTA.** - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LOS CEDENTES** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

**CLÁUSULA SEXTA.** - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

**CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.** - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LOS CEDENTES** podrá utilizarla.

**CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LAS CEDENTES** en forma escrita.

**CLÁUSULA NOVENA.** - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

**CLÁUSULA DÉCIMA.** - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

**CLÁUSULA UNDÉCIMA.** - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga a los 24 días del mes de febrero del 2023.



Mena Torres Kevin Alexis

**EL CEDENTE**

Dra. Idalia Eleonora Pacheco Tigselema

**EL CESIONARIO**

**Anexo 2. Currículum del tutor****DATOS PERSONALES****Apellidos y nombres:** Quinatoa Lozada Eduardo Fabián**Fecha de nacimiento:** 02 de febrero de 1985**Estado civil:** soltero**Cédula de ciudadanía:** 1804011839**Ciudad de residencia:** Cevallos**Dirección de domicilio actual:** Cantón Cevallos, Barrio San Fernando**Celular:** 0996385776**Correo electrónico:** eduardo.quinatoa1839@utc.edu.ec**INSTRUCCIÓN ACADÉMICA**

Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, Docente- Investigador. Instituto de Biología Molecular y Celular de Plantas IBMCP, Laboratorio de cultivo in vitro. Investigador.

Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Agronómica. Investigador Vitro Plantas, Empresa de Biotecnología. Gerente Propietario- Investigador.

**CAPACITACIÓN O PARTICIPACIÓN EN EVENTOS CIENTÍFICOS**

Formación de Tutores de Nivelación Especializados en Modalidad en Línea I Ciclo de conferencias: Biología Molecular aplicado a las Ciencias Agropecuarias

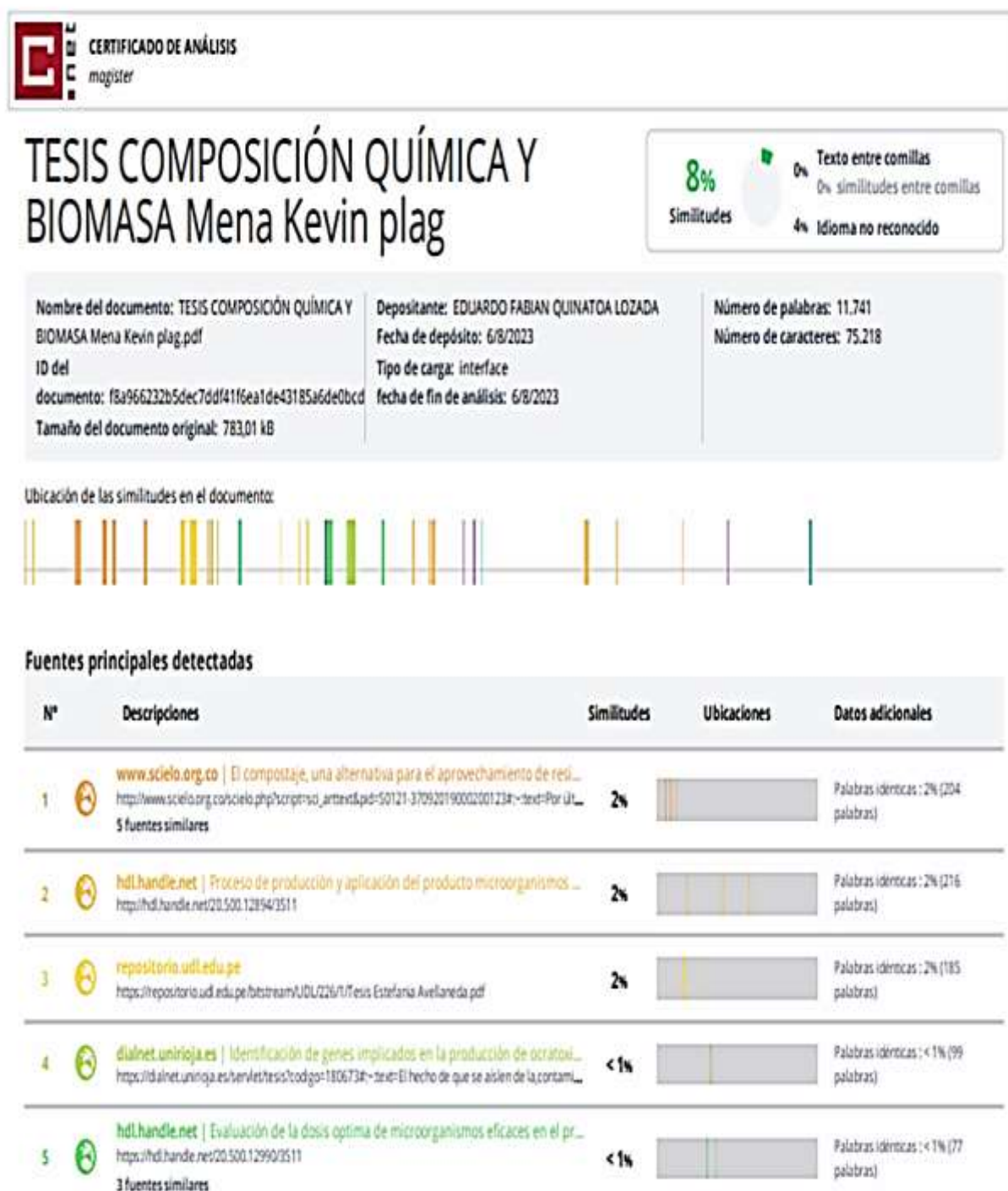
**PUBLICACIONES**

Título de la publicación	Revista	Año. Volumen, Número	Base de Datos	Link de la revista	Link de la publicación (DOI o URL)
Producción de café (coffea canephora p.) en el subtrópico ecuatoriano en respuesta a diferentes niveles de fertilización inorgánica-orgánica	CIENCIA LATINA	2023.Volumen 7, Número 1.	Latindex	<a href="https://ciencialatina.org/">https://ciencialatina.org/</a>	<a href="https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4623">https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4623</a>
Respuesta agronómica de seis materiales genéticos de café con la aplicación de abonos orgánicos en condiciones subtropicales	NEXO AGROPECUARIO	2022.Volumen 10, Número 2.	Latindex- Directorio	<a href="https://revistas.unc.edu.ar/index.php/nexoagro">https://revistas.unc.edu.ar/index.php/nexoagro</a>	<a href="https://revistas.unc.edu.ar/index.php/nexoagro/article/view/38250">https://revistas.unc.edu.ar/index.php/nexoagro/article/view/38250</a>

**Anexo 3. Currículum del estudiante****DATOS INFORMATIVOS PERSONALES DEL ESTUDIANTE****DATOS PERSONALES****APELLIDOS:** MENA TORRES**NOMBRES:** KEVIN ALEXIS**ESTADO CIVIL:** SOLTERO**CEDULA DE CIUDADANIA:** 1004125694**NUMERO DE CARGAS FAMILIARES:** 0**LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO:** IMBABURA, IBARRA, EL SAGRARIO, 2001-05-22**DIRECCION DOMICILIARIA:** Av. Los Almendros y Pujilí**TELEFONO CELULAR:** 0968590780**EMAIL INSTITUCIONAL:** kevin.mena5694@utc.edu.ec**TIPO DE DISCAPACIDAD:** NINGUNA**NUMERO DE CARNET CANADIS:** NINGUNA**ESTUDIOS REALIZADOS Y TITULOS OBTENIDOS:**

<b>NIVEL</b>	<b>TITULO OBTENIDO</b>	<b>FECHA DE REGISTRO</b>
<b>BACHILLERATO</b>	BACHILLER TÉCNICO DE SERVICIOS VENTAS E INFORMACIÓN TURÍSTICA	2019-07-24

## Anexo 4. Informe antiplagio



## Anexo 5. Aval de traducción del idioma inglés



CENTRO  
DE IDIOMAS

### ***AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“COMPOSICIÓN QUÍMICA Y TRANSFORMACIÓN DE LA BIOMASA VEGETAL EN ABONO ORGÁNICO”** presentado por: **Mena Torres Kevin Alexis** egresado de la Carrera de: **Agronomía**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

La Maná, agosto del 2023

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Olga Samanda Abedrabbo Ramos'.

**Lic. Olga Samanda Abedrabbo Ramos Mg.**  
**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC**  
**CI:050351007-5**



## Anexo 6. Fotografías de la investigación

**Fotografía 1.** Limpieza del terreno



Elaborado por: Mena (2023)

**Fotografía 3.** Volteo de la biomasa



Elaborado por: Mena (2023)

**Fotografía 5.** Datos de Producción



Elaborado por: Mena (2023)

**Fotografía 2.** Realización de las camas



Elaborado por: Mena (2023)

**Fotografía 4.** Toma de datos

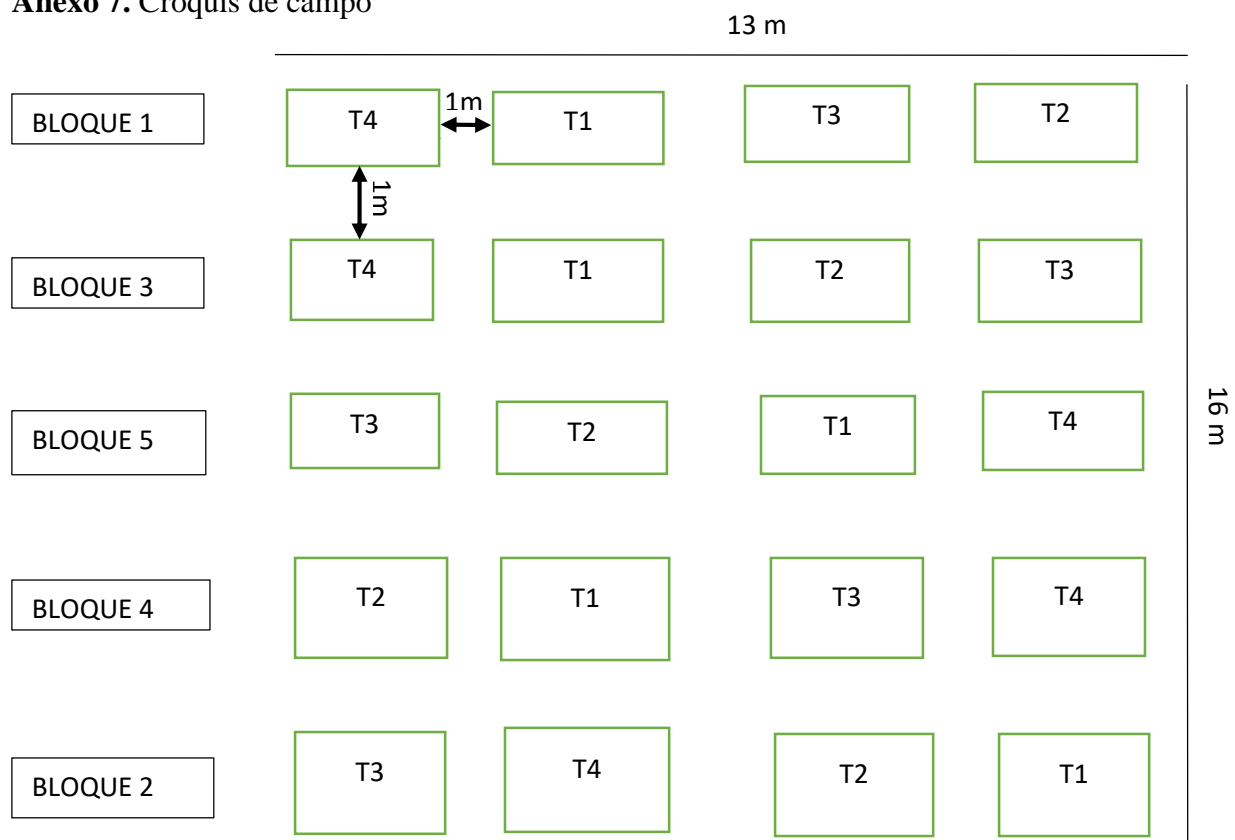


Elaborado por: Mena (2023)

**Fotografía 6.** Cosecha del compost



Elaborado por: Mena (2023)

**Anexo 7. Croquis de campo**

## Anexo 8. Análisis del compostaje

	<b>ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"</b> <b>LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS</b> Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24 Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.eetp@iniap.gob.ec
--	---

### REPORTE DE ANALISIS FOLIARES

<b>DATOS DEL PROPIETARIO</b> <b>Nombre</b> : MENA TORRES KEVIN ALEXIS <b>Dirección</b> : COTOPAXI / LA MANÁ <b>Ciudad</b> : LA MANÁ <b>Teléfono</b> : 0968590780 <b>Fax</b> : kevin.mena5694@utc.edu.ec	<b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b> <b>Nombre</b> : Sacha Wiwa <b>Provincia</b> : Cotopaxi <b>Cantón</b> : La Maná <b>Parroquia</b> : Guasaganda <b>Ubicación</b> : Guasaganda	<b>PARA USO DEL LABORATORIO</b> <b>Cultivo</b> : PASTO TROPICAL <b>N° de Reporte</b> : 10834 <b>Fecha de Muestreo</b> : 2/5/2023 <b>Fecha de Ingreso</b> : 8/5/2023 <b>Fecha de Salida</b> : 16/5/2023
--	--	---

N° Muest.	Datos del Lote		(%)							(ppm)							
	Laborat.	Identificación	Area	N	P	K	Ca	Mg	S	Cl	Zn	Cu	Fe	Mn	B	Mo	Na
81355		Forragero		2,0 A	0,48 E	4,54 E	1,21 E	0,31 A	0,10 D		55 E	19 E	358 E	37 A	36 E		
81356		Pasto de Pastoreo		1,1 D	0,34 A	2,39 A	0,69 E	0,21 A	0,17 A		37 E	11 A	345 E	16 D	27 A		
81357		Pasto de Corte		1,7 A	0,17 D	2,96 A	0,73 E	0,21 A	0,14 A		45 E	13 E	390 E	36 A	28 A		



La muestra será guardada en el Laboratorio por tres meses. Tiempo en el que se aceptarían reclamos en los resultados

Activar Windows  
Ve a Configuración para a

<b>ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"</b> <b>LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS</b> Km 5 Carretera Quevedo – El Empalme Mocache – Ecuador Teléfono: 2783044 Ext. 201			
Nombre del Propietario:	MENA TORRES KEVIN ALEXIS	Telf	0968590780
Nombre de la Propiedad:	Sacha Wiwa	Cultivo:	Cascara de Cacao
Localización:	Guasaganda	La Maná	Cotopaxi
	Parroquia	Cantón	Provincia
Reporte N°:			10834
Fecha de muestreo:			02/05/2023
Fecha de ingreso:			08/05/2023
Fecha salida resultados:			17/05/2023

### RESULTADOS DE ANÁLISIS ESPECIAL

Número de Laboratorio	Identificación de las Muestras	Concentración %							ppm			
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Cu	Fe	Mn
81358	Cascara de Cacao	1.5	0.15	3.79	0.78	0.37	0.13	20	50	17	543	25

Observaciones: \_\_\_\_\_

*x. W. Carrillo*

Dr. Manuel Carrillo Zenteno  
RESPONSABLE DPTO.



*[Handwritten signature]*

LABORATORISTA


*La muestra será guardada en el Laboratorio por tres meses. Tiempo en el que se aceptarán reclamos en los resultados*

 <b>ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"</b> <b>LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS</b> Km 5 Carretera Quevedo – El Empalme Mocache – Ecuador Teléfono: 2783044 Ext. 201				
Nombre del Propietario:	MENA TORRES KEVIN ALEXIS	Telf 0968590780	Reporte N°:	11003
Nombre de la Propiedad:	Sacha Wiwa	Cultivo: Abono	Fecha de muestreo:	02/07/2023
Localización:	Guasaganda	La Maná	Fecha de ingreso:	05/07/2023
	Parroquia	Cantón	Provincia	Fecha salida resultados:

### RESULTADOS DE ANÁLISIS ESPECIAL

Número de Laboratorio	Identificación de las Muestras	pH	dS/m	Concentración %							ppm				
				CE	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Cu	Fe	Mn
81580	T1	7.2	4.45	1.0	0.10	0.60	0.84	0.30	0.12	57	65	27	1317	250	
81581	T2	7.2	4.10	1.0	0.11	0.52	0.87	0.27	0.08	68	61	29	1323	271	
81582	T3	7.8	5.05	1.0	0.11	0.52	0.87	0.28	0.10	59	57	30	1326	274	
81583	T4	7.4	2.81	0.9	0.11	0.46	0.77	0.25	0.08	54	57	29	1350	267	

Observaciones: \_\_\_\_\_

  
 Dr. Manuel Carrillo Zenteno  
 RESPONSABLE DPTO.



  
 LABORATORISTA

La muestra será guardada en el Laboratorio  
 por un tiempo en el que se activan  
 los resultados.

Activar W  
 e a Configu