UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

“Elaboración de compost utilizando corteza de *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. (lupuna blanca) y *Guazuma crinita* Mart. (bolaina blanca) en un sistema cerrado horizontal con rotación en Pucallpa – Ucayali”

Tesis para optar el título de:

INGENIERO FORESTAL

Presentado por:

PEDRO JESÚS, GONZALES RAMÍREZ

Pucallpa – Perú

2021

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
COMISIÓN DE GRADOS Y TITULOS

ACTA DE APROBACION DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
N° 411/2021-CGyT-FCFyA-UNU

En la ciudad de Pucallpa a las 11:00 a.m. del viernes 15 de enero de 2021, de acuerdo con el Reglamento de Grados y Titulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en forma virtual, mediante la plataforma unificada de comunicación y colaboración Microsoft Teams, los mismos que estuvo designados con Memo Múltiple N.º 011-2021-UNU-FCFyA-CGyT, conformado por los siguientes docentes:

Ing. M. Sc. Gabriel Mercado Jauregui	Presidente
Ing. Mg. Fermin Campos Solorzano	Miembro
Dr. David León Moreno	Miembro

Se procedió a evaluar a la sustentación de la tesis denominado: **"ELABORACION DE COMPOST UTILIZANDO CORTEZA DE *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. (LUPUNA BLANCA) Y *Guazuma crinita* Mart. (BOLAINA BLANCA) EN UN SISTEMA CERRADO HORIZONTAL CON ROTACION EN PUCALLPA – UCAYALI"**, presentado por el bachiller **GONZALES RAMIREZ, PEDRO JESÚS**, asesorado por el Dr. MANUEL IVAN SALVADOR CARDENAS, habiendo finalizado la sustentación, se procedió a la formulación de preguntas por parte del Jurado Evaluador, las que fueron absueltas por el sustentante en consecuencia la tesis fue **APROBADO POR MAYORÍA**, quedando expedito para el otorgamiento del **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL**, después de las correcciones respectivas de la tesis. Siendo las 12 :30 p.m. horas del mismo día se da por finalizado el acto académico, firmando los miembros en señal de conformidad.

Ing. M. Sc. Gabriel Mercado Jauregui
Presidente

Ing. Mg. Fermin Campos Solorzano
Miembro

Dr. David León Moreno
Miembro

ACTA DE APROBACIÓN DE TESIS

Tesis aprobada por el jurado calificador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali como requisito para obtener el título profesional de Ingeniero Forestal, el mismo que estuvo conformado por las siguientes personas:

Ing. M. Sc. Gabriel Mercado Jauregui

Presidente

Ing. Mg. Fermín Campos Solorzano

Miembro

Dr. David León Moreno

Miembro

Dr. Manuel Iván Salvador Cárdenas

Asesor

Bach. Forestal Pedro Jesús Gonzales Ramírez

Tesista

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
DIRECCION DE PRODUCCION INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION

SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

N° V/0364-2020

La Dirección General de Producción Intelectual, hace constar por la presente, que el Informe Final (Tesis) Titulado:

"ELABORACIÓN DE COMPOST UTILIZANDO CORTEZA DE *Ceiba pentandra* (L.) *Gaertn.* (LUPUNA BLANCA) Y *Guazuma crinita Mart.* (BOLAINA BLANCA) EN UN SISTEMA CERRADO HORIZONTAL CON ROTACIÓN EN PUCALLPA – UCAYALI"

Cuyo autor (es)	:	**GONZALES RAMÍREZ, PEDRO JESÚS**
Facultad	:	CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
Escuela Profesional	:	INGENIERIA FORESTAL.
Asesor(a)	:	Dr. Salvador Cardenas, Manuel Ivan

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio URKUND, dicho documento presenta un **porcentaje de similitud de 06%.**
En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND, el cual indica que no se debe superar el 10%. Se declara, que el trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud, por lo que SI se aprueba su originalidad.
En señal de conformidad y verificación se entrega la presente constancia.

Fecha: 23/12/2020

Dra. DINA PARI QUISPE
Dirección de Producción Intelectual

REPOSITORIO DE TESIS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

Yo, Pedro Jesús, Gonzales Ramírez
Autor de la TESIS titulada:
"Elaboración de compost utilizando corteza de ***Ceiba pentandra*** (L.) Gaertn. (lupuna blanca) y ***Guazuma crinita*** Mart. (bolaina blanca) en un sistema cerrado horizontal con rotación en Pucallpa – Ucayali"
Sustentada en año: 2021
Con la asesoría de: Dr. Manuel Iván Salvador Cárdenas
En la Facultad de: Ciencias Forestales y Ambientales.
Escuela profesional de: Ingeniería Forestal.

Autorizo la publicación de mi trabajo de investigación en el Repositorio institucional de la Universidad Nacional de Ucayali, bajo los siguientes términos:
Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali **licencia no exclusiva** para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.
Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto, me encuentro facultado a conceder la presente autorización. Garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas.
Tercero: Autorizo la publicación,

[...] **Total** (significa que todo el contenido de la tesis en PDF será compartido en el repositorio)
[ ] **Parcial** (significa que solo la caratula, la dedicatoria y el resumen en PDF será compartido en el repositorio).

De mi TESIS de investigación en la página web del Repositorio Institucional de la
UNU

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 18/06/2021

Email: pjgr1501@gmail.com Firma: 

Teléfono: 961614408 DNI:42251944

DEDICATORIA

A Dios nuestro señor por brindarme salud, confianza en mí mismo y sobre por no permitir que me rindiera ante las dificultades de la vida.

A los autores de mis días Oswaldo Olortegui Tuesta, Luz Elita Ramírez Santa María y en la eternidad a Walter Gonzales de Souza, gracias por sus apoyos incondicional, su confianza indudable, su valioso cariño y consejos.

A mis queridos hermanos Oswaldo, Elita, Karina, Walter y Luz por darme su cariño, comprensión e incondicional apoyo a lo largo de los años para alcanzar mis metas.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Ucayali por darme la oportunidad de cursar mis estudios universitarios y financiamiento de la tesis para optar por el título profesional.

A los docentes de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, por brindarme sus conocimientos y haber contribuido en mi formación profesional.

Al Dr. Manuel Iván Salvador Cárdenas, asesor de la presente tesis, por la confianza depositada en mi persona, su apoyo incondicional, por su valiosa contribución en la revisión y redacción, así como los consejos necesarios y dedicación permanente hasta la culminación del presente trabajo de investigación.

Al ingeniero forestal Genith Shapiama Sánchez, por su apoyo permanente en la ejecución del trabajo de campo y de laboratorio.

Al Ingeniero forestal Luz Nadir Valdivia Márquez, por sus consejos, aportes y orientaciones durante el desarrollo del trabajo de investigación.

A todas las personas que de una u otra manera han colaborado con la ejecución del presente estudio.

A todos ellos mi más profundo agradecimiento.

ÍNDICE DEL CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCION 1

CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 3

1.1. FORMULACION DEL PROBLEMA 3

1.1.1. Problema general 5

1.1.2. Problemas específicos 5

CAPITULO II MARCO TEORICO 7

2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO 7

2.2. PLANTEAMIENTO TEORICO 12

2.2.1. Clasificación taxonómica de las especies forestales 12

2.2.1.1. Lupuna blanca 12

2.2.1.2. Bolaina blanca 14

2.2.2. Corteza 17

2.2.2.1. Composición de la fracción fibrosa de la corteza 18

2.2.3. Compostaje 18

2.2.3.1. Proceso de compostaje 19

2.2.3.2. Fase de descomposición del compostaje 21

2.2.3.3. Factores que influencian el Proceso de Compostaje 23

2.2.3.4. Sistemas de compostaje 33

2.2.3.5. Tiempo de compostaje 35

2.2.3.6. Presencia de semillas viables durante el proceso de compostaje 35

2.3. DEFINICION DE TERMINOS BASICOS 36

CAPITULO III METODOLOGIA 38

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN 38

3.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN 40

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA 40

3.3.1. Población 40

3.3.2. Muestra 40

3.4. MATERIALES Y EQUIPOS 40

3.4.1. Materiales 40

3.4.2. Máquinas y equipos 41

3.5. PROCEDIMIENTO DE ELABORACIÓN DEL COMPOST 41

3.5.1 Construcción de galpón de compostaje 41

3.5.2 Recolección y secado de la corteza 41

3.5.3 Molienda de corteza 42

3.5.4 Identificación de las especies 42

3.5.5 Construcción de la compostera o reactores dinámicos 42

3.5.6 Pre – compostaje 43

3.5.7 Compostaje 43

3.5.8 Secado del compost 43

3.6 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO MICROBIOLÓGICO DEL COMPOST 44

3.7 DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL COMPOST 45

3.8 CONTROL SANITARIO Y DETERMINACIÓN DE LA

CLASE DE COMPOST 48

3.9. TRATAMIENTO DE DATOS 49

CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSION 51

4.1. CARACTERIZACION DEL PROCESO DE COMPOSTAJE DE LA CORTEZA DE DOS ESPECIES FORESTALES 51

4.2. CONTENIDO MICROBIOLÓGICO DEL COMPOST 57

4.2.1. Compost de la corteza de ***Ceiba Pentandra*** **(L.)** Gaertn. (Lupuna blanca) 57

4.2.2. Compost de la corteza de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca) 58

4.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL COMPOST 61

4.3.1. Olores 61

4.3.2. Contenido de humedad del compost 62

4.3.3 Conductividad eléctrica 68

4.3.4 Contenido de materia inerte o impurezas 69

4.3.5 Tamaño de partículas 70

4.3.6 Densidad aparente del compost 71

4.3.7 Presencia de semillas viables 73

4.4. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL COMPOST 74

4.4.1 Contenido de nutrientes 74

4.4.1.1. Análisis por el contenido de nitrógeno 74

4.4.1.2. Análisis por el contenido de macronutrientes 76

4.4.2 Relación carbono/nitrógeno (C/N) 77

4.4.3 Madurez del compost 79

4.4.4. pH del compost 80

4.4.5. Materia orgánica en el compost 84

4.5 RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL COMPOST 85

CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 88

5.1 CONCLUSIONES 88

5.2 RECOMENDACIONES 89

BIBLIOGRAFIA 91

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Producción de madera rolliza durante los años 2010 – 2019 en el departamento de Ucayali 16

Tabla 2. Producción de madera rolliza (con corteza y sin corteza) de la especie de bolaina blanca durante los años 2010– 2019 en el departamento de Ucayali 16

Tabla 3. Producción de madera rolliza (con corteza y sin corteza) de la especie de Lupuna durante los años 2010 – 2019 en el departamento de Ucayali 17

Tabla 4. Resumen de las ventajas relativas de los procesos aerobios y anaerobios 20

Tabla 5. Rango de temperatura en las fases descomposición del compostaje 22

Tabla 6. Factores que afectan al compostaje 25

Tabla 7. Requisitos de tolerancia de los patógenos 26

Tabla 8. Temperaturas y tiempos para la destrucción de patógenos 26

Tabla 9. Elementos químicos que las plantas necesitan 30

Tabla 10. Características biológicas del compost 44

Tabla 11. Características fisicoquímicas del compost 47

Tabla 12. Cantidad de impurezas 48

Tabla 13. Principales características del compostaje 51

Tabla 14. Análisis microbiológico del compost de la corteza de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca) 57

Tabla 15. Análisis microbiológico del compost de la corteza de ***Guazuma crinita***. Mart. (Bolaina blanca) 58

Tabla 16. Olores del compost de la corteza de madera de dos especies forestales 62

Tabla 17. Contenido de humedad en el compost de la corteza madera de dos especies forestales 62

Tabla 18. Prueba de comparación de 2 medias de muestras independientes del contenido de humedad en el compost de la corteza de madera de dos especies forestales 63

Tabla 19. Conductividad eléctrica del compost de la corteza de madera de dos especies forestales 68

Tabla 20. Prueba de comparación de 2 medias de muestras independientes de la conductividad eléctrica del compost de la corteza de madera de dos especies forestales 69

Tabla 21. Contenido impurezas del compost de la corteza de dos especies forestales 70

Tabla 22. Tamaño de las partículas del compost de la corteza de madera de dos especies forestales 70

Tabla 23. Densidad aparente del compost de la corteza de dos

especies forestales 71

Tabla 24. Prueba de comparación de 2 medias de muestras independientes de la densidad aparente del compost de la corteza de madera de dos especies forestales 72

Tabla 25. Presencia de semillas viables del compost de la corteza de dos especies forestales 73

Tabla 26. Contenido de nitrógeno en el compost de la corteza de dos especies forestales 74

Tabla 27. Prueba de comparación de 2 medias de muestras independientes del contenido de nitrógeno en el compost de la corteza de madera de dos especies forestales 75

Tabla 28. Contenido de macronutrientes en el compost de la corteza de Ceiba Pentandra (L.) Gaertn. (Lupuna blanca) 76

Tabla 29. Contenido de macronutrientes en el compost de la corteza de madera de Guazuma crinita Mart. (Bolaina) 76

Tabla 30. Relación Carbono/Nitrógeno (C/N) en el compost de la corteza de madera de dos especies forestales 77

Tabla 31. Prueba de comparación de 2 medias de muestras independientes de la relación C/N del compost de la corteza de dos especies forestales 78

Tabla 32. pH del compost de la corteza de madera de dos especies forestales después de la incubación 79

Tabla 33. pH del compost de la corteza de dos especies forestales 80

Tabla 34. Prueba de comparación de 2 medias de muestras independientes del pH del compost de la corteza de madera de dos especies forestales 81

Tabla 35. Contenido de materia orgánica del compost de la corteza de dos especies forestales 84

Tabla 36. Prueba de comparación de 2 medias de muestras independientes del contenido de materia orgánica del compost de la corteza de madera de dos especies forestales 84

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Representación esquemática de los diferentes agentes del mercado del compost 10

Figura 2. Ciclo de producción del compost 10

Figura 3. Degradación de la materia orgánica 18

Figura 4. Proceso general del Compostaje 19

Figura 5. Fase de descomposición del compostaje 22

Figura 6. Curva normal Temperatura Vs Tiempo en una pila de Compost 25

Figura 7. Variación de la temperatura (°C) durante el periodo de compostaje de la corteza de madera de dos especies forestales 55

Figura 8. Cantidad de coliformes fecales en el compost de la corteza de dos especies forestales 59

Figura 9. Cantidad de ***salmonella aeuroginosa*** en el compost de la corteza de dos especies forestales 60

Figura 10. Variación de la temperatura y humedad, volteos y riesgos a lo largo del proceso de compostaje de la corteza de Lupuna 64

Figura 11. Variación de la temperatura y humedad, volteos y riesgos a lo largo del proceso de compostaje de la corteza de Bolaina blanca 65

Figura 12. Porcentaje de macronutrientes en el compost de la corteza

de dos especies forestales 77

Figura 22. Variación del pH durante las fases de compostaje de la corteza de dos especies forestales 82

RESUMEN

La presente investigación denominada “Elaboración de compost utilizando corteza de ***Ceiba pentandra*** (L.) Gaertn. (lupuna blanca) y ***Guazuma crinita*** **Mart.** (bolaina blanca) en un sistema cerrado horizontal con rotación en Pucallpa – Ucayali; tuvo como objetivo general: Elaborar manualmente compost utilizando la corteza de madera de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca) y ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca) bajo un sistema cerrado horizontal y con rotación. La investigación fue experimental, descriptivo, analítico y comparativo; ya que describió el proceso de compostaje, se analizó el contenido microbiológico y las características físico-químicas del compost y de esta manera se comparó las características del compost proveniente de la corteza de la madera de dos especies de baja densidad, para estimar sus diferencias o semejanzas. El compost de la corteza de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca), presentó un contenido de ***Salmonella aeuroginosa*** que se encuentra por encima del límite o rango permisible (< 3 NMP/4g), la baja relación entre el carbono y nitrógeno (C/N), cuyo valor fue de 3,60; el bajo contenido de materia orgánica (9,44 %) y el elevado contenido de materia inerte (37,22 %) que se ajusta mejor a un compost de tipo B. El compost de la corteza de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca), presentó una baja relación entre el carbono/nitrógeno (C/N), cuyo valor fue de 2,70; el bajo contenido de materia orgánica (10,4%) y la elevada materia inerte (42,92%) que se ajusta mejor a un compost de tipo B.

Palabras claves: Carbono, compost, contenido microbiológico, corteza, materia orgánica, nitrógeno.

ABSTRACT

The present investigation called “Elaboration of compost using bark of ***Ceiba pentandra*** (L.) Gaertn. (lupuna blanca) and ***Guazuma crinita*** Mart. (bolaina blanca) in a closed horizontal system with rotation in Pucallpa - Ucayali; had as general objective: Manually make compost using the bark of ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (lupuna blanca) and ***Guazuma crinita*** Mart. (White ball) under a closed horizontal and rotating system. The research was experimental, descriptive, analytical and comparative; Since he described the composting process, the microbiological content and the physical-chemical characteristics of the compost were analyzed and in this way the characteristics of the compost from the bark of the wood of two low-density species were compared, to estimate their differences o similarities. Compost from the bark of ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (lupuna blanca), presented a content of ***Salmonella aeuroginosa*** that is above the limit or permissible range (<3 NMP / 4g), the low ratio between carbon and nitrogen (C / N), whose value was 3,60; the low content of organic matter (9,44%) and the high content of inert matter (37,22%) that is better suited to a type B compost. Compost from the bark of ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca), presented a low relationship between carbon / nitrogen (C / N), whose value was 2,70; the low content of organic matter (10,4%) and the high inert matter (42,92%) that is better adjusted to a type B compost.

Keywords: Carbon, compost, microbiological content, bark, organic matter, nitrogen.

INTRODUCCIÓN

Mendoza (2012) afirma que, en la actualidad, el compostaje puede ser una alternativa ideal para el reciclaje de los residuos orgánicos, ya que estos pueden tener un fuerte impacto sobre el ambiente cuando su manejo no es el adecuado, trayendo como consecuencia la contaminación de la atmósfera, el suelo y las aguas. El compostaje es un proceso natural y biológico, mediante el cual, los microorganismos presentes actúan sobre la materia biodegradable, permitiendo obtener un abono orgánico denominado compost, el cual es un buen nutriente para el suelo, porque puede mejorar su estructura, ayuda a reducir la erosión y mejora la absorción de agua y nutrientes por parte de las plantas.

Los fertilizantes son utilizados, principalmente, para obtener mayores producciones y secundariamente para aumentar la calidad de cultivo. Este uso indiscriminado de estos fertilizantes sintéticos es factor principal de la contaminación del suelo, perjudicial para la microfauna existente en el suelo sostiene (Carrión *et al.* 2012).

El compostaje es una tecnología sencilla y económica para aprovechar toda clase de residuos biodegradables, desde desechos de jardín o cocina, papeles hasta estiércoles animales, pudiendo aplicarse tanto a gran escala (a nivel municipal o empresarial) como individualmente (Röben, 2020).

El producto final del proceso de compostaje, se puede utilizar como enmienda orgánica en el suelo, mejoradora de las propiedades físicas, químicas y biológicas. La mejora de la estructura del suelo, el incremento de la capacidad de intercambio catiónico, la eliminación de patógenos, entre otros, aumentarán el crecimiento de las plantas (Chefetz, Chen, Hatcher, & Yadar, 1996).

A su vez el objetivo general de la presente investigación fue: Elaborar manualmente compost utilizando la corteza de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (lupuna blanca) y ***Guazuma crinita*** Mart. (bolaina blanca) bajo un sistema cerrado horizontal y con rotación; y los objetivos específicos fueron: Determinar el proceso de compostaje bajo un sistema cerrado horizontal y con rotación utilizando la corteza de madera de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (lupuna blanca) y ***Guazuma crinita*** Mart. (bolaina blanca); determinar el contenido microbiológico de compost obtenidos a partir de la corteza de madera de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (lupuna blanca) y ***Guazuma crinita*** Mart. (bolaina blanca); determinar las características fisicoquímico del compost proveniente de la corteza de madera de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (lupuna blanca) y ***Guazuma crinita*** Mart. (bolaina blanca); efectuar la comparación de las características fisicoquímicas y contenido microbiológico de los compost de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca) y ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca), para determinar la clase de compost correspondiente; y comparar de las características fisicoquímicas y contenido microbiológico de los compost de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (lupuna blanca) y ***Guazuma crinita*** Mart. (bolaina blanca), con los rangos normales establecidos por la Organización Mundial de la Salud para compost comercial.

A continuación, se presenta una descripción general de los capítulos que forman parte del siguiente trabajo de investigación.

En el primer capítulo, se presenta el planteamiento del problema con su formulación del problema tanto el problema general y los problemas específicos.

En el segundo capítulo, se presenta el marco teórico referente a antecedentes del estudio, al compost y al compostaje, su definición, el objetivo que implica compostar los residuos con alto contenido de materia orgánica, los beneficios que conlleva su uso, los índices de calidad de este material basados en unos rangos permisibles de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, que garanticen su uso sin afectar al ambiente y a la salud pública.

En el tercer capítulo, se describe el método y procedimiento utilizado en la elaboración del compost, determinación del contenido microbiológico del compost, características fisicoquímicas del compost, control sanitario y determinación de la clase de compost y el tratamiento de datos.

En el cuarto capítulo, se muestran los resultados obtenidos después de haber aplicado los métodos descritos en el capítulo anterior, obteniendo la caracterización fisicoquímica de los compost de la corteza de ***Ceiba pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca) y ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca), junto con la cantidad de compost obtenido en los dos tratamientos establecidos en la etapa final del proceso, con sus respectivos resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos.

Y finalmente el quinto capítulo presenta las conclusiones y recomendaciones de la investigación estudiada.

CAPÍTULO I
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 FORMULACION DEL PROBLEMA.

La actividad forestal en los países subdesarrollados se basa en la explotación de los bosques naturales y de plantaciones forestales de especies de crecimiento rápido, en un ciclo constituido por tres grandes componentes, la actividad silvícola y las industrias madereras o talleres de procesamiento primario y secundario.

Los residuos forestales obtenidos en la producción de la madera pueden ser clasificados en dos tipos: subproductos de las actividades de silvicultura y residuos del procesamiento de la madera, estos últimos por estar concentrados en un lugar determinado, su utilización resulta más factible y menos costosa.

La elaboración de la madera incluye: aserrado, descortezado y despulpe, en estos procesos se producen determinados residuos o subproductos como: la corteza, aserrín y pedazos de madera de pequeñas dimensiones (astillas, virutas, entre otros).

En los últimos años, la utilización y desarrollo de abonos orgánicos ha ido en aumento, debido a los nuevos conceptos sobre conservación ecológica y contaminación, ya que el uso indiscriminado de los fertilizantes químicos se ha convertido en un problema, principalmente por la contaminación de aguas y suelos (Chirinos, López, & Romero, 2020).

Los abonos orgánicos están constituidos por desechos de origen animal, vegetal o mixto, se agregan al suelo con la finalidad de mejorar sus características físicas, químicas y biológicas (Chirinos, López, & Romero, 2020).

1.1.1. Problema general

¿Será posible o factible obtener compost utilizando corteza de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn (Lupuna blanca) y ***Guazuma crinita*** Mart (Bolaina blanca) en un sistema cerrado horizontal con rotación?

1.1.2. Problemas específicos.

¿Cuál será el tiempo de compostaje de la corteza de ***Ceiba Pentandra*** (L) Gaertn (Lupuna blanca) y ***Guazuma crinita*** Mart (Bolaina blanca) bajo un sistema cerrado horizontal y con rotación?

¿Cuál es el proceso de compostaje bajo un sistema cerrado horizontal con rotación utilizando la corteza de madera de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn (Lupuna blanca) y ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca)?

¿Cuál será el contenido microbiológico de compost obtenido a partir de la corteza de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn (Lupuna blanca) y ***Guazuma crinita*** Mart (Bolaina blanca)?

¿Qué características fisicoquímicas presentará el compost proveniente de la corteza de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn (Lupuna blanca) y ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca)?

¿Sera factible efectuar la comparación de las características fisicoquímicas y contenido microbiológico de los compost de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca) y ***Guazuma crinita*** Mart (Bolaina blanca), para determinar la clase de compost correspondiente?

¿Los rangos normales establecidos por la Organización Mundial de la Salud para compost comercial serán de acuerdo a las comparaciones de las características fisicoquímicas y contenido microbiológico de los compost de ***Ceiba Pentandra*** (L) Gaertn (Lupuna blanca) y ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca)?

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.

Ramirez (2019) manifiesta que se considera residuos de la madera a lo que queda después del proceso de transformación mecánica de productos forestales en la industria maderera tales como tapas, despuntes, recortes, aserrín, corteza, etc. Además, indica que la acumulación de los residuos en los aserraderos puede llegar a obstaculizar el desarrollo del proceso productivo, por lo que es necesario que sean evacuados con prontitud. Algunos productores los venden o regalan a empresas que les dan diferentes usos, pero en muchas ocasiones se envían a los vertederos o se incineran indiscriminadamente, lo que es un derroche de materia orgánica rica en nutrientes. La acumulación de la corteza puede tener además efectos ambientales negativos: Los residuos pueden ser un medio ideal para la propagación de plagas y enfermedades, contaminación a los cuerpos de agua entre otros, La cuestión del uso de los desechos madereros es muy compleja, sobre todo en los países en desarrollo, y depende de consideraciones económicas y de los medios de transporte.

El compost de aserrín de ***Iryanthera laevis*** Margraw (cumala colorada) presentó dos resultados, como consecuencia del proceso de compostaje, el primero es la baja relación entre el carbono/nitrógeno (C/N), cuyo valor fue 2,40; el segundo es el bajo contenido de materia orgánica (8,79%) y la elevada materia inerte (42,91%) y se ajusta mejor a un compost de tipo B. El compost de aserrín de ***Hura crepitans*** L. trunk (catahua amarilla), presentó tres resultados como consecuencia del

proceso de compostaje; el primero fue el contenido de ***Salmonella aeuroginosa*** que se encuentra por encima del límite o rango permisible (< 3 NMP/4g), el segundo es la baja relación entre el carbono y nitrógeno (C/N), cuyo valor fue 2,30; el tercero es el bajo contenido de materia orgánica (8,75%) y la elevada materia inerte (46,23%) y se ajusta mejor a un compost de tipo B (Shapiama, 2013).

Ermashenkov *et al*. (1989) sostienen que la corteza de madera constituye una buena materia prima para la producción de fertilizantes orgánicos. La transformación de la corteza en fertilizante es el método más limpio para su utilización. Ante el déficit agudo de masa orgánica para la producción de fertilizantes, es necesario mirar la corteza como un recurso potencial no utilizado. La intensificación del proceso de descomposición de la corteza se logra mediante su preparación, la introducción de estimulantes y el composteo. La preparación consiste en:

Eliminar las impurezas.

Molienda hasta tamaño de partícula entre 5 mm - 10 mm. (Se utiliza molino de martillo que produce 5-10 toneladas de corteza / hora).

Crear humedad de 55% - 70%.

Introducir N, P y K en 1,0%; 0,5% y 0,25% respectivamente en base a masa seca de corteza.

Scheffer (1999) menciona que los residuos como la corteza procedente de la gran parte de las industrias madereras suelen terminar contaminar el entorno y saturando las cadenas tróficas, así mismo pueden tener un excelente destino si las dedicamos a la elaboración de abonos orgánicos. Así menciona que el producto del

compost, es un abono de muy alta calidad resultado de la descomposición de residuos orgánicos. Se trata en realidad de humus, pero artificial, es decir favoreciendo por el hombre la actividad biológica de las plantas y microorganismos edáficos. El compost es un abono neutro, o sea sin casi reacción química (ph= 7), ni ácida ni alcalina. El compost no alberga microorganismos patógenos, pues son eliminados a causa de altas temperaturas que se alcanzan durante el proceso de formación (compostaje).

Las características importantes para su comercialización del compost están aspecto y olores agradables, higienización correcta, muy bajo de impurezas y contaminantes, nivel bueno de componente de materia orgánica estabilizado. En la cual la demanda potencial del compost o abono orgánico en el mundo es muy particular en el mercado ya que los insumos para elaborar el compost son abundantes y obtenibles a bajo costo. En donde bolsas de 1kg de compost el precio de venta al público ronda de $ 1 a $ 2. El uso y su comercialización del compost están muy relacionados con la calidad de los productos obtenidos, pero también con un trabajo de información y divulgación sobre sus características y las formas de utilizarlo. La comercialización del compost se basa en cálculos y simulaciones de la capacidad de los suelos y los cultivos para recibir los diferentes tipos de abonos orgánicos generados (Schuldt, 2000)

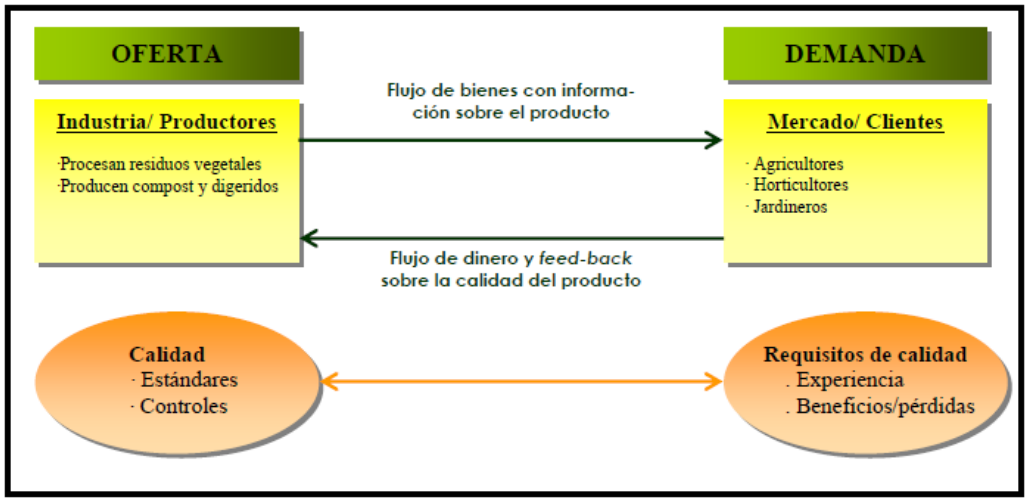


Figura 1. Representación esquemática de los diferentes agentes del mercado del compost.

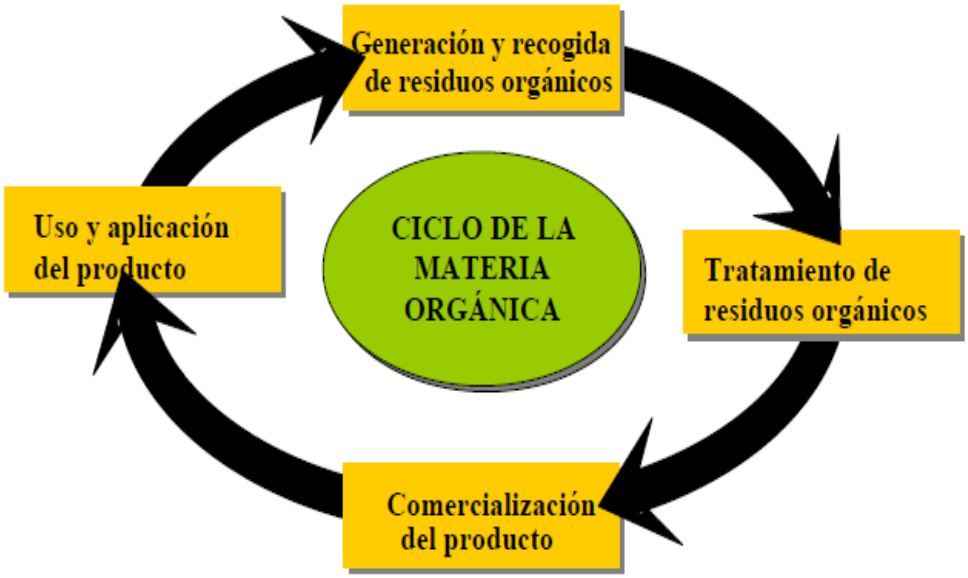


Figura 2. Ciclo de producción del compost.

Se sometió a un proceso biológico de oxidación incompleta (compostización) una mezcla de cortezas de árboles nativos bajo los efectos de la adición de nitrógeno (urea), fósforo (superfosfato triple), ceniza de caldera dendroenergética e inóculo de mantillo de bosque nativo. Las mejores propiedades físicas de la corteza transformada se obtuvieron con el efecto combinado de inóculo, nitrógeno y fósforo, aunque todos los tratamientos permitieron buenas condiciones físicas, sin

limitaciones para un cultivo. En el régimen de elementos nutritivos cada factor tuvo un efecto en la disponibilidad de ciertos elementos, pero todos los tratamientos permitieron niveles similares de disponibilidad. En general, la disponibilidad (peso/volumen) es insuficiente para un cultivo. Todos los sustratos requieren de fertilización según el tratamiento aplicado para la transformación. Globalmente, las adiciones de urea más superfosfato triple permitieron los mejores procesos de transformación microbiológica, mientras que el inóculo y la ceniza evidenciaron menores beneficios (Krause, Thiele, & Winter, 2005).

Burés (2012), considera al compost de corteza de pino como un sustrato totalmente natural, carente de semillas, malas hierbas y agentes patógenos. Es ideal para la jardinería por su homogeneidad y textura, facilitan su aplicación en todo tipo de enmacetado y semilleros. Permite la formación de cepellones consistentes, evita el apelmazamiento de la tierra y logra un drenaje ideal, factores esenciales para un perfecto enraizamiento. Posee una alta porosidad, aportando la cantidad necesaria de oxígeno a las raíces, así como una gran capacidad de retención de agua, lo cual evita la necesidad de un riego frecuente. Indica que su alto contenido en materia orgánica, así como el resto de oligoelementos que lo componen, aseguran la cesión de nutrientes necesarios para el crecimiento óptimo de las plantas, además de su pH, ligeramente ácido, protege la planta evitando el ataque de hongos. Su baja conductividad electrónica pone de manifiesto la carencia de sales, muy perjudiciales en todo tipo de cultivos. El compost de corteza de pino, además de cumplir todos los requisitos de la turba, a diferencia de ésta, es totalmente rehidratable después de un periodo seco.

2.2 PLANTEAMIENTO TEÓRICO.

2.2.1. Clasificación taxonómica de las especies forestales

2.2.1.1. Lupuna blanca

Reynel *et al.* (2003) describen taxonómicamente a **C*eiba pentandra*** (Lennin) Gaertn (Lupuna blanca)

División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Dilleniidae
Orden:	MALVALES
Familia:	MALVACEAE
Subfamilia:	Bombacioideae
Género:	Ceiba
Especie:	***Ceiba pentandra*** (Lennin) Gaertn

Sinónimo: Ceiba pentandra H.BK

Descripción botánica

Árbol: De 60 a 70 m de altura, de tronco cilíndrico grueso, aguijones de forma cónica presente en el fuste y muy densa en las ramas, abultamiento en la pared que puede llegar a medir más de 1.50 -2.00 m de diámetro con contrafuertes, La modificación de la base, poseen aletas tablares bien desarrolladas, engrosadas (hasta 20 m. de espesor).es una de las especies que alcanzan dimensiones en la unidad. Presenta un tipo de copa aparasolada y amplia en individuos emergentes e irregular en el fuste, presenta un tipo de corteza rugosa de color Pardo blanquecino, pardo verdusco en los individuos jóvenes, áreas verdes presentes en

el fuste y lomo de las aletas a modo de esteras alargadas, aguijones de forma cónica presente en el fuste y muy densa, lenticelas grandes agrietadas, escamas distribuidas en líneas verticales discontinuas (aspecto general de líneas paralelas). Ramitas terminales redonda con aguijones, inflorescencia terminal subracimosa, en panículas estrechas, no presenta ritidoma, presenta raíz pivotante, aletas basales bien desarrolladas de altura desigual.

Hojas: compuestas alternas con 5-7 foliolos alternos, estipulas terminales con aguijones en las cuales están divididas en 5 a 9 hojitas más pequeñas, cada hoja sobrepasa los 20 cm. Cuyos bordes son de tipo dentados, peciolo largo de 5cm.

Flores: Presenta inflorescencia terminal axilares, subracimosa. Las flores son grandes, bisexuales, color rosado. Glabras por fuera y vellosas por dentro y filamento soldado.

Fruto: tipo capsula loculicida, Dehiscentes con 5 valvares alargado y rugosos de color marrón, de 2.90 cm. de longitud, 2.50 cm. de ancho y 1.70 cm. de espesor, con un peso de 5 gr., superficie lisa. 200 frutos hacen un kilo. Dehiscente en dos valvas En capsula loculicida, 5 valvares dehiscentes alargados rugosos.

Semillas: Los árboles adultos producen varios cientos de cápsulas de semillas de unos 15 cm. Las vainas o cápsulas contienen semillas que se encuentran rodeadas por una fibra amarillenta y lanosa, que es una mezcla de lignina y de celulosa. Cada fruto contiene 120 – 175 semillas con un peso de 1.100 gr. De color negro y globosas de 4 a 8 mm de largo, rodeadas por abundante vello sedoso blanco a gris plateado.

Fenología: Los árboles pierden las hojas al inicio de la época seca, antes de la floración entre enero y marzo, y lo renuevan un poco después. La floración es en los meses de diciembre a marzo, la fructificación es en los meses de abril a junio.

La Polinización. Quiropterófila (murciélagos), entomófila (abejas) y anemófila (viento).

2.2.1.2. Bolaina blanca.

Reynel *et al.* (2003) describen taxonómicamente a la ***Guazuma crinita*** Mart (Bolaina blanca)

División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Dilleniidae
Orden:	MALVALES
Familia:	MALVACEAE
Subfamilia:	Sterculioideae
Género:	Guazuma
Especie:	***Guazuma crinita*** Mart

Sinónimo: Guazuma crinita Griseb. Britton

Descripcion botánica

Árbol: De 20 m - 35 m de altura total, con un diámetro de 25 cm -50 cm, fuste circular, sin aletones y ramificado en el tercer tercio, la base del fuste recta, forma de copa globosa y fisurada, corteza externa lisa a finamente agrietada, color marrón claro a grisáceo. Corteza interna fibrosa y conformando un tejido finamente reticulado, color amarillo claro, oxida rápidamente a marrón; se desprende en tiras al ser jalada. Ramitas terminales con sección circular, color oscuro cuando secas,

de unos 3 mm - 4 mm de diámetro, usualmente con pubescencia ferruginosa hacia las partes apicales; la corteza se desprende en tiras fibrosas al ser jalada.

Hojas: Compuestas alternas Con 5-7 foliolos alternos, estipulas terminales con aguijones en las cuales están divididas en 5 a 9 hojitas más pequeñas, cada hoja sobrepasa los 20 cm. Cuyos bordes son de tipo dentados, peciolo largo de 5cm.

Flores: Inflorescencias panículas axilares de unos 8 cm-12 cm x 3 cm-6 cm con muchas flores. Flores pequeñas, de 8 mm - 12 mm de longitud, hermafroditas, con cáliz y corola presentes, los pedicelos de 4-8 mm de longitud, el cáliz de 2 mm - 3 mm de longitud, la corola de 6 mm - 12 mm de longitud, de color rosado, con cinco pétalos, cada uno de ellos en forma de cuchara y con dos largos apéndices en el extremo, el androceo formado por cinco columnas estaminales que portan en su extremo numerosas anteras, el gineceo con ovario súpero, ovoide pequeño.

Fruto: tipo capsula globosas de unos 4 mm - 8 mm de diámetro con la superficie densamente cubierta de pelos largos, de unos 3 cm - 4 cm de longitud.

Semillas: son pequeñas, de color pardo, encontrándose hasta 20 semillas por fruto y entre 850,000 a 870,000 por kilo. Su abundante producción de semilla permite que forme rodales coetáneos, o puros o combinada con otras especies heliófitas como el cético o topa.

Fenología: La época de floración puede ser muy variable se puede presentar entre los meses de mayo y septiembre. Sus flores son de color rosa. La época de fructificación es entre Julio y agosto.

Tabla 1.

Producción de madera rolliza durante los años 2010 – 2019 en el departamento de Ucayali.

Año	Madera rolliza (m^3)
2019	460 958.06
2018	499 083.80
2017	373 101.24
2016	269 030.83
2015	329 992.98
2014	182 751.55
2013	276 440.59
2012	267 995.63
2011	224 100.00
2010	293 757.60
TOTAL	3 177 212.28

Fuente: Anuarios del INRENA.

Tabla 2.

Producción de madera rolliza (con corteza y sin corteza) de la especie de bolaina blanca durante los años 2010– 2019 en el departamento de Ucayali.

Año	Especie	Madera rolliza (m^3) (con corteza)	Madera rolliza (m^3) (sin corteza)
2019	Bolaina	38 064,15	16 748,23
2018	Bolaina	42 378,65	21 316,46
2017	Bolaina	56 693,15	25 511,92
2016	Bolaina	14 314,50	5 868,95
2015	Bolaina	25 953,98	13 054,82
2014	Bolaina	30 000,83	12 600,35
2013	Bolaina	12 627,96	5 177,46
2012	Bolaina	12 914,31	6 495,90
2011	Bolaina	39 806,34	16 320,60
2010	Bolaina	34 173,46	15 378,06
TOTAL		306 227,33	138 472,75

Fuente: Anuarios del INRENA

Tabla 3.

Producción de madera rolliza (con corteza y sin corteza) de la especie de Lupuna durante los años 2010 – 2019 en el departamento de Ucayali.

Año	Especie	Madera rolliza (m^3) (con corteza)	Madera rolliza (m^3) (sin corteza)
2019	Lupuna	94 633,58	47 600,69
2018	Lupuna	108 801,19	48 960,54
2017	Lupuna	122 112,59	62 277,42
2016	Lupuna	13 310,62	5 989,78
2015	Lupuna	14 168,39	5 809,04
2014	Lupuna	19 000,00	7 980,00
2013	Lupuna	12 378,72	6 226,50
2012	Lupuna	24 782,80	11 152,26
2011	Lupuna	34 326,85	17 506,69
2010	Lupuna	23 300,32	9 553,13
TOTAL		466 815,06	223 056,05

Fuente: Anuarios del INRENA

2.2.2. Corteza.

(Odneal & Martín, 2000) manifiestan que la corteza es un cilindro de células meristemáticas denominadas cambium vascular que se encuentra rodeando al leño de cualquier árbol. Estas células se dividen para producir dos tejidos: xilema hacia adentro y el floema hacia fuera. El primero pasa a constituir el leño del árbol, mientras que el floema es el encargado de transportar los productos de la fotosíntesis elaborados por las hojas hacia el resto de la planta. El desarrollo de los tejidos vasculares secundarios originados por el cámbium vascular es acompañado por la formación de un conjunto de tejidos de protección o peridermis, conocido vulgarmente como corteza. Desde el punto de vista funcional este tejido reemplaza

a la epidermis cuando se cae. Es la capa más externa del árbol que está formada por células muertas del mismo árbol que sirve de protección contra los agentes atmosféricos.

2.2.2.1. Composición de la fracción fibrosa de la corteza.

La corteza contiene un porcentaje relativamente elevado de componentes que no son carbohidratos, como lignina, suberina, taninos, flavofenos y otros compuestos de carácter fenólico. El contenido de lignina es de 15% - 30% para corteza libre de extraíbles, en coníferas. Existe además un contenido elevado de suberina en la capa externa, entre 20% - 40% (Álvarez, 2015).

2.2.3. Compostaje

(Puerta, 2014) afirma que el compostaje es la degradación de residuos orgánicos por la acción de los microorganismos, alterando la estructura molecular de los compuestos orgánicos. Según el tiempo de descomposición, se da el grado de madurez al realizar biotransformación o degradación parcial (descomposición de un compuesto orgánico en otro similar) y mineralización o degradación completa, considerada ésta como la descomposición total de las moléculas orgánicas en dióxido de carbono, residuos inorgánicos inertes o minerales que se incorporan a la estructura del suelo, de los microorganismos y de las plantas.

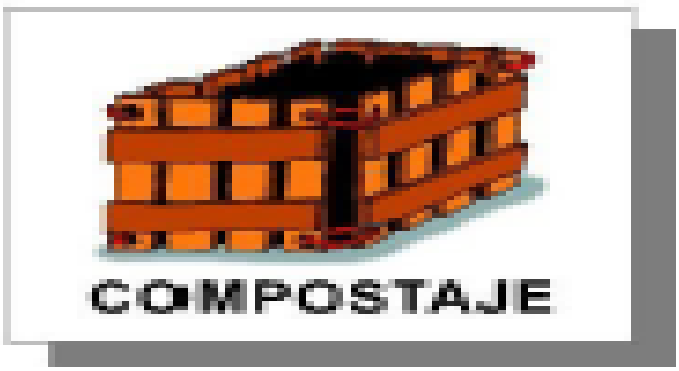


Figura 3. Degradación de la materia orgánica

2.2.3.1. Proceso de Compostaje.

El proceso de compostaje consiste en la degradación de la materia orgánica mediante su oxidación y la acción de diversos microorganismos presentes en los propios residuos, una porción de la energía liberada , capturada y usada para la síntesis de nueva materia celular. Cuando los microorganismos mueren el material celular se convierte en alimento para otros microorganismos y tiene lugar una nueva transformación en dióxido de carbono, agua y nueva materia celular. Este proceso se va repitiendo hasta que la porción de materia orgánica remanente es muy resistente al ataque microbiano. A medida que avanza el proceso de compostaje, los compuestos orgánicos más fácilmente biodegradables van oxidándose y gradualmente van siendo reemplazados por materiales húmicos cada vez menos biodegradables. Este proceso de descomposición de la materia orgánica dura aproximadamente entre cinco y seis meses (López, Silva, & Valencia, 2011).

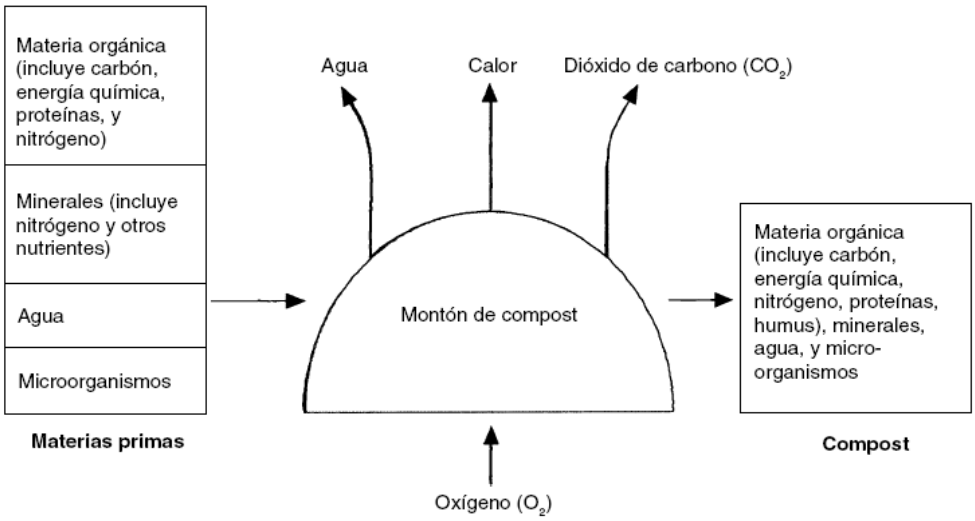


Figura 4. Proceso general del Compostaje.

(López, Silva, & Valencia, 2011) mencionan que la descomposición de los sustratos orgánicos durante el proceso de compostaje se puede realizar de 2 maneras:

- **El proceso aerobio:** es la descomposición de los sustratos orgánicos en presencia de oxígeno (aire) obteniéndose como principales productos del metabolismo biológico: dióxido de carbono, agua y calor. El compostaje aerobio ha tenido mayor aplicación dada su mayor flexibilidad, las altas velocidades de estabilización y la relativa fácil operación de los sistemas. se libera mucho menos energía.
- **El proceso anaerobio:** es la descomposición del material orgánico en ausencia de oxígeno obteniéndose como productos metabólicos finales metano, dióxido de carbono y numerosos compuestos orgánicos de bajo peso molecular como ácidos y alcoholes. el compostaje anaerobio dada su aplicación es complejo y se utilizan en menor proporción que los aerobios, pero son importantes ya que permiten generar biogás a partir de residuos humanos, animales, agrícolas y residuos sólidos urbanos, etc. se libera mucho mas energía.

Tabla 4.

Resumen de las ventajas relativas de los procesos aerobios y anaerobios.

Característica	**Procesos aerobios**	**Procesos Anaerobios**
Uso energético	Consumidor neto de energía	Productor neto de energía
Productos finales	Humus, CO_2, H_2O	Lodos, CO_2, CH_4
Reducción de volumen	Hasta el 50%	50%
Tiempo de proceso	20-30 días	20-40 días
Objetivo primario	Reducción de volumen	Producción Energía
Objetivo secundario	Producción Compost	Estabilización residuos

2.2.3.2. Fase de descomposición del compostaje

(Jaramillo, 2005) enuncia cuatro (4) fases descritas durante el proceso del compostaje, las cuales se describen a continuación (Figura 5):

- Mesófila: es la primera fase y se caracteriza por la presencia de bacterias y hongos, siendo las primeras quienes inician al proceso por su gran tamaño; ellas se multiplican y consumen los carbohidratos más fácilmente degradables, produciendo un aumento en la temperatura desde la del ambiente a más o menos 40 °C.
- Termófila: en esta fase la temperatura sube de 40 °C a 60 °C, desaparecen los organismos mesófilos, mueren las malas hierbas, e inician la degradación los organismos termófilos. En los seis (6) primeros días la temperatura debe llegar y mantenerse a más de 40 °C a efecto de reducción o supresión de patógenos al hombre y a las plantas de cultivo. A temperaturas muy altas, muchos microorganismos importantes para el proceso mueren y otros no crecen por estar esporulados. En esta etapa se degradan ceras, proteínas y hemicelulosas y, escasamente la lignina y la celulosa; también se desarrollan en estas condiciones numerosas bacterias formadoras de esporas y actinomicetos.
- Enfriamiento: la temperatura disminuye desde la más alta alcanzada durante el proceso hasta llegar a la del ambiente, se va consumiendo el material fácilmente degradable, desaparecen los hongos termófilos y el proceso continúa gracias a los organismos esporulados y actinomicetos. Cuando se inicia la etapa de enfriamiento, los hongos termófilos que resistieron en las zonas menos calientes del proceso realizan la degradación de la celulosa.

- Maduración: la maduración puede considerarse como complemento final de las fases que ocurren durante el proceso de fermentación disminuyendo la actividad metabólica. El producto permanece más o menos 20 días en esta fase.

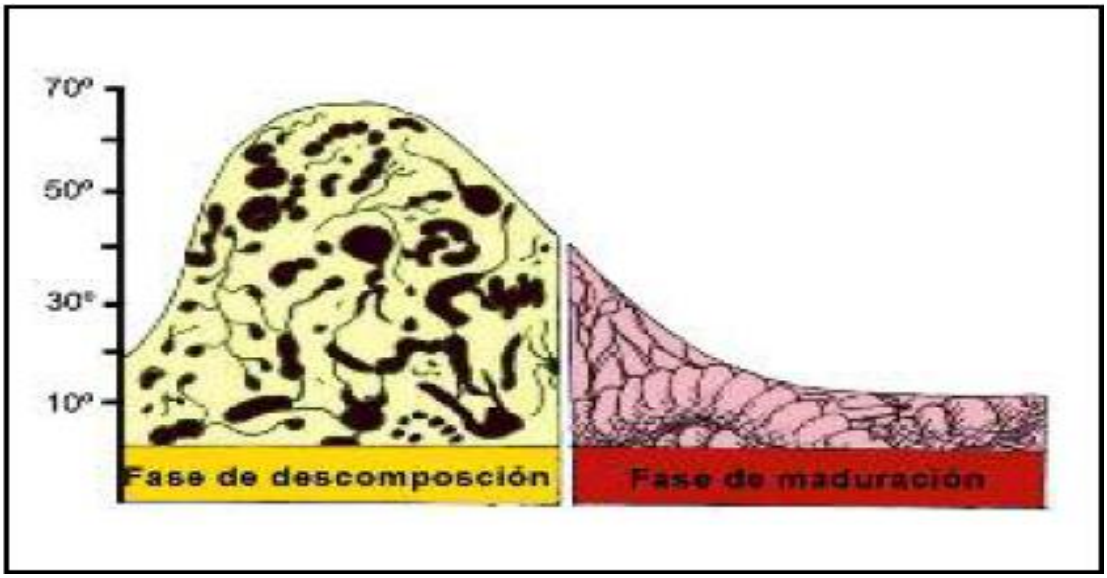


Figura 5. Fase de descomposición del compostaje.

Tabla 5. Rango de temperatura en las fases descomposición del compostaje.

Fase descomposición del compostaje	Rango de temperatura	Evolución de especie
Fase de latencia y crecimiento	15 ºC – 45 ºC	Bacterias mesófilas: Destrucción huevos de larvas insectos. Inicia la destrucción de bacterias y hongos
Fase termófila	45 ºC – 70 ºC	Bacterias termófilas: Destrucción final de patógenos. Bacterias termófilas y Actinomicetos.
Fase de maduración	inferior a los 40º C	Desaparición de Bacterias termófilas y mesófilas, libre de patógenos.

2.2.3.3. Factores que influencian el Proceso de Compostaje.

- **Microrganismos y ecología microbiana del compostaje.**

El conjunto de microrganismos que se desarrolla durante el compostaje puede afectar el proceso tanto positiva como negativamente. En el grupo de los microrganismos beneficiosos se encuentran los que biotransforman la materia orgánica en presencia de oxígeno, que conducen la obtención de compost de calidad; los microrganismos degradadores de compuestos contaminantes, que permiten aplicar el compostaje en biodescontaminación; y los microrganismos que ejercen actividad antagónica frente a patógenos, que contribuyen a la actividad higienizante del compostaje. Entre los microrganismos indeseables o que puedan afectar negativamente al proceso o a la calidad del producto se encuentran los implicados en la generación de olores y patógenos (Moreno, 2008)

(Rico, 2013) menciona que dentro de los microorganismos que se pueden encontrar dentro del proceso de compostaje se tienen:

✓ Bacterias: Representan el 80% a 90% del billón de microorganismos típicamente presentes en el compost. Son responsables de la mayor parte de la descomposición y de la generación de calor. Son de categorías nutricionales diversas y usan un amplio rango de enzimas para romper químicamente una gran variedad de material orgánico. Las bacterias que se pueden encontrar son: Pseudomonas, celullomonas, bacillus, actinomycetes y bacterias del género Thermus.

✓ Hongos: Incluyen a los hongos filamentosos y las levaduras. Típicamente saprofíticos (obtienen la energía de la materia orgánica de las plantas y animales muertos) y aeróbicos, encuentran un hábitat ideal en el compost. Crecen como filamentos casi invisibles o como colonias blancas o grises vellosas en la superficie de la pila. Son responsables de la descomposición de polímeros complejos (celulosa, hemicelulosas, pectinas, lignina). En el compost son importantes porque rompen los restos vegetales y animales permitiendo que las bacterias continúen con la descomposición una vez que la celulosa se ha agotado. Pueden atacar material demasiado seco, ácido o con bajo contenido de nitrógeno de difícil descomposición por las bacterias.

✓ Protozoos y Rotíferos: Estos animales microscópicos unicelulares (protozoos) o multicelulares (rotíferos) se encuentran en la película de agua en el compost. Se alimentan de materia orgánica, bacterias y hongos. Su participación en la descomposición del material es menor. Los microrganismos sobreviven en un determinado hábitat porque son capaces de colonizarlo y utilizar los recursos contenidos en el mismo.

El compostaje es un proceso basado en el control de factores bióticos (nutricionales y ambientales y abióticos (competición, capacidad de supervivencia), relacionados entre sí, condicionan la sucesión de ambientes diferentes necesarios para la consecución del compostaje (Moreno, 2008).

✓ **Otros factores que afectan el compostaje**.

Los factores que intervienen en el proceso biológico del compostaje son muchos y muy complejos (tabla 6), estando a su vez influenciados por las condiciones

ambientales, tipo de residuo a tratar y el tipo de técnica de compostaje empleada (Pajuelo, 2006).

Tabla 6.

Factores que afectan al compostaje

Factores que afectan el compostaje	
Abióticos	Bióticos
Oxígeno Tamaño de partícula Composición del sustrato y balance de nutrientes Relación C/N equilibrada Humedad Temperatura Ph	Microrganismos como bacterias capaces de metabolizar compuestos orgánicos complejos menos biodegradables tales como los hongos y actinomicetos que son característicos de la fase de maduración.

Fuente: Pajuelo (2006)

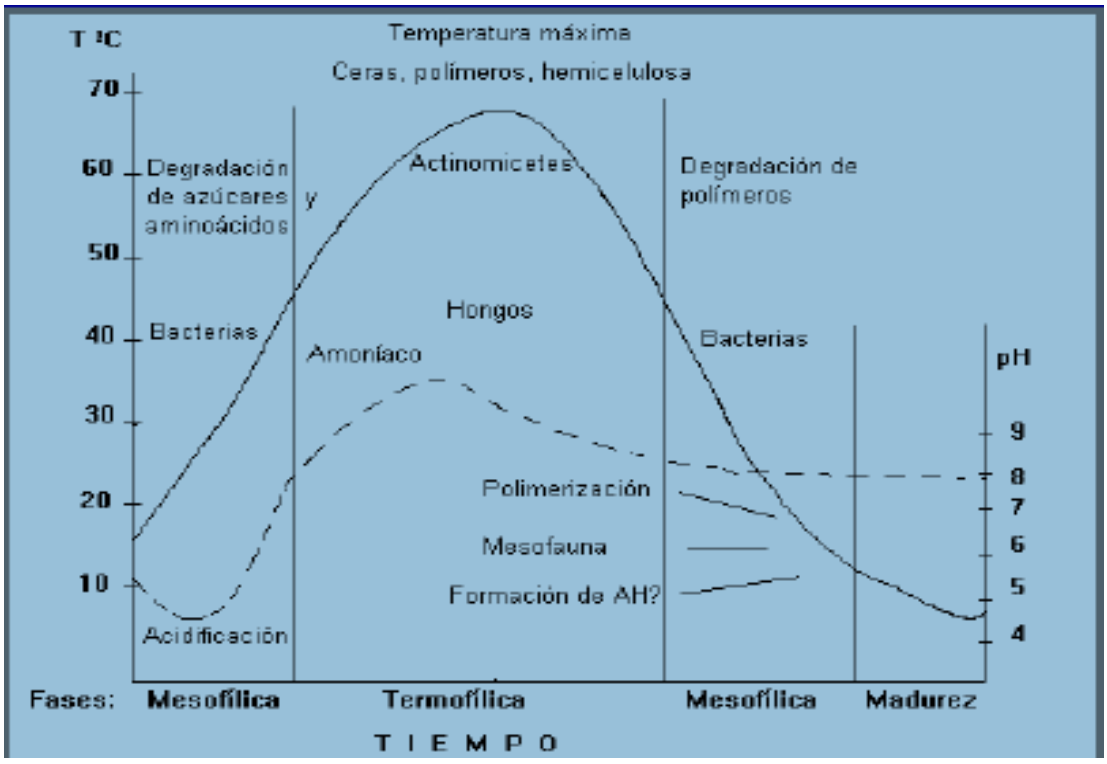


Figura 6. Curva normal Temperatura Vs Tiempo en una pila de compost.

Tabla 7.

Requisitos de tolerancia de los patógenos.

Microorganismo	Temperatura (ºC)	Tiempo (min)
Salmonella Tifosa	55-60	55-60
Salmonella sp	55	60
Larvas de ***Trichinella spiralis***	50	Pocos Segundos
Brucella abortis	62	5 3
Escherichia coli	55	60
Huevos de ***Áscaris lumbricoides***	50	60
Microbacteria Tuberculosis	66	15-20
Entamoeba histolítica	45	Pocos Segundos
Taenia	55	Pocos Segundos

Fuente**:** Oficial Chilena NCh2880.of2004

Tabla 8.

Temperaturas y tiempos para la destrucción de patógenos.

Tipo de microorganismo	Tolerancia
1. Coliformes Fecales	< a 1000 NMP por gramo de compost, en base seca
2. *Salmonella sp.*	3NMP en 4gramos de compost, en base seca
NMP= Numero Más Probable	

Fuente**:** Oficial Chilena NCh2880.of2004

(COMPOSTADORES, 2013) señalan que el pH es un valor que nos indica si un producto o material es ácido (pH inferior a 7), alcalino (pH superior a 7) o neutro (pH igual a 7). Conviene que el compost sea lo más neutro posible porque los microorganismos responsables de la descomposición de los restos orgánicos no toleran valores muy alejados del 7. Si esto se produjese, el proceso de compostaje se detendría o se ralentizaría notablemente. En cambio, la alcalinización que supone la formación de NH_3 es poco importante, porque es muy

limitada en el tiempo y la subida de pH es escasamente significativa, con lo cual no afecta el producto final, el compost maduro. Tanto la pérdida de nitrógeno como la ligera alcalinización pueden evitarse si los restos verdes se mezclan, en el momento de depositarlos en el compostador, con materiales secos (ricos en carbono), puesto que éstos son capaces de combinarse con las moléculas de los restos frescos, retener el nitrógeno que se libera y compensar la alcalinización que los materiales verdes puedan producir.

- **Relación Carbono/Nitrógeno**

En el proceso de compostaje el carbono es la fuente de energía utilizada por los microorganismos para la activación de sus procesos metabólicos, mientras que el nitrógeno, es el material básico para la síntesis de material celular, Una relación adecuada entre estos dos nutrientes, favorecerá un buen crecimiento y reproducción. Por lo tanto, la relación C/N es uno de los aspectos más importantes en el balance nutricional del compost. En términos generales señala, una relación C/N inicial de 20 a 30 se considera como adecuada para iniciar un proceso de compostaje. Si la relación C/N está en el orden de 10 nos indica que el material tiene relativamente más Nitrógeno. Si la relación es de 40, manifiesta que el material tiene relativamente más Carbono. Los autores precisan, que un material que presente una C/N superior a 30, requerirá para su biodegradación un mayor número de generaciones de microorganismos, y el tiempo necesario para alcanzar una relación C/N final entre 12-15 (considerada apropiada para uso agronómico) será mayor. Si el cociente entre estos dos elementos es inferior a 20 no afecta al proceso de compostaje, pero si se producirán pérdidas considerables de nitrógeno en forma de amoniaco gaseoso. Es deseable que la relación C/N este en el rango de 25:1 a 50:1en la mezcla inicial. La relación C/N se considera como un indicador

del grado de avance del proceso, así al inicio del proceso esta relación debe ser del orden de 30:1 y al final cuando se alcanza la maduración del compost puede ser de 10 (Sztern & Pravia, 1999).

Por su parte (ABARRATALDEA, 2020) manifiesta que para su activación y para conseguir una composición equilibrada hemos de atender la relación de dos elementos que contienen todos ellos: el carbono (C) y el nitrógeno (N) y la relación se expresará en C/N. Hay quienes plantean que la relación más apropiada para un compost equilibrado se establece en torno a un 25/1 ó 35/1 y hay quienes la elevan a 45/1 y 60/1. La relación C/N original varía con respecto a la final en función de diferentes factores. Así mismo plantea una lista de estas relaciones de diferentes restos orgánicos y vegetales.

Niveles altos de Nitrógeno

- Orines: 1/1
- Estiércol de aves y deyecciones frescas de animales: 5-15/1
- Purín de ortigas y ortigas frescas: 3-15/1
- Césped recién cortado: 10-20/1
- Plantas leguminosas recién cortadas: 10-20/1
- Abonos verdes antes de la floración: 10-20/1
- Restos vegetales frescos:10-20/1
- Posos de café:20/1
- Restos de cocina: 15-25/1

Equilibrados en C y N

- Consuelda, ortigas: 15-30/1

- Estiércol de oveja o caballo con cama de paja: 20-30/1
- Hierbas al final del ciclo vegetativo: 20-30/1
- Hojas de árboles frutales y arbustos: 20-35/1
- Estiércol de caballo con cama de paja: 20-40/1
- Ramas de poda trituradas finas o medianas: 25-40/1
- Residuos de cultivo de champiñón: 30-40/1

Niveles altos de Carbono

- Serrín: 500-1000/1
- Papel y cartón: 150-300/1
- Cañas de maíz secas: 100-150/1
- Paja de trigo: 100-130/1
- Sarmientos: 85/1
- Turbas: 40-100/1
- Agujas de pino: frescas 30/1, secas 150/1
- Ramas de poda otoñal y las muy gruesas: 30-80/1
- Paja de avena, centeno y cebada: 50-60/1
- Hojas de haya, roble y frondosas: 50-60/1

- **Macronutrientes y micronutrientes en el compost**

Los macronutrientes son los que las plantas necesitan en mayor proporción, ya que constituyen los elementos químicos más abundantes de su composición orgánica. Los micronutrientes u oligoelementos, en cambio, son necesarios en muy pequeñas cantidades y, por ello, su presencia en las plantas es más reducida que en el caso

de los macronutrientes. Sin embargo, tanto unos como otros son esenciales para el buen desarrollo de los vegetales (COMPOSTADORES, 2013)

Tabla 9.

Elementos químicos que las plantas necesitan

MACRONUTRIENTES				**MICRONUTRIENTES**
Primarios		**Secundarios**		
N	2.0 %	Ca	1.3 %	Fe Zn Cu Mn Mo B Cl
P	0.4 %	Mg	0.4 %	La suma de todos ellos supone el 1 % de la composición química de las plantas
K	2.5 %	S	0.4 %	

(COMPOSTADORES, 2013) sostienen que el nitrógeno fomenta el crecimiento de la parte aérea de los vegetales (hojas, tallos), responsable del color verde de las plantas y confiere resistencia a las plagas. Su proporción en el compost varía en función del grado de madurez, de manera que el compost fresco es pobre en nitrógeno, mientras que la concentración crece a medida que el compost madura.

Después del nitrógeno el fósforo es el nutriente más importante. Se estima que en las células microbianas la relación N/P oscila entre 5:1 a 20:1. De aquí que la mayor parte de los autores considere correcta una relación N/P de estos órdenes de magnitud.

- **Población microbiana.**

(FAO, 1991) afirma que los organismos que participan en el proceso de compostaje son:

Microflora: Bacterias, actinomicetos, hongos, mohos y levaduras.

Microfauna: Protozoos.

Macroflora: Plantas grandes, hongos (champiñones y setas).

Macrofauna**:** Ácaros, hormigas, termitas, miriápodos, ciempiés, arañas, escarabajos, gusanos.

La actividad microbiana tiene gran importancia ya que según (Mayea, 1993) a través de la misma se realizan diferentes funciones como: La descomposición de los residuos orgánicos ricos en carbono, formación, descomposición y actividad heterótrofa de la biomasa microbiana que controla el flujo de energía y el ciclo interno de nutrientes; producción y secreción de enzimas extracelulares, permitiendo la degradación de compuestos complejos y manteniendo la descomposición cuando cesa la actividad microbiana; mineralización de compuestos orgánicos que contienen N,P,K y otros elementos; síntesis y descomposición del humus; controla la dinámica, mantenimiento y actividad del carbono.

- **Olores.**

(FIDA, 2012) indica que el compost está maduro, de color marrón o negro similar al del café oscuro, olor a bosque o tierra de cultivo similar al de monte de matillo de hojas, textura uniforme libre de partículas y estar frío debido a que la actividad de los microbios ya habrá cesado. No debe desprender agua al estrujarlo, ni presentar gusanos.

- **Conductividad Eléctrica (CE)**

La conductividad eléctrica de un compost está determinada por la naturaleza y composición del material de partida, fundamentalmente por su concentración de

sales y en menor grado por la presencia de iones amonio o nitrato formados durante el proceso (Bueno & Díaz, 2012).

- **Contenido de materia orgánica**

(Reta, 2012) manifiesta que la materia orgánica se va biodegradando por un lado en compuestos solubles o gaseosos tales como CO_2 (dióxido de carbono), NH_3 (amoníaco), NO_3 (nitrato); PO_4^{-3} (fosfato); SO_4^{-2} (sulfato) (mineralización) y por otro se va transformando en elementos húmicos, que son bastante estables y resistentes a los microorganismos (humificación). Indica también que el humus es el responsable de mejorar las propiedades físicas del suelo, proporcionar estabilidad a los agregados del mismo, mejorar la porosidad, incrementar su capacidad de retención del agua, mejorar las propiedades químicas y biológicas, constituirse en fuente de elementos minerales para las plantas y contribuir así al crecimiento de vegetales y raíces.

Durante el compostaje se produce la degradación de la materia orgánica, produciéndose la mineralización parcial de compuestos orgánicos complejos, que se transforman en agua, CO_2 y sustancias húmicas. Por tanto, se puede considerar que el compostaje es un proceso controlado en el cual ocurren procesos de mineralización y humificación (Cereijo *et al.* 2007)

Crespo (2019) menciona que a mayor contenido de materia orgánica (MO) en el compost, menor será la cantidad de impurezas contaminantes.

- **Densidad aparente seca**

O masa volumétrica se define como la relación entre la masa de material sólido seco (a 105 ºC) y el volumen que ocupa en unas condiciones determinadas,

incluyendo el material sólido y el espacio poroso total (poros internos más los poros interparticulares). La densidad aparente depende del grado de compactación y del tamaño de las partículas, cosa que no ocurra con la densidad real. Se expresa generalmente en g/cm^3 ó en g/l (Domínguez, 2012)

- **Estructura y tamaño de partículas**

Numerosos materiales pierden rápidamente su estructura física cuando ingresan al proceso de compostaje (por ejemplo, las excretas), otros no obstante son muy resistentes a los cambios, tal es el caso de materiales leñosos y fibras vegetales en general. En este caso la superficie de contacto entre el microorganismo y los desechos es pobre, no olvidar del carácter osmótrofo de la gran mayoría de las bacterias (Sztern & Pravia, 1999)

2.2.3.4. Sistemas de compostaje.

Plana (2008) la sofisticación y evolución de los métodos de compostaje, junto con el desarrollo de maquinaria específica para el proceso, como son las volteadoras, permitieron crear una gama de sistemas de compostaje que se clasifican en base a dos aspectos o características: en función del nivel de aislamiento del material con respecto al exterior, y si a lo largo del proceso hay volteos o mezclados del material.

- **Sistemas abiertos o compostaje en pilas:** donde los procesos se realizan completamente al aire libre (aunque es frecuente encontrar instalaciones bajo cubierta, en naves abiertas, especialmente en zonas de alta pluviosidad). en general, son más difíciles de controlar ya que en este sistema el material a

compostar se apila en una plataforma impermeable, como hormigón o asfalto. A veces se usa una capa de polietileno como precaución extra para asegurar que ningún contaminante alcance el suelo a través de las grietas, en el caso de que existan.

- **Sistemas semi-abiertos:** que se llevan a cabo en naves cerradas que disponen de algún sistema de succión y envío de los gases a un tratamiento de depuración, generalmente mediante un biofiltro.

- **Sistemas cerrados o en reactores:** que se realizan en recintos totalmente herméticos, sometidos a un exhaustivo control de parámetros y con conducción de todos los gases a tratamiento por limpieza (lavadores, humectadores, etc.) Por otra parte, pueden ser diseñados y pueden funcionar en las condiciones que se encuentren ideales para cada caso, pero estos sistemas invariablemente son más caros y por ello no apropiados para todos los tipos de residuos.

El mismo autor manifiesta que otra división es la que depende que la masa a compostar sea removida por algún dispositivo mecánico que homogenice el material permitiendo que las capas exteriores de la masa pasen a su interior y viceversa. En función de esto se crean dos grupos:

- **Sistemas estáticos**, donde una vez constituida la pila, no es movida hasta el final del proceso, o hasta que concluye su tiempo de permanencia en determinada parte de la instalación.
- **Sistemas dinámicos**, donde se realizan volteos o movimientos del material.

2.2.3.5. Tiempo de compostaje

(Vicencio, Pérez, Medina, & Martinez, 2012) señalan que el tiempo que tarda en compostarse un residuo depende de la complejidad de su materia orgánica, residuos municipales y paja con estiércol compostado en pilas volteadas, tardaron 90 y 100 días respectivamente y el lodo del rastro sólo 80 días, probablemente porque está predigerido, ya que proviene del tracto digestivo de vacas y cerdos.
La duración del proceso de compostaje, es decir el tiempo que transcurre desde que ponemos los materiales orgánicos a que extraemos el abono (humus) depende fundamentalmente de las características del material utilizado (ECOSUR, 2020)

(EL HOGAR NATURAL, 2020) manifiesta que el proceso para obtener el compost suele durar entre 3 meses y un año, dependiendo de la forma en la que trabajemos la pila o montón, las características asociadas al material y la conducción del proceso del compostaje y factores ambientales.

2.2.3.6. Presencia de semillas viables durante el proceso de compostaje

Durante el proceso de compostaje el aumento de temperatura ocasiona la pérdida de viabilidad de las semillas (debido al contenido de patógenos) presentes en la enmienda orgánica. Si bien algunos autores observan disminuciones del 100% en la viabilidad, otros estudios indican que el compostaje solo reduce parcialmente el número de semillas viables. En un principio se sugirió que la resistencia de las semillas al proceso de compostaje estaba relacionada tanto a las temperaturas que se alcanzaban en el proceso como a las diferencias entre semillas. Actualmente se ha demostrado que la presencia de “puntos fríos”, el número de volteos y el contenido de humedad de

las pilas de compostaje influyen en la cantidad de semillas (Kowaljow & Varela, 2019).

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.

- ✓ **Abono:** Sustancia que contiene cantidades apreciables de uno o más de los elementos químicos indispensables para la vida vegetal
- ✓ **Activador:** Los activadores son materiales que se añaden a la pila del compost, como el estiércol, sangre seca, que contienen una fuente de nitrógeno o azucares. Su propósito es incrementar la actividad microbiana.
- ✓ **Aerobio:** Un organismo aerobio es aquel que requiere la presencia del oxígeno libre en el ambiente para sobrevivir. La transformación aerobia, o fermentación aerobia, de la materia orgánica consiste en su degradación en presencia de oxígeno por medio de bacterias, produciendo principalmente dióxido de carbono, agua y otros componentes.
- ✓ **Anaerobio:** Un organismo anaerobio es aquel que no requiere la presencia de oxígeno atmosférico para sobrevivir. La transformación anaerobia, o fermentación anaerobia, de la materia orgánica consiste en su degradación en ausencia de oxígeno por medio de bacterias, produciendo el denominado biogás, que es una mezcla de gases resultantes de la descomposición de la materia orgánica realizada por acción bacteriana, donde predomina el metano.
- ✓ **Compost:** Abono orgánico obtenido a partir de la descomposición aerobia (en presencia de oxígeno) por la acción de millones de microorganismos, de la parte orgánica de los residuos de origen animal o vegetal. Es un producto estable, de olor agradable resultado del proceso de compostaje.

✓ **Compostador:** Aparato utilizado para la elaboración de compost. También llamado compostadora, compostero o compostera.

✓ **Compostaje:** Proceso de descomposición biológica controlada de residuos sólidos orgánicos bajo condiciones aerobias.

✓ **Descomposición:** Acción de bacterias y hongos microscópicos sobre la materia orgánica. Estos microorganismos atacan y digieren los compuestos orgánicos complejos reduciéndola a formas más simples que pueden ser asimiladas por las plantas. Degradación de la materia orgánica en partículas pequeñas, hasta que el material original se haga irreconocible

✓ **Estabilidad:** Referida al compost, se define como el grado de descomposición de la materia orgánica, por lo que la estabilidad del compost se puede expresar como una función de la actividad microbiológica. Así, el compost estable no presentará actividad microbiológica ni liberará calor ni CO_2. Por ello, también se puede referir al grado en que el compost puede ser almacenado sin causar molestias.

✓ **Estercolero:** Lugar donde se depositan los excrementos de los animales para su conversión en abono y posterior utilización en el campo

✓ **Estiércol:** Desecho animal utilizado como abono. Aporta importantes nutrientes al suelo.

✓ **Humus:** Es una sustancia que se produce por la descomposición de restos orgánicos en suelo contiene nutrientes que las plantas pueden absorber y además favorece su resistencia, crecimiento, etc. es una materia homogénea, amorfa, de color oscuro e inodora. Los productos finales de la descomposición del humus son sales minerales, dióxido de carbono y amoníaco.

- ✓ **Inertes:** Residuos como vidrios, plásticos, etc., que si bien no son deseables no interfieren en la formación del compost
- ✓ **Parva:** Montón o cantidad grande de una cosa. El término se utiliza también referido al acúmulo de materiales que constituyen una pila en la producción del compost.
- ✓ **Tamices:** Tramas metálicas o de fibras que sirven para la separación de sólidos en función de su tamaño.
- ✓ **Voltear:** Darle vuelta a la pila de compost, de tal forma que el material de arriba esté luego debajo, facilitando la aireación. La mejor herramienta para voltear el compost es una horca o tenedor de cavar de cinco puntas.

Fuente: Del Val (2019)

CAPITULO III
METODOLOGÍA

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

La presente tesis se desarrollarlo en el campus universitario, al costado del pabellón de laboratorios agroforestal de la Universidad Nacional de Ucayali, la misma que se encuentra ubicada en el Km. 6,00 de la carretera Federico Basadre, (margen izquierdo), de la ciudad de Pucallpa, provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali, Perú.

Las muestras de corteza de madera de ***Ceiba pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca) fueron obtenidas en la Empresa Industrial Ucayali S.A.C que se encuentra en el Km. 4,300 de la carretera Federico Basadre, (margen izquierdo), de la ciudad de Pucallpa. Mientras que las muestras de corteza de madera de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca) fueron obtenidas en la Empresa M y S madera E.I.R.L que se encuentra en el Km. 12,400 de la carretera Federico Basadre, (margen derecho), de la ciudad de Pucallpa.

La identificación de las especies se hizo anatómicamente en el Laboratorio de Anatomía de la Madera de la Universidad Nacional de Ucayali. El análisis de cada compost se hizo en forma independiente en el Laboratorio de Aguas y Alimentos de la **Empresa** N**atura E.I.R.L.** de Pucallpa La determinación de la madurez del compost se realizó en el Laboratorio de Fitopatología de la Universidad Nacional de Ucayali.

3.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.

Por su naturaleza la investigación fue experimental y además tuvo un carácter descriptivo, analítico y comparativo.

Fue descriptivo porque se describió el proceso de compostaje. Fue analítico porque se analizó el contenido microbiológico y las características físico-químicas del compost y fue comparativo ya que se comparó las características del compost proveniente de la corteza de la madera de dos especies de baja densidad para estimar sus diferencias o semejanzas.

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA.

3.3.1. Población.

Estuvo constituida por el volumen de corteza de madera de dos especies forestales ***Ceiba pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca) cuyo volumen es (47 032,89 m^3) aproximadamente, y de la ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca) cuyo volumen es (21 315,92 m^3) aproximadamente, generados el año 2019 en los aserraderos de Pucallpa.

3.3.2. Muestra.

Lo constituyó 50 kg (0.1 m^3 aprox.) de corteza por cada especie forestal.

3.4. MATERIALES Y EQUIPOS.

3.4.1. Materiales

- 50 kg de corteza de ***Ceiba pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca)
- 50 kg de corteza de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca)
- 50 kg de estiércol de ovino
- 5 kg de ceniza

- Agua
- 10 sacos de polietileno
- 01 ciento bolsas de polietileno
- Libretas de campo
- Lapiceros
- Papeles

3.4.2. Máquinas y equipos

- 02 composteras
- 01 balanza
- 01 pHmetro
- Calculadora
- Cámara digital
- 01 estufa
- 01 termómetro
- 01 sellador de bolas
- 01 mufla eléctrica
- Molino de corteza
- Equipo de computo

3.5. PROCEDIMIENTO DE ELABORACIÓN DEL COMPOST

3.5.1. Construcción de galpón de compostaje

En el campus universitario, al costado del Pabellón de Laboratorios Agroforestal de la Universidad Nacional de Ucayali se seleccionó un lugar seco y firme de 10 m x 5 m para la construcción del galpón de compostaje, a base madera y techo de calamina; ambiente donde se llevó a cabo el proceso de compostaje.

3.5.2 Recolección y secado de la corteza

En los aserraderos de Pucallpa se recolectaron 50 Kg de corteza de madera de ***Ceiba pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca) y 50 Kg de corteza de madera de

Guazuma crinita Mart. (Bolaina blanca), ambas especies de madera de baja densidad básica, de baja durabilidad natural y fácil de descomposición. Para eliminar en lo posible el agua contenida en la corteza de ambas especies, fue secado al aire libre hasta alcanzar la humedad de equilibrio higroscópico del aire (16 % C.H.), en el galpón de compostaje.

3.5.3 Molienda de corteza

En primer lugar, se eliminaron las impurezas de las cortezas de ***Ceiba pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca) y ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca). Luego pasaron hacer molidas en un molino de martillo, hasta lograr tamaño de partícula entre 5 mm - 10 mm.

3.5.4 Identificación de las especies

La identificación de las especies fue hecha anatómicamente en el Laboratorio de Anatomía de la Madera de la Universidad Nacional de Ucayali.

3.5.5 Construcción de la compostera o reactores dinámicos

Las composteras o reactores fueron construido de tal manera que correspondieron al sistema cerrado horizontal y con rotación (dinámico). Las composteras fueron construidas de cilindros de plástico y tubos cuadrados en un taller especializado, tal como se ilustra en la siguiente figura 12. Estas composteras permitieron perfectamente un compostaje aeróbico (ya que periódicamente era abierto para agregar agua).

3.5.6 Pre - compostaje

Se peso la corteza molida de cada una de las especies forestales constituyendo la materia prima del compost y se mezclaron con el estiércol de ovino constituyendo como el inóculo del compost, en una relación de 2/1 respectivamente, de igual manera fue pesado 1,5 kg de ceniza actuando como elevador de pH del compost, esta operación se hizo independientemente para cada tipo de corteza de madera. Los componentes serán introducidos en la compostera formando capas de 2 de aserrín por 1 de estiércol, 0,5 kg de ceniza espolvoreado en cada capa y agua lo suficiente para mantener el contenido de humedad del compuesto en el rango de 30% – 50%. Así se continuará hasta llenar las ¾ partes del volumen, quedando 1/4 de espacio libre para facilitar el volteo del compost por rotación de la compostera; además se registró el pH inicial del compuesto.

3.5.7 Compostaje

La evaluación del compostaje consistió en el control diario de la temperatura en la parte central del compuesto, mientras que el control del contenido de humedad y la aireación del compuesto, fue realizado cada vez que se ejecutaba el revolcado de la compostera, es decir cada 7 días. El proceso de compostaje duró 124 días en ambos casos, finalizó cuando la temperatura del compost retomó nuevamente la temperatura ambiente.

3.5.8 Secado del compost

Terminado el proceso de compostaje, tal como lo establece la Norma de Calidad de Compost propuesta por la Comisión Nacional de Medio Ambiente de Chile, para

que el producto esté libre de patógenos, los dos tipos de compost fueron sometidos a una temperatura mayor a 56ºC por 3 días consecutivos, en una estufa.

3.6 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO MICROBIOLÓGICO DEL COMPOST

La determinación del contenido microbiológico de los compost provenientes de la corteza de madera de dos especies forestales ***Ceiba pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca) y ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca), se realizaron de acuerdo a lo exigido por la Norma Oficial Chilena NCh2880.of2004. El análisis de cada compost se hizo en forma independiente en el Laboratorio de Aguas y Alimentos de la **Empresa** N**atura E.I.R.L.** de Pucallpa (ver anexos 3 y 4).

El contenido microbiológico del compost consistirá en determinar:

- La densidad de coliformes fecales
- La densidad de coliformes fecales
- La densidad de *Salmonella aeuroginosa*

Tabla 10.

Características biológicas del compost

Características biológicas	Rango
Densidad de coliformes totales	No especificado
Densidad de coliformes fecales	< de 1000 NMP por gramo de compost, en base seca
Densidad de Salmonella sp	≤ 3 NMP en 4 gramos de compost, en base seca

Fuente: Oficial Chilena NCh2880.of2004

NMP= Número Más Probable

3.7 DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL COMPOST

La mayor parte de las características fisicoquímicas de los compost provenientes de la corteza de madera de dos especies forestales ***Ceiba pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca) y ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca), se determinaron en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Abonos del Instituto Nacional de investigación Agraria (INIA) de Pucallpa.

Algunas características físicas fueron determinados en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional de Ucayali, tales como:

- **Tamaño de partículas**

Se tomó aleatoriamente un kilo de compost de la corteza de madera de ***Ceiba pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca) y un kilo de la corteza de madera de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca), los mismos que fueron cernidos en un tamiz Nº 16.

- **Densidad aparente**

Se pesaron 3 muestras de 50 gramos cada uno tanto del compost de la corteza de madera de ***Ceiba pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca) y como el compost de la corteza de madera de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca), los mismos que fueron vertidos a una probeta para medir el volumen respectivo de cada muestra. Y para determinar la densidad aparente se aplicó la siguiente expresión:

$$D_{ap} = (M_1/V_1 + M_2/V_2 + M_3/V_3) /3$$

Donde:

D_{ap} = Densidad aparente, en g/cm_3

M_i = Masa de la *i-ísima* muestra, en g.

V_i = Volumen de la *i-ísima* muestra, en cm^3

- **Presencia de semillas viables**

En un recipiente de plástico se colocó un litro de compost de la corteza de madera de ***Ceiba pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca) y un litro de compost de la corteza de madera de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca), en forma independiente y se les acondicionó un orificio para introducir un termómetro, con el fin de medir la temperatura del compost. El recipiente conteniendo el compost fue conservado fuera del laboratorio a temperatura ambiente, para luego ser colocados en 3 recipientes de cultivo por cada tipo de compost, agregando agua todos los días por 7 días y luego fue contabilizado el número de semillas viables existentes en el compost.

- **Contenido de impurezas**

Para determinar las impurezas existentes en los compost de la corteza de madera de ***Ceiba pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca) y del compost de la corteza de madera de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca), se pesó y se procedió a cernir el compost primeramente con un tamiz Nº 2 para capturar las impurezas (> 2 mm), seguidamente con un tamiz Nº 5 para capturar impurezas (≤ 5 mm), así como piedras y terrones (> 5 mm) y finalmente se utilizó un tamiz Nº 16 para verificar que las piedras y terrones fueran menores o igual a 16 mm. Para ello se aplicó las siguientes expresiones:

CI_1 = (Peso de impurezas (≥ 2 mm ≤ 5 mm) / Peso de compost) x 100

CI_2 = (Peso de impurezas (≥ 5 mm ≤ 16 mm) / Peso de compost) x 100

- **Madurez del compost.**

La determinación de la madurez del compost se realizó en el Laboratorio de Fitopatología de la Universidad Nacional de Ucayali. La incubación fue realizada durante 24 horas en condiciones anaeróbicas (estufa eléctrica) a una temperatura de 55 ºC y después del periodo de incubación se tomó el pH a la temperatura de 55 ºC.

En los tres laboratorios los ensayos se realizaron acorde con la Norma Oficial Chilena NCh2880.of2004.

Tabla 11.

Características fisicoquímicas del compost

Características fisicoquímicas	Rango
Contenido de nutrientes	El compost debe tener contenidos de nitrógeno total mayor o igual a 0.5 %, expresado sobre la base seca. Se recomienda el uso de la metodología TMCC 04.02 (Test Methods for the Examination of Composting and compost).
Olores	El compost debe presentar olores característicos a bosque o a tierra de cultivo, olores desagradables
Humedad	El compost debe presentar un contenido de humedad entre 30 % y 45 %. En base húmeda.
Conductividad eléctrica	Compost clase A: menor o igual 5 mmho/cm (ds/m) Compost clase B: > 5 a 12 mmho/cm (ds/m)
Relación C/N (Carbono/Nitrógeno)	Compost clase A: entre 10 a 25 Compost clase B: entre 25 a 40 Compost inmaduro: entre 40 – 50
Madurez	Después de una incubación de 24 horas en condiciones anaeróbicas a una temperatura de 55 ºC el pH del compost debe ser > a 6.5
PH	Compost clase A: de 7 a 8

	Compost clase B: de 6.5 a 8.5
Materia orgánica	El compost debe tener un contenido de materia orgánica mayor o igual a 20 %, en base seca
Presencia de semillas viables	Para toda clase de compost deben germinar como máximo 2 semillas por litro de compost, en cámara de crecimiento por siete días.
Materias inertes o impurezas	Las impurezas que puede contener el compost como plástico, vidrio, caucho (> 2 mm), piedra (> 5 mm), pero menores o igual a 16 mm. Se detalla en el cuadro 06.
Tamaño de las partículas	Para todo tipo de compost el tamaño máximo de las partículas que lo conforman debe ser menor o igual a 16 mm.
Densidad aparente	Para todo tipo de compost, la densidad aparente debe ser menor o igual a 700 kg/m³

Fuente: Norma Oficial Chilena NCh2880.of2004

3.8 CONTROL SANITARIO Y DETERMINACIÓN DE LA CLASE DE COMPOST

El control sanitario y la determinación de la clase de compost de la corteza de madera de ***Ceiba pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca) y de la ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca), se realizó aplicando la Norma Oficial Chilena NCh2880.of2004.

Tabla 12.

Cantidad de impurezas

Clase de compost	Cantidad (% de la masa, en base seca)	
	Plástico, metal, vidrio y/o caucho	Piedras o terrones
A	0.5	5
B	1	5
Inmaduro	1	5

3.9. TRATAMIENTO DE DATOS

Para mejor entendimiento, los resultados fueron procesados y presentados en tablas de frecuencias y mediante histogramas.

Para la comparación de cada una de las características fisicoquímicas de los compost de la corteza de ***Ceiba pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca) y ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca), se aplicó la prueba de comparación de 2 medias de muestras independientes, con las siguientes características.

- **Factor de estudio**: Compost de dos tipos de corteza de madera (permaneciendo las otras variables constantes).
- **Tratamientos**:

T_1 = Compost de la corteza de madera de ***Ceiba pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca).

T_2 = Compost de la corteza de madera de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca)

- **Variable de estudio**: Cada una de las características fisicoquímicas
- **Unidad experimental:** Muestra del compost

Para verificar si existe diferencias entre las propiedades físicas y químicas de los compost provenientes de la corteza de madera de ***Ceiba pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca), con los provenientes de la corteza de madera de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca), se utilizó la prueba de comparación de dos medias de muestras independientes, aplicando la siguiente expresión:

$$T_{obs} = \frac{\left|\overline{X}_1 - \overline{X}_2\right|}{\sqrt{\frac{n_1 S_1^2 + n_2 S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}} = \frac{\left|\overline{X}_1 - \overline{X}_2\right|}{\sqrt{\frac{SC_1 + SC_2}{n_1 + n_2 - 2}\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

Donde:

X_1 = Promedio del primer tratamiento

X_2 = Promedio del segundo tratamiento

n_1 = Nº de individuos de la muestra del primer tratamiento

n_2 = Nº de individuos de la muestra del segundo tratamiento

S^2_1 = Varianza del primer tratamiento

S^2_2 = Varianza del segundo tratamiento

SC_1 = Suma de cuadrados del primer tratamiento

SC_2 = Suma de cuadrados del segundo tratamiento

CAPITULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERIZACION DEL PROCESO DE COMPOSTAJE DE LA CORTEZA DE DOS ESPECIES FORESTALES

En la tabla 13 se aprecia las principales características del compostaje de la corteza de dos especies forestales de baja densidad, ***Ceiba pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca) y ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca)

Tabla13.

Principales características del compostaje.

Parámetros	Unidad	Lupuna blanca.	Bolaina blanca.
		Valor	Valor
Relación C/N	-----	62	62
Sistema de compostaje	-----	Cerrado horizontal y con rotación.	Cerrado horizontal y con rotación.
Temperatura inicial	ºC	35	31
Temperatura máxima	ºC	48	49
Temperatura mínima	ºC	28	28
pH inicial	-----	6.94	6.93
Tiempo de compostaje	Días	124	124

En la tabla 13 se aprecia el proceso de compostaje que inició con una temperatura de 35 ºC para el caso de la corteza de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca, alcanzando una temperatura máxima de compostaje de 48 ºC; mientras que para la corteza de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca) se inició con 31 ºC,

alcanzando una temperatura máxima de compostaje de 49 ºC. Con relación a la temperatura mínima lograda después de los 124 días de compostaje fue en ambos casos de 28 ºC.

Con relación a la temperatura máxima (INFOAGRO, 2012) señala que la temperatura de la masa de los materiales sometidos a compostaje sufre alteraciones durante las diferentes fases del proceso debido a la interacción de diferentes grupos de microorganismos en cual considera que las temperaturas óptimas para un buen proceso de compostaje se encuentran en un intervalo de 35 °C - 55 ºC para así conseguir la eliminación de patógenos, parásitos. A temperaturas muy altas, muchos microorganismos interesantes para el proceso mueren y otros no actúan al estar esporados.

Por su parte (ABARRATALDEA, 2020) señala que las temperaturas del compostaje pueden elevarse hasta los 70 ºC, aunque no es recomendable pues superando los 65 ºC comienzan a morir gran cantidad de bacterias y microorganismos beneficiosos para el proceso reduciendo así la actividad y variabilidad de los microorganismos propios de la fermentación.

Se puede apreciar que, con **el sistema de compostaje dinámico, cerrado horizontal y con rotación** en relación a la fase de compostaje se alcanzó el rango mesofílico (10 °C - 45 ºC) con una temperatura de 35 ºC en el compost de la corteza de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca), y 31 ºC para el compost de la corteza de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca), donde el material se encuentra a temperatura ambiente en la cual se da un calentamiento gradual debido a la

biodegradación del sustrato, los microorganismos presentes en el material se multiplican rápidamente y la temperatura se eleva hasta valores promedio de 45 ºC. Mientras que en el rango termofílica (45 °C - 65 ºC) como óptima para activación microbiana y pérdida de peso de la materia orgánica. Cabe destacar que durante los primeros 15 días se presentó la máxima temperatura siendo de 48 ºC para el compost de la corteza de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca), y 49 ºC para el compost de la corteza de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca), esto se debe a la acumulación de calor generado metabólicamente por los microorganismos aérobicos (exotérmico), originándose una intensa actividad degradativa de los microorganismos (bacterias, actinomicetos y hongos) sobre los compuestos fácilmente alterables como azúcares, almidones y grasas permitiendo así la eliminación de semillas, parásitos, patógenos. En el rango de enfriamiento (menor a 60 º C) ambos compost presentaron una temperatura menor de 60 º C en la cual reaparecen los hongos termófilos (por ejemplo, el ***Aspergillus fumigatus****)* que reinvanden y descomponen la celulosa. En la cual no se observaron temperaturas superiores a 70 º C inhibitorias de la actividad microbiana para ambos compost. la última fase de maduración o curado (es la suma de la temperatura mesofilica y termofilica inicial) la cual se caracterizada por una gran lentitud de los procesos, una vez enfriado el compost a temperatura ambiente se produce fundamentalmente la estabilización del material y la polimerización de compuestos, para dar lugar a sustancias con características similares a las del humus. Cabe destacar durante 87 días después a medida que disminuye la materia orgánica degradable la temperatura para ambos compost comienzan a bajar paulatinamente de **30 ºC** para el compost de la corteza de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca), y **31 ºC** para el compost de la corteza de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina

blanca**)** hasta llegar a la temperatura ambiente de 28 ^{o}C para ambos compost**.** Donde requirieron un periodo de compostaje de 124 dias ambos compost. Estos resultados concuerdan con la que hace mención (INFOAGRO, 2012) y (ABARRATALDEA, 2020)

Con relación al pH inicial de compostaje de la corteza de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca) fue de **6.94** y de la corteza de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca) fue de 6.93, ambos compost presentaron valores próximos a la neutralidad asegurando el desarrollo favorable de la gran mayoría de los grupos fisiológicos durante el proceso de compostaje. Concordando con (Sztern & Pravia, 1999) quienes sostienen que el rango de pH tolerado por las bacterias en general es relativamente amplio, existen grupos fisiológicos adaptados a valores extremos. No obstante, los valores de pH cercano al neutro (pH 6.5 – 7.5, ligeramente ácido o ligeramente alcalino nos asegura el desarrollo favorable de la gran mayoría de los grupos fisiológicos. Valores de pH inferiores a 5,5 (ácidos) inhiben el crecimiento de la gran mayoría de los grupos fisiológicos. Valores superiores a 8 (alcalinos) también son agentes inhibidores del crecimiento, haciendo precipitar nutrientes esenciales del medio, de forma que no son asequibles para los microorganismos. Donde las bacterias tendrán su máximo de desarrollo a pH de 6 y 7,5 mientras que los hongos los tendrán a valores entre 5 y 6.

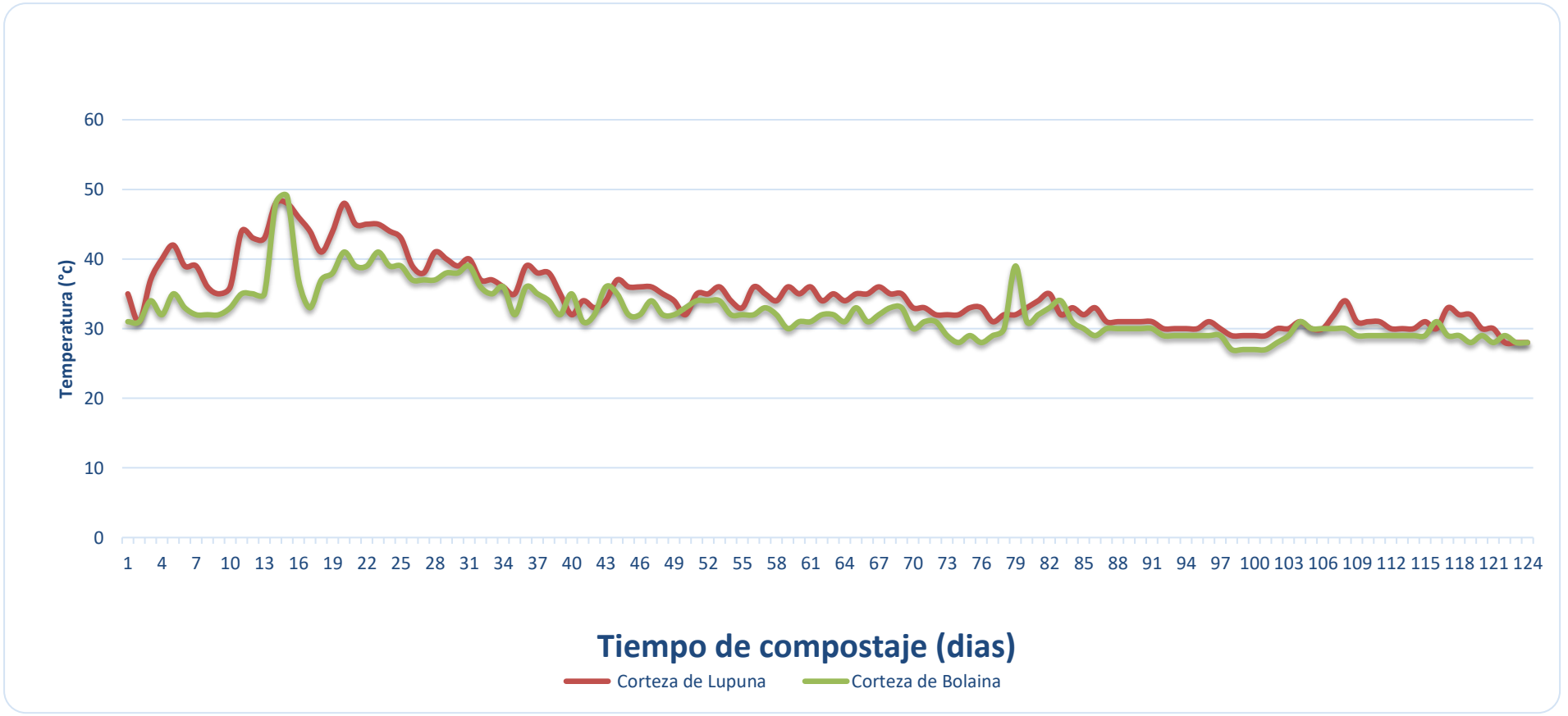


Figura 7. Variación de la temperatura (°C) durante el periodo de compostaje de la corteza de madera de dos especies forestales

Con relación al tiempo de compostaje, ambos compuestos de corteza de madera tuvieron un periodo de 124 días calendarios, bajo el sistema cerrado horizontal y con rotación. Al respecto no existe un tiempo definido de compostaje, la misma que es corroborado por (Vicencio, Pérez, Medina, & Martinez, 2012), quienes señalan que el tiempo que tarda en compostarse un residuo depende de la complejidad de su materia orgánica; por su parte (ECOSUR, 2020) también precisa que el tiempo que transcurre desde que ponemos los materiales orgánicos hasta lo que extraemos compost, depende fundamentalmente de las características del material utilizado. Entre tanto (EL HOGAR NATURAL, 2020), manifiesta que el proceso para obtener el compost suele durar entre 3 meses y un año, dependiendo de la forma en la que trabajemos la pila o montón, las características asociadas al material y la conducción del proceso del compostaje y factores ambientales.

La relación temperatura – tiempo de compostaje es el factor más significativo de la causa de la muerte de los patógenos, por encima de un cierto nivel de temperatura, una temperatura más alta por un período corto de tiempo o una temperatura más baja por un período más largo puede tener el mismo efecto en contra de la supervivencia de los organismos patógenos. Esto se confirma en el presente estudio, al encontrar con una temperatura máxima de 48 ºC para el compost de la corteza de madera de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca), y 49 ºC para el compost de la corteza de madera de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca) por un tiempo de compostaje de 124 días calendarios, bajo el sistema cerrado horizontal y con rotación para ambos compost de corteza de madera, que aseguran también la esterilización del producto obtenido. Tal como lo afirma (INFOAGRO, 2012) y (ABARRATALDEA, 2020)

4.2 CONTENIDO MICROBIOLÓGICO DEL COMPOST

4.2.1 Compost de la corteza de *Ceiba Pentandra* (L.) Gaertn. (Lupuna blanca)

Tabla 14.

Análisis microbiológico del compost de la corteza de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca).

Parámetro	Unid.	Método	Resultado	Limite por g.	Especificación
Coliformes totales	UFC/100g	Número más probable (NMP)	> 2600 (>26/g)	No especificado	No especificado (N. E.)
Coliformes fecales	NMP/100g	Número más probable (NMP)	1800 (18/g)	< de 1000 NMP/g de compost seco	Aceptable
Salmonella aeuroginosa	NMP/100g	Recuento en placa	300 (12/4g)	de 3 NMP/4g de compost seco	No aceptable

UFC= Unidades formadoras de colonia

NMP= Numero más probable

N.E = No especifica

La tabla 14 muestra de manera complementaria la cantidad de coliformes totales encontradas en el compost de la corteza de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca), cuyo valor fue de 2600 UFC/100g o de 26 UFC/g en compost seco, sin embargo, las exigencias sobre la cantidad de coliformes totales no se encuentra especificado para el compost.

Referente a la cantidad de coliformes fecales, se encontró 1800 NMP/100g o 18 NMP/g en compost seco, siendo permitido cantidades menores a 1000 NMP/g, por consiguiente, la cantidad de coliformes fecales en el compost de la corteza de

Ceiba Pentandra (L.) Gaertn. (Lupuna blanca), está muy por debajo del límite permitido.

Por otro lado, en la tabla 14 se aprecia que la presencia de ***Salmonella aeuroginosa*** en el compost de la corteza de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca), estuvo en el orden de 300 NMP/100g ó 12 NMP/4g en compost seco, valores que superan al límite o rango permisible para compost seco (< 3 NMP/4g).

4.2.2 Compost de la corteza de *Guazuma crinita* Mart. (Bolaina blanca).

Tabla 15.

Análisis microbiológico del compost de la corteza de ***Guazuma crinita***. Mart. (Bolaina blanca).

Parámetro	Unid.	Método	Resultado	Limite por g.	Especificación
Coliformes totales	UFC/100g	Número más probable (NMP)	> 2500 (>25/g)	No especificado	No especificado (N. E.)
Coliformes fecales	NMP/100g	Número más probable (NMP)	1800 (18/g)	< de 1000 NMP/g de compost seco	Aceptable
Salmonella aeuroginosa	NMP/100g	Recuento en placa	AUSENCIA	de 3 NMP/4g de compost seco	Aceptable.

UFC= Unidades formadoras de colonia

NMP= Número más probable

N.E = No especifica

La tabla 15 muestra de manera complementaria la cantidad de coliformes totales encontradas en el compost de la corteza de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina

blanca), cuyo valor fue de 2500 UFC/100g o de 25 UFC/g en compost seco, sin embargo, las exigencias sobre la cantidad de coliformes totales no se encuentra especificado para el compost.

Referente a la cantidad de coliformes fecales, se encontró 1800 NMP/100g o 18 NMP/g en compost seco, siendo permitido cantidades menores a 1000 NMP/g, por consiguiente, la cantidad de coliformes fecales en el compost de la corteza de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca), está muy por debajo del límite permitido.

Por otro lado, en la tabla 15 se aprecia que no existe presencia de ***Salmonella aeuroginosa*** en el compost de la corteza de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca), a pesar de que el límite o rango permisible de contenido de ***Salmonella aeuroginosa****, es* menor 3 NMP/4g de compost seco.

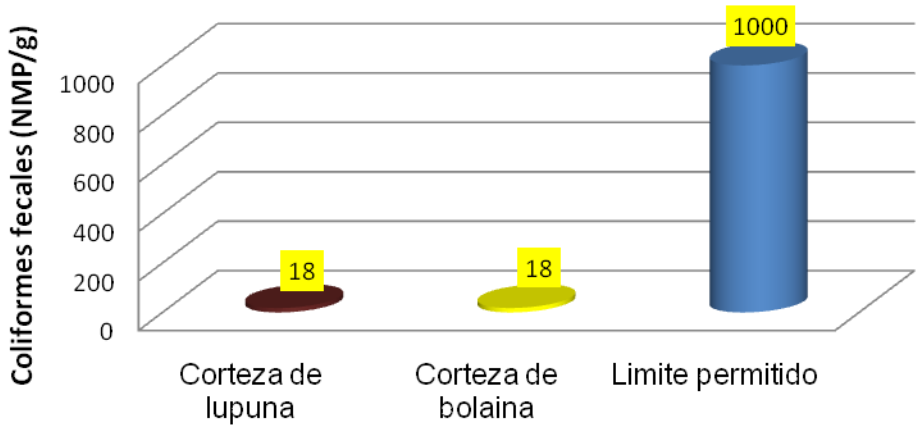


Figura 8. Cantidad de coliformes fecales en el compost de la corteza de dos especies forestales.

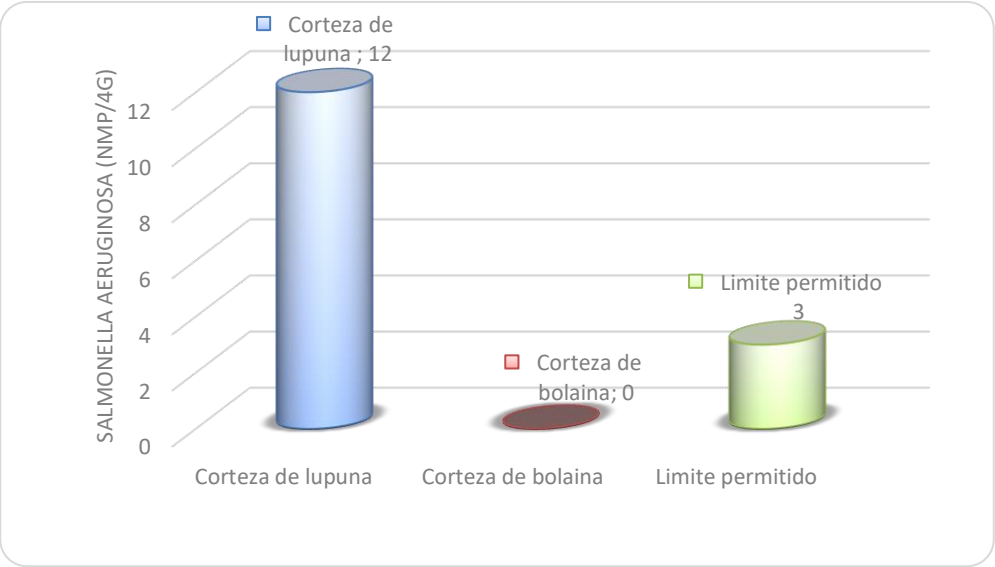


Figura 9. Cantidad de ***salmonella aeuroginosa*** en el compost de la corteza de dos especies forestales

Tomando en consideración lo manifestado por (Gómez, Gonzáles, & Chiroles, 2014) en que el compost no tratado o tratado de manera inadecuada y utilizado como biofertilizante o nutriente del suelo, ya sea en la agricultura orgánica o no orgánica, puede dar lugar a la contaminación de los productos y/o de las fuentes de aguas, por lo que su aplicación descontrolada constituye un peligro para la salud pública y una amenaza para el medio ambiente por la exposición a microorganismos patógenos que esto representa. Esta situación no sucedió con el compost elaborado a partir de la corteza de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca) porque presentó microorganismo por debajo de los limites o rangos permitidos (< 3 NMP/4g de compost seco). Debido a que durante el proceso de compostaje operan 3 mecanismos destrucción o desactivación de patógenos: antagonismo microbiano (competición por los nutrientes con otros microorganismos no patógenos), liberación de productos con carácter antimicrobiano (p.ej.: amoníaco) y elevadas

temperaturas. Resultando un compost libre de patógeno, pudiéndose aplicar sin ningún problema como biofertilizantes.

Por el contrario, el compost elaborado a partir de la corteza de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca), presentó contenidos de ***Salmonella aeuroginosa*** por encima del límite o rango permisible para compost seco (< 3 NMP/4g), constituyéndose en un fertilizante con riesgo de contaminación de los productos y/o de las fuentes de aguas.

La presencia de ***Salmonella aeuroginosa*** en el compost de la corteza de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca), se sustenta en lo indicado por (Bautista, 2012) quienes precisan que la eliminación de *Salmonellas* en la producción de compost se produce a una temperatura de 55 °C a 60 ºC; dicha temperatura no se alcanzó con el sistema de compostaje dinámico, cerrado, horizontal y con rotación, llegándose solo a 48 ºC.

4.3 CARACTERÍSTICAS FISICAS DEL COMPOST

4.3.1 Olores

La tabla 16 pone en evidencia que al final del compostaje los dos tipos de compost provenientes de la corteza de madera de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca) y de la ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca), presentaron olores característicos tal como se observa en el análisis, es decir con olor a bosque.

Tabla 16.

Olores del compost de la corteza de madera de dos especies forestales.

Compost	Olores	Limites o rango	Especificación
De corteza de Lupuna.	Característico	Olor a bosque o tierra de cultivo	Aceptable
De corteza de Bolaina.	Característico	Olor a bosque o tierra de cultivo	Aceptable

La presentación de olores característicos según (FIDA, 2012), indica que el compost está maduro, de color marrón o negro similar al del café oscuro, olor a bosque o tierra de cultivo similar al de monte de matillo de hojas, textura uniforme libre de partículas y estar frío debido a que la actividad de los microbios ya habrá cesado. No debe desprender agua al estrujarlo, ni presentar gusanos.

4.3.2 Contenido de humedad del compost

Tabla 17.

Contenido de humedad en el compost de la corteza de madera de dos especies forestales.

Compost	Contenido de humedad (%)		Limites o rango	Especificación
	Muestra	Media		
Corteza de Lupuna.	33,51 36,69 33,33	34,51	El compost debe presentar un contenido de humedad entre 30 % y 45 %. En base húmeda	Aceptable
Corteza de Bolaina.	33,27 33,12 33,25	33,21	El compost debe presentar un contenido de humedad entre 30 % y 45 %. En base húmeda	Aceptable

En la tabla 17 se observa que el contenido de humedad promedio en el compost de la corteza de madera de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca), cuyo valor encontrado fue de 34,51%, mientras que en el compost de la corteza de madera de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca), cuyo valor encontrado fue de 33,21%, en ambos casos sobre la base de materia húmeda y controladas al final del proceso de compostaje. Los valores de contenido de humedad en ambos compost se ubican dentro de los límites o rangos establecidos para el compost (contenido de humedad está entre 30% a 45%, sobre la base húmeda al final del compostaje).

Tabla 18.

Prueba de comparación de 2 medias de muestras independientes del contenido de humedad en el compost de la corteza de madera de dos especies forestales.

Promedio de contenido de humedad (%)		$T_{obser.}$	$T_{tabular}$	Nivel de significancia
Corteza de Lupuna.	**Corteza de Bolaina.**			
34.51	33.21	0..820	2.776	N.S

La tabla 18 muestra que no existe diferencias significativas entre los promedios del contenido de humedad de los compost de la corteza de madera de las dos especies forestales, presentando ambos compost contenidos de humedad similares.

Es necesario precisar que los contenidos de humedad de los 2 tipos de compost del presente trabajo, fueron controlados al final del proceso de compostaje para un buen desarrollo óptimo de los microorganismos; sin embargo, (Sztern & Pravia, 1999) precisan que el valor óptimo del contenido de humedad durante el proceso de compostaje es de 50% a 60%.

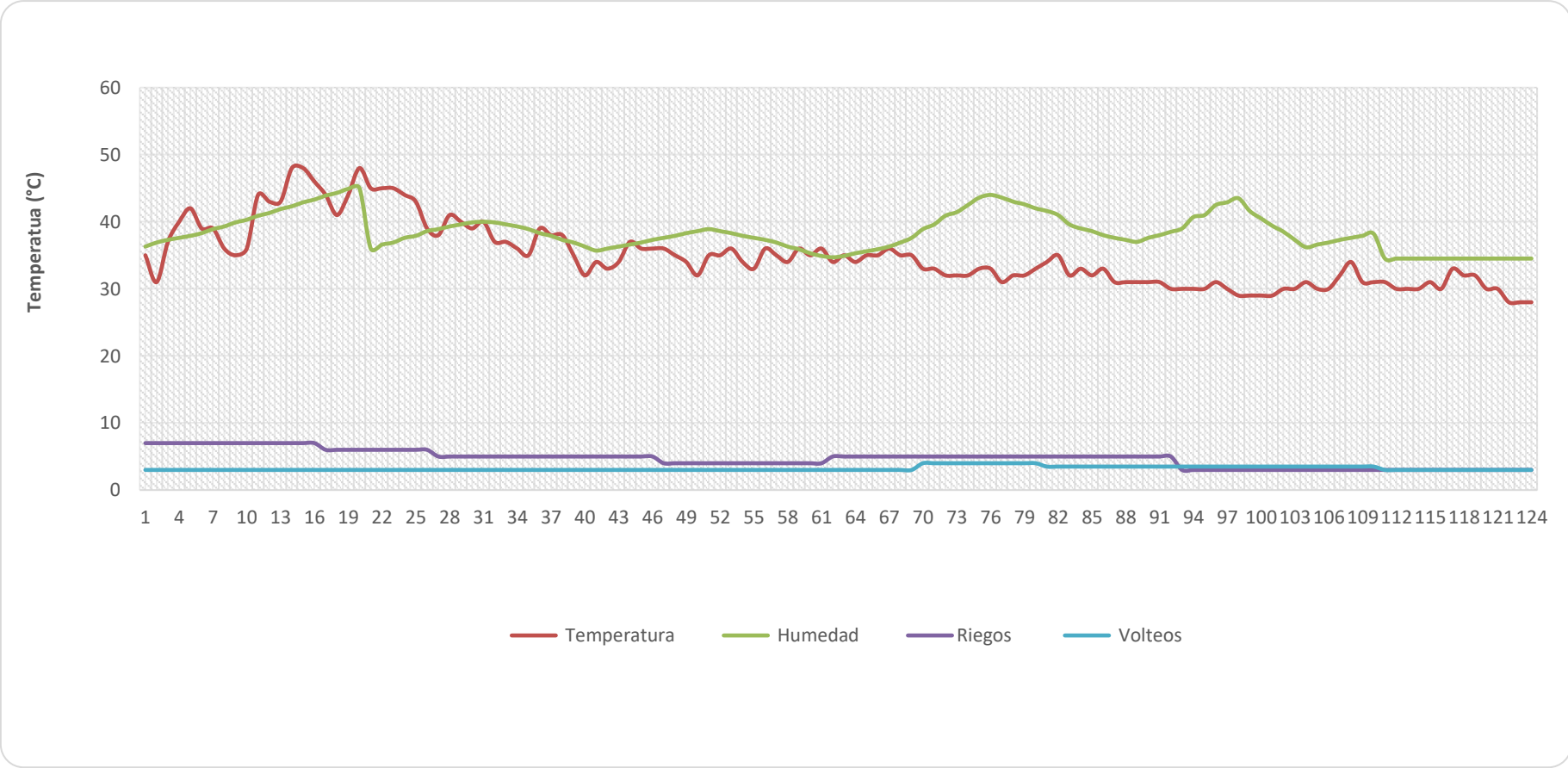


Figura 10. Variacion de la temperatura y humedad,volteos y riesgos a lo largo del proceso de compostaje de la corteza de Lupuna

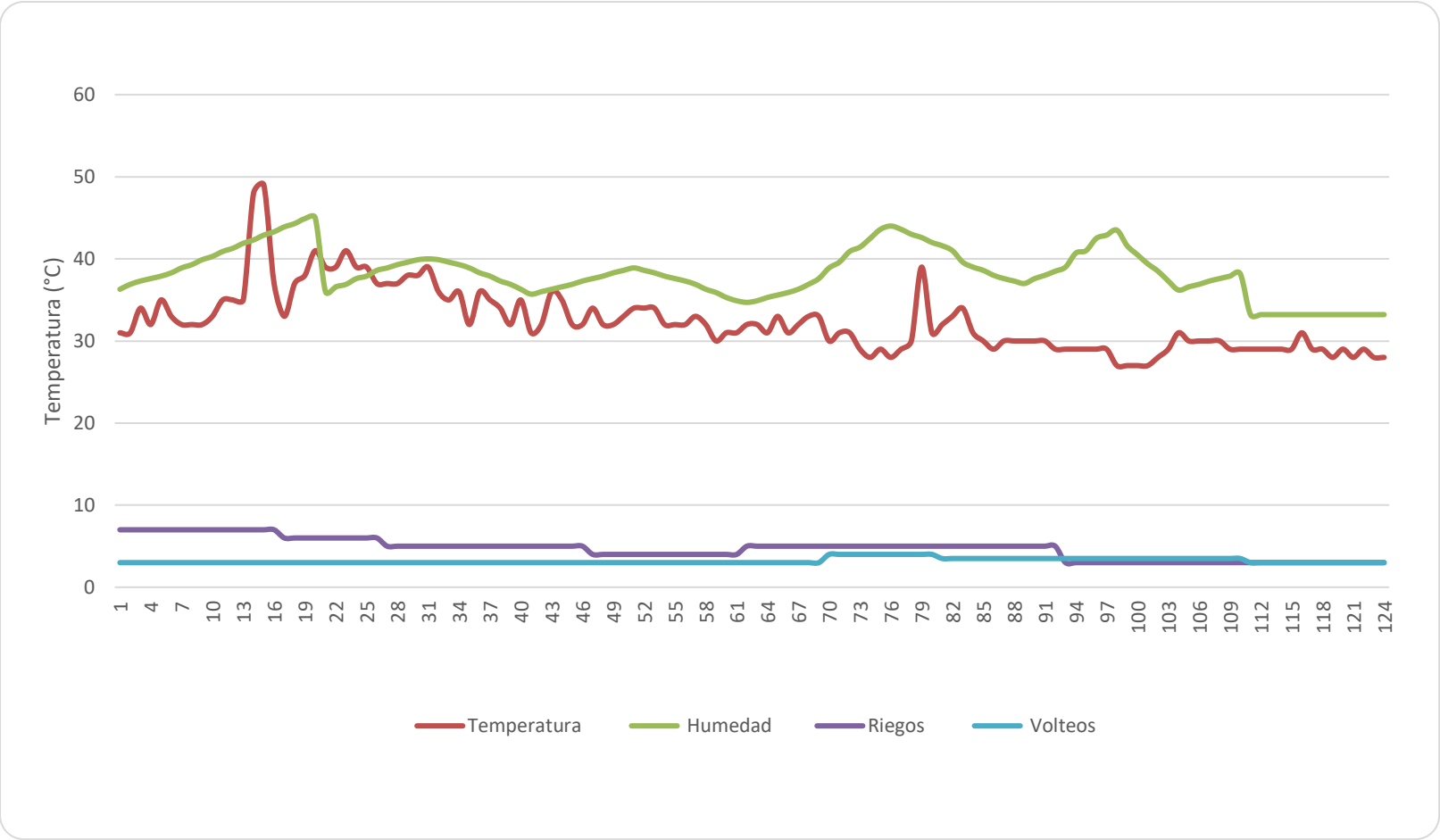


Figura 11. Variación de la temperatura y humedad, volteos y riesgos a lo largo del proceso de compostaje de la corteza de Bolaina blanca

Se puede apreciar que, con **el sistema de compostaje dinámico, cerrado horizontal y con rotación** en relación con la temperatura, humedad, riegos, volteos a lo largo del proceso de compostaje se alcanzaron el contenido de humedad promedio para ambos compost, casos se encuentra dentro de los límites o rangos establecidos para el compost (contenido de humedad está entre 30% a 45%, sobre la base húmeda y controladas al final del proceso de compostaje mediante volteos y riegos periódicos). Durante la fase mesofílica (10 °C - 45 ºC) se inició con una temperatura de 35 ºC en el compost de la corteza de madera de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca), y 31 ºC para el compost de la corteza de madera de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca), donde el material se encuentra a temperatura ambiente en la cual se da un calentamiento gradual debido a la biodegradación del sustrato, los microorganismos presentes en el material se multiplican rápidamente y la temperatura se eleva hasta valores promedio de 45 ºC. Mientras que en el rango termofílica (45 °C - 65 ºC con un contenido de humedad de 45%) como óptima para activación microbiana y pérdida de peso de la materia orgánica. Cabe destacar que durante los primeros 15 días se presentó la máxima temperatura siendo de 48 ºC para el compost de la corteza de madera de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca), y 49 ºC para el compost de la corteza de madera de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca), esto se debe a la y la frecuencia de volteo y al acumulación de calor generado metabólicamente por los microorganismos aérobicos (exotérmico), originándose una intensa actividad degradativa de los microorganismos (bacterias, actinomicetos y hongos) sobre los compuestos fácilmente alterables como azúcares, almidones y grasas permitiendo así un ascenso del contenido de humedad a 45% dando lugar a un mayor consumo de oxígeno superior a 10% y por

lo tanto, más elevada la necesidad de aireación para asi asegurar velocidades adecuadas de estabilización microbiana y evitar que se generen condiciones anaeróbicas debido a que se desplazaría el aire de los espacios vacíos existentes entre las partículas del material que son ocupados por agua, impidiendo el movimiento de aire, la eliminación de semillas, parásitos, patógenos. Luego a partir de los 16 hasta 87 días se observa que la temperatura de la pila de ambos compost comienza a descender en la cual se procedió también a virar o voltear el sustrato, lo cual es importante pues permite homogenizar la mezcla e intentar que todas las zonas consiguen una temperatura uniforme. El número de virajes estará en función de la temperatura y los residuales usados, generalmente son suficientes entre 4 y 8. la última fase de maduración o curado (la temperatura ambiente y contenido de humedad de 34%) se asumió durante 88 días después a medida que disminuye la materia orgánica degradable la temperatura para ambos compost comienzan a bajar paulatinamente de 31 ºC para el compost de la corteza de madera de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca), y 30 ºC para el compost de la corteza de madera de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca) hasta llegar a la temperatura ambiente de 28 ºC para ambos compost y el contenido de humedad para el compost de la corteza de madera de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca), de **34.51 %**, mientras que en el compost de la corteza de madera de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca), de 33.21%. Donde requirieron un periodo de compostaje de 124 dias ambos compost. Estos resultados concuerdan con la que hace mención (INFOAGRO, 2012).

Los datos registrados por SENAMHI (2019), muestran que en el mes de noviembre presenta la más alta temperatura registrada (26.4 ºC) y la precipitación fue de 269 mm. Estos otros factores contribuyeron a que ambos compost presentaran las

temperaturas más altas de 48 ºC para el compost de la corteza de madera de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca), y 49 ºC para el compost de la corteza de madera de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca). Mientras que el contenido de humedad para el compost de la corteza de madera de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca), fue de 34.51 %, mientras que en el compost de la corteza de madera de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca), fue de 33.21% son similares. Este factor pudo favorecer una mayor actividad de microorganismos como Bacterias y hongos que se encargan de la fase mesófila, especialmente bacterias del género ***Bacillus sp***, aunque existen algunos Bacillos termófilos.

4.3.3 Conductividad eléctrica

Tabla 19.

Conductividad eléctrica del compost de la corteza de madera de dos especies forestales

Compost	Conductividad eléctrica (mS/cm)		Limites rango	Tipo de Compost
	Muestra	Media		
Corteza de Lupuna.	5.86	5.97	Compost clase A: ≤ igual 5 mS/cm o (dS/m)	B
	5.96		Compost clase B: > 5 a 12 mS/cm o (dS/m).	
	6.10			
Corteza de Bolaina.	8.47	8.40	Compost clase A: ≤ igual 5 mS/cm o (dS/m)	B
	8.33		Compost clase B: > 5 a 12 mS/cm o (dS/m).	
	8.39			

dS/m: deciSiemens por metro

La tabla 19 muestra que la conductividad eléctrica promedio del compost de la corteza de madera de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca) fue de 5.97 miliSiemens/cm (mS/cm*)* y en la corteza de madera de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca) fue de 8.40 miliSiemens/cm (mS/cm). Los valores de la

conductividad eléctrica promedio en ambos compost se ubican dentro de los límites o rangos establecidos, pero para el compost tipo B (> 5 a 12 mS/cm o (ds/m).

Tabla 20**.**

Prueba de comparación de 2 medias de muestras independientes de la conductividad eléctrica del compost de la corteza de madera de dos especies forestales

Promedio de conductividad eléctrica de compost (mS/cm)		$T_{obser.}$	$T_{tabular}$	Nivel de significancia
Corteza de Lupuna.	**Corteza de Bolaina.**			
5.97	8.40	2.43	2.776	N.S

En la tabla 20 se aprecia que no existen diferencias significativas entre los promedios de la conductividad eléctrica de los compost de la corteza de madera de las dos especies forestales, presentando ambos compost conductividad eléctrica similar.

La explicación de la obtención de **compost tipo B** en ambos casos, está basado en lo manifestado por (Bueno & Díaz, 2012) cuando explican que la conductividad eléctrica de un compost está determinada por la naturaleza y composición del material de partida, fundamentalmente por su concentración de sales solubles y en menor grado por la presencia de iones amonio o nitrato formados durante el proceso, situación ocurrida en el compost de la corteza de madera de ambas especies forestales. Un exceso de salinidad en la solución del suelo dificulta la absorción de agua por las raíces de las plantas, inhibiendo la germinación de semillas o el crecimiento de las plantas de modo que, en algunos casos, en esas condiciones, sólo prosperan las especies resistentes.

4.3.4 Contenido de materia inerte o impurezas

Tabla 21.

Contenido impurezas del compost de la corteza de dos especies forestales

Compost	Materia inerte e impurezas (%)		Limites o rango			Clase de compost
	≥ 2 a ≤ 5 mm Plástico, vidrio, metal y caucho	> 5 a ≤ 16 mm Piedra y terrones	Clase A (%)	Clase B (%)	Inmaduro (%)	
Corteza de Lupuna.	1.14	0.10	0.5 y 5	1 y 5	1 y 5	B
Corteza de Bolaina.	1.88	0.75	0.5 y 5	1 y 5	1 y 5	B

En la tabla 21 se aprecia que el compost obtenido a partir de la corteza de madera de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca) presentó 1,14% de impurezas de tamaño de > 2 a ≤ 5 mm y 0,10 % de impurezas de tamaño > 5 a ≤ de 16 mm; de igual manera el compost obtenido de la corteza de madera de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca) presentó 1,88 % de impurezas de tamaño de > 2 mm a ≤ 5 mm y 0,75 % de impurezas de tamaño > 5 mm a ≤ de 16 mm, resultando en ambos casos compost de la clase B.

4.3.5 Tamaño de partículas

Tabla 22.

Tamaño de las partículas del compost de la corteza de madera de dos especies forestales.

Compost	Tamaño de partícula	Limites o rango	Especificación
Corteza de Lupuna.	< 16 mm	≤ 16 mm	Aceptable
Corteza de Bolaina.	< 16 mm	≤ 16 mm	Aceptable

En la tabla 22 se observa que el tamaño de las partículas del compost tanto del proveniente de la corteza de madera de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca), así como del compost obtenido de la corteza de madera de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca) presentaron tamaños de las partículas menores de 16 mm, dimensiones por debajo de lo establecido como limites o rangos, debido al tamaño de la materia prima (corteza de madera) en ambos compost.

4.3.6. Densidad aparente del compost

Tabla 23.

Densidad aparente del compost de la corteza de dos especies forestales.

Compost	Densidad aparente (kg/m³)		Limites o rango	Especificación
	Muestra	Media		
De corteza de Lupuna.	670 665 668	667.7	Para todo tipo de compost, debe ser ≤ a 700 kg/m³	Aceptable
De corteza de Bolaina.	638.3 635.3 650.6	641.4	Para todo tipo de compost, debe ser ≤ a 700 kg/m³	Aceptable

La tabla 23 muestra la densidad aparente del compost de la corteza de madera de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca) cuyo valor encontrado fue de 667.7 kg/m³, mientras que en el compost de la corteza de madera de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca) se encontró una densidad aparente de 641,4 kg/m³, siendo el límite máximo de la densidad aparente para todo tipo de compost 700 kg/m³; de donde se deduce que los dos compost de la corteza de madera de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca) y de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca) presentan una densidad aparente por debajo del límite establecido, resultando un compost aceptable. En necesario precisar que las densidades

aparentes determinados para ambos tipos de compost, fueron medidos sin ninguna compresión y con bastante espacio poroso.

Tabla 24.

Prueba de comparación de 2 medias de muestras independientes de la densidad aparente del compost de la corteza de madera de dos especies forestales

Densidad aparente (kg/m³)		$T_{obser.}$	$T_{tabular}$	Nivel de significancia
Corteza de Lupuna.	**Corteza de Bolaina.**			
667,7	641,4	2,627	2,776	N.S

En la tabla 24 se aprecia que no existen diferencias significativas entre los promedios de la densidad aparente de los compost de la corteza de madera de las dos especies forestales, presentando ambos compost densidad aparente similares. La densidad aparente y espacio poroso total están estrechamente relacionados, ya que la porosidad disminuye al aumentar la densidad aparente, y al comprimirse una muestra de sustrato se observa un incremento de la densidad aparente y un decremento de la porosidad.

Esta situación se refuerza con lo enunciado por Domínguez (2010) cuando precisa que existen dos fenómenos que contribuyen a provocar este efecto: si las partículas son compresibles pueden disminuir la porosidad intraparticular y, por otro lado, puede darse una redistribución de las partículas, formándose empaquetamientos más compactos, pudiendo disminuir arbitrariamente la porosidad. Si las partículas son compresibles o deformables, se puede llegar a un máximo de disminución de la porosidad, que correspondería a empaquetamientos ordenados.

4.3.7. Presencia de semillas viables

Tabla 25.

Presencia de semillas viables del compost de la corteza de madera de dos especies forestales.

Compost	Presencia semillas viables	Limites o rango	Especificación
De corteza de Lupuna.	0	Para toda clase de compost deben germinar como máximo 2 semillas por litro de compost, en cámara de crecimiento por siete días.	Aceptable
De corteza de Bolaina.	0	Para toda clase de compost deben germinar como máximo 2 semillas por litro de compost, en cámara de crecimiento por siete días.	Aceptable

En la tabla 25 se puede apreciar que no hubo ningún propágulo o germinación de semillas de malezas en el compost de la corteza de madera de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca) ni en el compost de la corteza de madera de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina); es decir que los valores están por debajo de los limites o rangos establecidos para abonos orgánicos (2 semillas/litro de compost).

La ausencia de semillas de malezas viables indica que durante el proceso de compostaje el aumento de temperatura ha ocasionado la pérdida de viabilidad de las semillas presentes en el compost. Si bien algunos autores observan disminuciones del 100% en la viabilidad, otros estudios indican que el compostaje solo reduce parcialmente el número de semillas viables.

A todo esto, Kowaljow y Varela (2009) sostienen que en un principio se creía que la resistencia de las semillas al proceso de compostaje estaba relacionada tanto a las temperaturas que se alcanzaban en el proceso, como a las diferencias entre semillas. Los autores señalan que actualmente se ha demostrado que el número

de volteos y el contenido de humedad de las pilas de compostaje influyen en la cantidad de semillas viables en el compost.

4.4. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL COMPOST

4.4.1. Contenido de nutrientes

Algunas normas determinan la calidad del compost por su contenido de nitrógeno en función a la masa seca; otros en función a su contenido de macronutrientes y micronutrientes, también en función de su masa seca.

4.4.1.1. Análisis por el contenido de nitrógeno

Tabla 26.

Contenido de nitrógeno en el compost de la corteza de dos especies forestales

Compost	Contenido de nitrógeno (%)		Limites o rango	Especificación
	Muestra	Media		
De corteza de Lupuna.	1,86 1,72 1,79	1,79	Contenido de nitrógeno total ≥ a 0,5 %, expresado sobre la base seca.	Aceptable
De corteza de Bolaina.	2,14 2,28 2,28	2,23	Contenido de nitrógeno total ≥ a 0,5 %, expresado sobre la base seca	Aceptable

La tabla 26 se observa que el contenido de nitrógeno del compost de la corteza de madera de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca) fue de **1,79%** sobre la base de materia seca, mientras que en el compost de la corteza de madera de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina) fue de **2,23%** sobre la base de materia seca. Los valores del contenido de nitrógeno promedios en ambos compost se ubican por encima de los limites o rangos establecidos para el compost (Contenido de nitrógeno total ≥ a 0,5 %).

Tabla 27.

Prueba de comparación de 2 medias de muestras independientes del contenido de nitrógeno en el compost de la corteza de madera de dos especies forestales

Promedio de contenido de nitrógeno (%)		$T_{obser.}$	$T_{tabular}$	Nivel de significancia
Corteza de Lupuna.	**Corteza de Bolaina.**			
1.79	2.23	1.968	2.776	N.S

La tabla 27 muestra que no existe diferencias significativas entre los promedios del contenido de nitrógeno en los compost de la corteza de madera de las dos especies forestales, presentando ambos compost contenidos de nitrógeno similares.

Es importante que el compost contenga mayor a 0,5% de nitrógeno, porque según COMPOSTADORES (2012) el nitrógeno (N): fomenta el crecimiento de la parte aérea de los vegetales (hojas, tallos). Es, en parte, responsable del color verde de las plantas y confiere resistencia al ataque de plagas. Su proporción en el compost varía en función del grado de madurez, de manera que el compost fresco es pobre en nitrógeno, mientras que la concentración crece a medida que el compost madura. La forma química mayoritaria de absorción de nitrógeno por parte de las plantas son los nitratos, que abundan en el compost maduro. En el fresco, el nitrógeno predominante es en forma de amonio (NH4+), menos tolerable o absorbible por la mayoría de los vegetales.

4.4.1.2. Análisis por el contenido de macronutrientes

En la tabla 28 se aprecia el contenido de macronutrientes del compost de la corteza de madera de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca) y en la tabla 29 se aprecia el contenido de macronutrientes del compost de la corteza de madera de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina).

Tabla 28.

Contenido de macronutrientes en el compost de la corteza de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca)

Macronutrientes	Valor	Proporción media aproximada	Especificación
Nitrógeno (N)	1.79%	≥ 0.5 %	Mayor
Fósforo (P)	0.94%	≥ 0.4 %	Mayor
Potasio (K)	2.10%	≥ 2.5 %	Menor
Calcio (Ca)	3.07%	≥ 1.3 %	Mayor
Magnesio (Mg)	1.03%	≥ 0.4 %	Mayor

Tabla 29.

Contenido de macronutrientes en el compost de la corteza de madera de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina).

Macronutrientes	Valor	Proporción media aproximada	Especificación
Nitrógeno (N)	2.23%	≥ 0.5 %	Mayor
Fósforo (P)	1.03%	≥ 0.4 %	Mayor
Potasio (K)	2.14%	≥ 2.5 %	Menor
Calcio (Ca)	3.27%	≥ 1.3 %	Mayor
Magnesio (Mg)	0.70%	≥ 0.4 %	Mayor

En la tabla 28 - 29 y en la figura 12 se observa que en ambos compost de la corteza de madera de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca) y de la corteza de madera de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina) solo un elemento de macronutrientes (Potasio) presenta porcentaje ligeramente menor que la proporción media aproximada mientras que el resto de porcentajes de macronutrientes que se ajusta muy bien a la proporción media aproximada establecido por COMPOSTADORES

(2012), resultando ambos compost con elementos químicos en forma asimilable que las plantas necesitan tomar del suelo para poder vivir. En términos generales se puede afirmar que ambos tipos de compost poseen similares contenidos de macronutrientes que se puede usarse para cualquier tipo de actividad agrícola, incluyendo cultivos para alimentación.

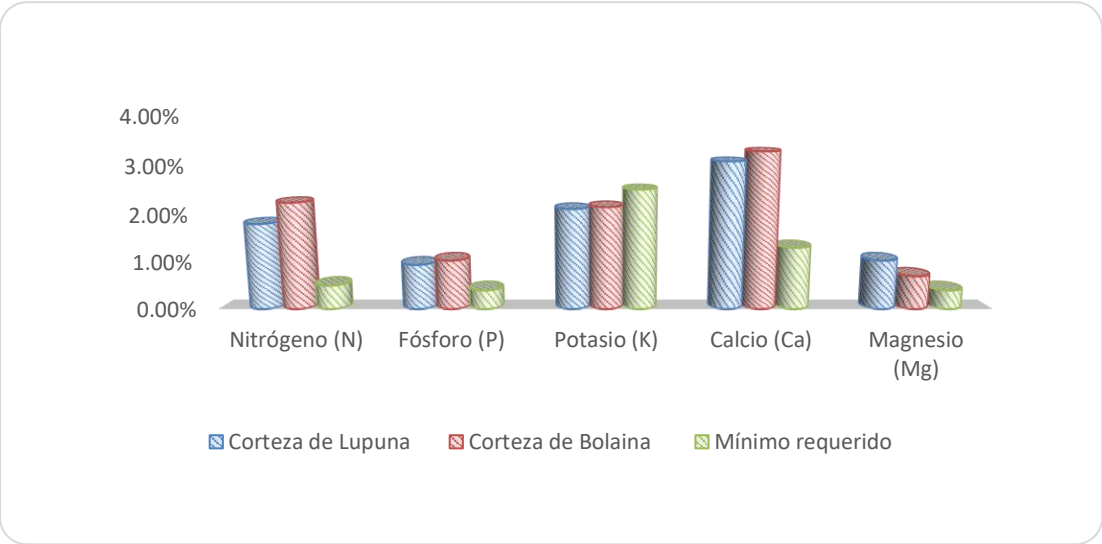


Figura 12. Porcentaje de macronutrientes en el compost de la corteza de dos especies forestales

4.4.2. Relación carbono/nitrógeno (C/N)

Tabla 30.

Relación Carbono/Nitrógeno (C/N) en el compost de la corteza de madera de dos especies forestales.

Compost	Relación C/N				Limites o rango	Tipo de compost
	C	N	C/N	Media		
Corteza de Lupuna.	5,57	1,86	2,99	3,06	Compost: Clase A: entre 10 a 25 Clase B: entre 25 a 40 inmaduro: entre 40 a 50	Ninguno (Relación muy baja)
	5,22	1,72	3,03			
	5,64	1,79	3,15			
Corteza de Bolaina.	6,11	2,14	2,86	2,70	Compost: Clase A: entre 10 a 25 Clase B: entre 25 a 40 inmaduro: entre 40 a 50	Ninguno (Relación muy baja)
	5,71	2,28	2,50			
	6,27	2,28	2,75			

La tabla 30 muestra la relación carbono/nitrógeno (C/N) promedio del compost de la corteza de madera de corteza de madera de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca) cuyo valor encontrado fue de 3,06, mientras que en el compost de la corteza de madera de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina) cuyo valor encontrado fue de 2,70. Los valores promedios de la relación C/N en ambos compost están fuera de los límites o rangos establecidos para el compost tipo A (Relación entre 10 a 25).

Tabla 31.

Prueba de comparación de 2 medias de muestras independientes de la relación C/N del compost de la corteza de madera de dos especies forestales

Promedio de relación carbono/nitrógeno (C/N)		$T_{obser.}$	$T_{tabular}$	Nivel de significancia
Corteza de Lupuna.	**Corteza de Bolaina.**			
3,06	2,70	2,4	2,776	N.S

En la tabla 31 se aprecia que no existen diferencias significativas entre los promedios de la relación C/N de los compost de la corteza de las dos especies forestales, presentando ambos compost una relación C/N similares.

La relación carbono/nitrógeno (C/N) inicial de los materiales de partida del presente ensayo fue de 62:1, respaldado por ABARRATALDEA (2011) quien manifiesta que existe autores que elevan la relación a 45/1 y 60/1. La relación C/N original varía con respecto a la final en función de diferentes factores. Si el residuo de partida es rico en carbono y pobre en nitrógeno como es el caso de los compost de la corteza de madera de corteza de madera de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca) y de la ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina), la fermentación será lenta, las temperaturas no serán altas y el carbono se perderá en forma de dióxido de

carbono. Para el caso contrario, en altas concentraciones relativas de nitrógeno, éste se transformará en amoníaco, impidiendo la correcta actividad biológica y un problema medioambiental ya que el amoniaco es un gas con un considerable efecto invernadero. El bajo nivel de Nitrógeno en el proceso de compostaje se convierte en un elemento clave para el éxito ya que es un nutriente fundamental para los cultivos.

Si el compost final obtenido tras la fermentación, tiene un valor C/N alto, indica que no ha sufrido una descomposición completa y, si el índice es muy bajo como lo es el caso de los compost de la corteza de madera de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca) y de la ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina), puede deberse a una excesiva mineralización, aunque todo ello depende de las características del material de partida.

4.4.3. Madurez del compost

Tabla 32.

pH del compost de la corteza de madera de dos especies forestales después de la incubación.

Compost	pH del compost después de la incubación	Limites o rango	Madurez
De corteza de Lupuna	7,06 Neutro	Después de una incubación de 24 horas en condiciones anaeróbicas a una temperatura de 55 ºC el pH del compost debe ser > a 6,5	Maduro
De corteza de Bolaina	8,50 Alcalino	Después de una incubación de 24 horas en condiciones anaeróbicas a una temperatura de 55 ºC el pH del compost debe ser > a 6,5	Maduro

En la tabla 32 se aprecia el valor del pH del compost después de una incubación de 24 horas en condiciones anaeróbicas a una temperatura de 55 ºC para ambos

compost, el valor encontrado fue de 7,06 (neutro) para el caso del compost de la corteza de madera de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca), mientras que para el compost de la corteza de madera de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina), el valor encontrado fue de 8,5 (alcalino). Los valores del pH en ambos compost están entre los límites o rangos que expresan la madurez del compost (pH > 6.5), lo que indica que ambos compost están maduros, la cual es síntoma de una buena descomposición donde el color del compost se pone más oscuro paulatinamente y el olor original se comienza a sustituir por olor a tierra. Esto es debido a la degradación de la materia orgánica por acción activa de los microorganismos sobre residuos carbonados produciéndose la mineralización parcial de compuestos orgánicos complejos, que se transforman en agua, CO_2 y sustancias húmicas que tienen la capacidad de tamponante que confiere a la materia orgánica (Sztern y Pravia, 1999; COMPOSTERO, 2012)

4.4.4. pH del compost

Tabla 33.

pH del compost de la corteza de dos especies forestales.

Compost	pH del compost		Limites o rango	Clase de compost
	Muestra	Media		
De corteza de Lupuna.	8,40 8,41 8,40	8,40	Compost: Clase A: de 7 a 8 Clase B: de 6,5 a 8,5	B
De corteza de Bolaina.	8,34 8,35 8,35	8,35	Compost: Clase A: de 7 a 8 Clase B: de 6,5 a 8,5	B

La tabla 33 muestra los valores promedios del pH del compost de la corteza de madera de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca), cuyo valor encontrado

fue de 8,40 (alcalino), mientras que para el compost de la corteza de madera de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina), el valor encontrado fue de 8,35 (alcalino). Los valores promedios del pH en ambos compost se ubican ligeramente entre el rango establecido para la clase de compost B (de 6,5 a 8,5).

Tabla 34.

Prueba de comparación de 2 medias de muestras independientes del pH del compost de la corteza de madera de dos especies forestales.

pH del compost		$T_{obser.}$	$T_{tabular}$	Nivel de significancia
Corteza de Lupuna.	**Corteza de Bolaina.**			
8,40	8,35	0,01	2,776	N.S

En la tabla 34 se aprecia que no existen diferencias significativas entre los promedios del pH de los compost de la corteza de madera de las dos especies forestales, presentando ambos compost pH similares.

Si comparamos los valores promedios del pH del compost de la corteza de madera de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca), cuyo valor fue de **8,40 (alcalino)**, mientras que para el compost de la corteza de madera de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina), cuyo valor fue de 8,35 (alcalino) ambos compost se ubican inclusive fuera del rango establecido para la clase de compost B (de 6,5 a 8,5), contraviniendo lo enunciado por (COMPOSTADORES, 2013) cuando precisa que conviene que el compost sea lo más neutro posible porque los microorganismos responsables de la descomposición de los restos orgánicos no toleran valores muy alejados del 7. Si esto se produjese, el proceso de compostaje se detendría (fase de elaboración).

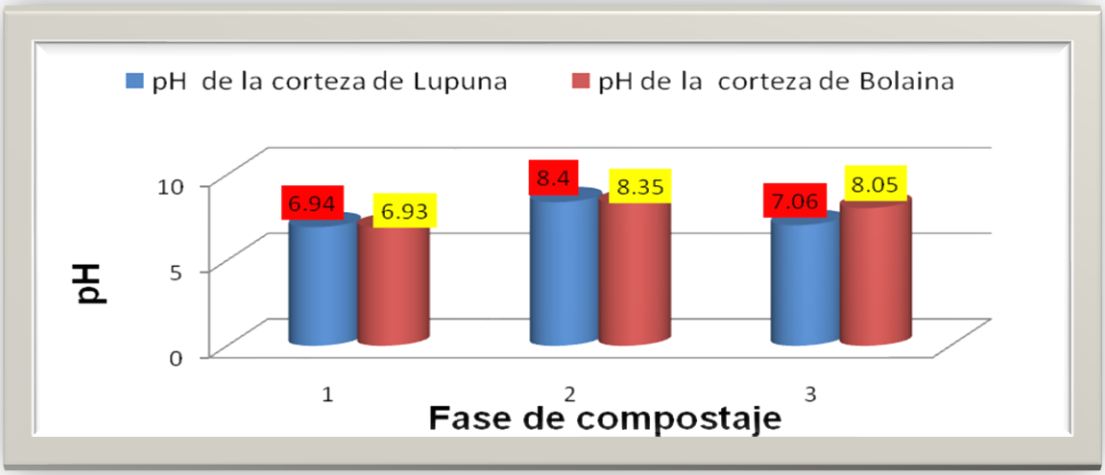


Figura 13. Variación del pH durante las fases de compostaje de la corteza de dos especies forestales.

En la figura 13 se observa que los valores promedio de pH de compost con relación a las fases de compostaje. Donde la fase mesofílica (10 °C - 45 ºC con pH próximos a la neutralidad) para la corteza de madera de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca) fue de 6,94 con una temperatura de 35 ºC, mientras que la corteza de madera de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca) fue de 6,93 con una temperatura de 31ºC, donde ambos compost presentaron valores de pH iniciales próximos a la neutralidad y encontrándose a una temperatura ambiente suelen sufrir un descenso ya que la mayoritariamente se descompone la materia orgánica más lábil (carbohidratos, azúcares, almidones y grasas) debido a una intensa actividad degradativa de los microorganismos sobre los compuestos fácilmente alterables, produciéndose una liberación de ácidos orgánicos. Con relación a la fase termofílica (45 °C - 65 ºC con pH alcalino) los valores promedio de pH para la corteza de madera de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca) fue de 8,4 con una temperatura de 48 ºC, mientras de la corteza de madera de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca) fue de 8,35 con una temperatura de 49 ºC, donde a media que la temperatura sube ambos compost sus pH asciende entre 8 – 9 (alcalinos), son agentes inhibidores del crecimiento de microorganismos, haciendo

precipitar nutrientes esenciales del medio, de forma que no son asequibles para los microorganismos produciendo a la formación de amoniaco NH_4^+ debido a la desaminación de las proteínas, ya que la formación de amoníaco NH_4^+ tiene un doble efecto: por un lado alcaliniza ligera y temporalmente el compost (incrementa un poco el pH) y por otro lado supone una pérdida de nitrógeno, el cual, como es sabido, es un gran fertilizante de los suelos. Por tanto, este segundo efecto es más grave que el primero al afectar a la calidad final del compost como abono. En cambio, la alcalinización que supone la formación de nitrato NH_3 es poco importante, porque es muy limitada en el tiempo y la subida de pH es escasamente significativa, con lo cual no afecta el producto final. La fase de enfriamiento (menor a 60 °C con pH 7 a 8) donde ambos compost presentaron temperatura menor de 60 °C donde el pH cae ligeramente llegando a un valor entre 7 a 8 en el compost maduro. La última fase maduración o curado (55 ºC con pH> 6,5). Después de una incubación de 24 horas en condiciones anaeróbicas a una temperatura de 55 ºC para ambos compost, el valor de pH encontrado fue de 7,06 (neutro) para el caso del compost de la corteza de madera de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca), mientras que para el compost de la corteza de madera de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina), el valor de pH encontrado fue de 8,5 (alcalino). Los valores del pH en ambos compost están entre los límites o rangos que expresan la madurez del compost (pH > 6,5), lo que indica que ambos compost están maduros cual es síntoma de una buena descomposición donde el color del compost se pone más oscuro paulatinamente y el olor original se comienza a sustituir por olor a tierra. Esto es debido a la degradación de la materia orgánica por acción activa de los microorganismos sobre residuos carbonados produciéndose la mineralización parcial de compuestos orgánicos complejos, que se transforman en agua, CO_2 y

sustancias húmicas que tienen la capacidad de tamponante que confiere a la materia orgánica (Sztern y Pravia, 1999; COMPOSTERO, 2012)

4.4.5 Materia orgánica en el compost

Tabla 35.

Contenido de materia orgánica del compost de la corteza de dos especies forestales.

Compost	Contenido de materia orgánica (%)		Limites o rango	Categoría
	Muestra	Media		
Corteza de Lupuna.	9,60 8,99 9,73	9,44	Contenido de materia orgánica ≥ a 20 %, en base seca	Bajo
Corteza de Bolaina.	10,54 9,85 10,81	10,4	Contenido de materia orgánica ≥ a 20 %, en base seca	Bajo

La tabla 35 muestra los valores promedios del contenido de materia orgánica en el compost de la corteza de madera de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca) cuyo valor encontrado fue de 9,44%, mientras que para el compost de la corteza de madera de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina), cuyo valor encontrado fue de 10,4%. Los valores promedios de la materia orgánica (MO) en ambos compost se encuentran muy por debajo de los límites o rangos establecidos para abonos orgánicos; resultando en ambos casos abonos con bajo contenido de materia orgánica.

Tabla 36.

Prueba de comparación de 2 medias de muestras independientes del contenido de materia orgánica del compost de la corteza de madera de dos especies forestales

Contenido de materia orgánica (%)		$T_{obser.}$	$T_{tabular}$	Nivel de significancia
Corteza de Lupuna.	Corteza de Bolaina.			
9,44	10,4	2,182	2,776	N.S

En la tabla 36 se aprecia que no existen diferencias significativas entre los promedios del contenido de materia orgánica de los compost de corteza de madera de las dos especies forestales, presentando ambos compost contenidos de materias orgánicas similares.

Estos resultados concuerdan con la que hacen mención (Cereijo *et al.* 2007) que el contenido de materia orgánica en el compost es fundamental, pues se considera como el principal factor para determinar su calidad agronómica. Por tanto, se puede considerar que el compostaje en el cual ocurren procesos de mineralización y humificación. Dado que la pérdida de materia orgánica es un indicador del grado de mineralización alcanzado durante el proceso de compostaje, se puede decir que la tasa de degradación fue similar tanto en el compost de la corteza de madera de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca) con 9,44% como el de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina) de 10,4%, es decir la materia orgánica se ha ido biodegradando por un lado en compuestos solubles o gaseosos tales como CO_2 (dióxido de carbono), NH3 (amoníaco), NO_3 (nitrato); PO4-3 (fosfato); $SO4^{=3D}$ (sulfato) (mineralización) y por otro se va transformando en elementos húmicos, de allí su bajo contenido de materia orgánica en ambos tipos de compost (Reta, 2012)

4.5 RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL COMPOST

En términos generales los dos tipos de compost provenientes de la corteza de madera de dos especies forestales de baja densidad (rápida descomposición), obtenidas en composteras o reactores que corresponde a un sistema dinámico, cerrado, horizontal y con rotación, se puede considerar compost de tipo B.

El compost de la corteza de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca), presentó 3 resultados como consecuencia del proceso de compostaje, el primero fue el contenido de ***Salmonella aeuroginosa*** que se encuentra por encima del límite o rango permisible (< 3 NMP/4g); constituyéndose en un fertilizante con riesgo de contaminación de los productos y/o de las fuentes de aguas. La presencia de ***Salmonella aeuroginosa*** se sustenta en lo indicado por (Bautista, 2012) quien precisa que la eliminación de *Salmonellas* se produce a una temperatura de 55 °C a 60 ºC; dicha temperatura no se alcanzó con el sistema de compostaje dinámico, cerrado, horizontal y con rotación, llegándose solo a 48 ºC.

El segundo resultado es la baja relación entre el carbono y nitrógeno (C/N), cuyo valor fue 3,60, siendo dicha relación entre 10 - 25 para el compost de tipo A.

El tercer resultado es el bajo contenido de materia orgánica (9,44%) y el elevado contenido de materia inerte (37,22%). El bajo contenido de materia orgánica se sustenta en lo indica por Cereijo *et al.* (2007) quienes mencionan que durante el compostaje se produce la degradación de la materia orgánica, debido al ataque de microorganismos sobre residuos carbonados produciéndose la mineralización parcial de compuestos orgánicos complejos, que se transforman en agua, CO_2 y sustancias húmicas. Por tanto, se puede considerar que el compostaje en el cual ocurren procesos de mineralización y humificación. En cuanto el elevado contenido de materia inerte probablemente es el inoculo (estiércol de ovino) por que el estiércol se recogió del suelo.

El compost de la corteza de madera de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca), presentó dos resultados, como consecuencia del proceso de compostaje, el primero es la baja relación entre el carbono/nitrógeno (C/N), cuyo valor fue de 2,70; siendo dicha relación entre 10 - 25 para el compost de tipo A, la causa de la obtención de

la baja relación C/N se debió a la fermentación lenta, las temperaturas de compostaje no fueron altas y el carbono se perdió en forma de dióxido de carbono, tal como ocurrió en el presente caso: 124 días de compostaje, 49 °C de temperatura; 6,03 en promedio de contenido de carbono y 2,23 en promedio de contenido de nitrógeno.

El segundo resultado es el bajo contenido de materia orgánica (10,4%) y la elevada materia inerte (42,92%). El bajo contenido de materia orgánica se sustenta en lo indica por (Cereijo *et al.* 2007) que mencionan que durante el compostaje se produce la degradación de la materia orgánica, debido al ataque de microorganismos sobre residuos carbonados produciéndose la mineralización parcial de compuestos orgánicos complejos, que se transforman en agua, CO_2 y sustancias húmicas. Por tanto, se puede considerar que el compostaje en el cual ocurren procesos de mineralización y humificación. En cuanto el elevado contenido de materia inerte probablemente es el inoculo (estiércol de ovino) por que el estiércol se recogió del suelo.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

El compostaje de la corteza de ***Ceiba pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca) y de la ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca) se llevó en composteras o reactores que corresponde a un sistema dinámico, cerrado, horizontal y con rotación.

El tiempo de compostaje fue a los 124 días para ambos casos a 28 ºC; y con relación al **pH inicial** de compostaje de la corteza de ***Ceiba pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca) fue de 6,94 y de la corteza de **Guazuma crinita** Mart. (Bolaina blanca) fue de 6,93.

El proceso de compostaje se inició con una temperatura de 35 ºC y 31 °C respectivamente; la **temperatura máxima** de compostaje fue de 48 ºC y 49 °C respectivamente; la **temperatura mínima** lograda después de los 124 días de compostaje fue en ambos casos de 28 ºC.

En el compost de la corteza de ***Ceiba pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca) se encontró 2600 UFC/100g o de 26UFC/g de coliformes totales; 18 NMP/g de coliformes fecales, 124 NMP de ***Salmonella aeuroginosa****;* y en el compost de la corteza de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca), se encontró 2500 UFC/100g o de 25 UFC/g de coliformes totales; 18 NMP/g de coliformes fecales y sin presencia de ***Salmonella aeuroginosa*** siendo por esta razón siendo un compost aceptable; el contenido de nitrógeno en el compost de la corteza de ***Ceiba pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca) fue de 1,79% y de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca) 2,23% sobre la base de materia seca, superando en ambos casos a los limites o rangos (nitrógeno total ≥ a 0.5%); a su vez el contenido de materia orgánica en el compost de la corteza de ***Ceiba pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca) fue de 9,44%, mientras que de ***Guazuma crinita***. Mart. (Bolaina blanca) fue de 10,4%. Los valores de Materia Orgánica (MO) en ambos compost se encuentran muy por debajo de los límites o rangos establecidos para abonos orgánicos. No existe diferencias significativas entre las propiedades fisicoquímicas del compost de la

corteza de ***Ceiba pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca) y de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca).

El contenido de humedad promedio en el compost de la corteza de madera de ***Ceiba pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca) fue de 34,51 % y de la ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca) fue de 33,99 %, controlados al final del proceso de compostaje, ubicándose dentro de los límites o rangos establecidos para compost (CH de 30% a 45 %, sobre la base húmeda); la conductividad eléctrica promedio del compost de la corteza de madera de ***Ceiba pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca) fue de 5,97 mS/cm y de la ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca) fue de 8,40 mS/cm*;* ambos valores se ubican dentro de los límites o rangos establecidos para el compost tipo B (> 5 a 12 mS/cm o (ds/m); y el compost obtenido a partir de la corteza de madera de ***Ceiba pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca) presentó 1,14% de impurezas de tamaño de > 2 a ≤ 5 mm y 0,10% de impurezas de tamaño > 5 a ≤ de 16 mm y el compost de la corteza de madera de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca) presentó 1,88 % de impurezas de tamaño de > 2 a ≤ 5 mm y 0,75% de impurezas de tamaño > 5 a ≤ de 16 mm, resultando en ambos casos compost de tipo B.

5.2 RECOMENDACIONES.

- Efectuar estudios sobre el contenido de carbono y nitrógeno de la madera de las especies forestales de la Amazonía, a fin de poder efectuar un buen balanceo de nutrientes y obtener compost de calidad.
- Continuar con estudios sobre compostajes de residuos de la madera de otras especies forestales.
- Realizar compostajes de residuos de aserrío utilizando otros sistemas de compostación.
- Utilizar en campo los productos obtenidos a partir de este ensayo, para valorar su efecto en el rendimiento de los cultivos y mejoramiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.
- Determinar la humedad del sustrato en el laboratorio por medio de la diferencia del agua que hay en la muestra antes y después de secado al

horno, de esta manera precisa se puede corregir el % de humedad por debajo de lo recomendado.

- Cubrirle con plástico negro a las composteras para evitar que los rayos solares afecten a los microorganismos y para evitar la deshidratación de la pila o la sobre hidratación por agua de lluvia.

BIBLIOGRAFÍA

ABARRATALDEA. (26 de enero de 2020). Manual práctico de compostaje. Obtenido de http://www.abarrataldea.org/manual.htm

Álvarez, E. (2015). Residuos madereros, transformación y uso. Destinos de los residuos de la madera.

Bautista, G. (2012). Evaluación de tres microambientes de la termorresistencia de una cepa de Salmonella sp aislada del compost. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.

Bueno, P., & Díaz, M. (2012). Factores que afectan al proceso de compostaje. Huelva.

Burés, S. (2012). Sustratos: propiedades físicas, químicas y biológicas. Extra, 70-78.

Carrión, M., Companioni, N., Martínez, F., Peña, T., & Rodríguez, A. (2012). Manual para la producción de abonos orgánicos en la agricultura urbana.

Cereijo, D., Ferro, J., Villar, I., Rodriguez-Abalde, A., Mat, S., Domínguez-Domínguez, M., & Patiño, J. (2007). Estudio comparativo sobre la aptitud para el compostaje de la fracción orgánica de RSU separada en origen y la recuperada por separación mecánica a partir de la fracción inerte. Barcelona: Universidad de Vigo.

Chefetz, B., Chen, Y., Hatcher, P., & Yadar, Y. (1996). Chemical and Biological caracterization of organic matter during composting of municipal solid waste. New York.

Chirinos, R., López, R., & Romero, C. (28 de octubre de 2020). Elaboración de un abono orgánico a partir de la cáscara de la semilla del árbol de Neem (Azadirachta indica).

COMPOSTADORES. (2013). El pH en el compost.

Crespo, D. (2019). Comparación de compost a partir de residuos domiciliarios con separación en origen y en planta. Buenos Aires.

Del Val, A. (2019). Glosario de términos sobre Reciclaje. En Reciclaje.

Domínguez, A. (2012). Evaluación de las propiedades físicas, fisicoquímicas y de la fitotoxicidad de compost comerciales para su uso en la formulación de sustratos de cultivo.

ECOSUR. (20 de Octubre de 2020). Compost. Obtenido de http://www.ecocomunidad.org.uy/ecosur/txt/compost.htm

EL HOGAR NATURAL. (25 de noviembre de 2020). Abonos orgánicos. Obtenido de http://elhogarnatural.com/reportajes/compostaje.htm

Ermashenkov, V., Grishkova, A., V., S., & M. (1989). Fertilizantes a partir de residuos de corteza. Lesnaya.

FAO. (1991). Producción y uso del compost en ambientes tropicales y subtropicales. En Manejo de suelos (pág. 312). Roma.

FIDA. (2012). Manual de compostaje en casa.

Gómez, Y., Gonzáles, M., & Chiroles, S. (2014). Microorganismos presentes en el compost. Importancia de su control sanitario. La Habana: Cuba.

INFOAGRO. (2012). El compostaje.

Jaramillo, M. (2005). Biología y aplicaciones de la célula cultivada. 9.

Kowaljow, E., & Varela, S. (2019). Semillas de malezas en los compost. Argentina: Universidad Nacional de Comahue.

Krause, H., Thiele, G., & Winter, K. (2005). In situ study of photoinhibition of photosyntesis and xanthophylls cycle activity in plants growing in natural gaps of the tropical forest. Australia.

López, P., Silva, J., & Valencia, P. (2011). Recuperación de nutrientes en fase sólida a través del compostaje. EIDENAR.

Mayea, S. (1993). Tecnología para la producción de compost (biotierra) a partir de la inoculación con microorganismos de diversos restos vegetales. La Habana: CIDA-MINAGRI.

Mendoza, M. (2012). Propuesta de compostaje de los residuos vegetales generados en la Universidad de Piura. (Tesis de pregrado en Ingeniería Industrial y de Sistemas). Piura: Universidad de Piura.

Moreno, J. (2008). Compostaje. Madrid: Mundi-Prensa.

Odneal, M., & Martín, L. (2000). Corteza fresca y envejecida del pino como enmiendas del suelo para el establecimiento del arado. Hort Science., 1220 - 1239.

Pajuelo, D. (2006). Reciclaje de lodos residuales de la industria de papel mediante la écnica de compostaje. (Tesis Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad Ciencias.

Puerta, S. (2014). Los residuos sólidos municipales como acondicionadores de suelos. Lasallista de Investigación.

Ramirez, C. (22 de dicembre de 2019). Utilización de residuos forestales. Obtenido de Gestión ambiental y sostenibilidad: http://www.gestiopolis.com/canales7/ger/utilización-de-residuos-forestales.htm.

Reta, M. (2012). Compost.

Reynel, C., Pennington, T., Flores, D., & Daza, A. (2003). Árboles Útiles de la Amazonía Peruana y sus Usos. 509.

Rico, A. (2013). Identificación e implementación de la AGENDA 21 relativa a gestión de residuos sólidos orgánicos y aguas residuales asimilables a urbanas en proyectos de la contraparte BEL AVENIR, Tulear, MADAGASCAR.

Röben, E. (26 de octubre de 2020). Manual de compostaje para municipios. Obtenido de http://www.resol.com.br/Cartilha7/ManualCompostajeparaMunicipios.pdf

Shapiama, G. (2013). Obtenciónde compost en un sistema cerrado con rotación, utilizando aserrín de dos especies forestales de baja densidad en Pucallpa. (Tesis pregrado). Pucallpa: Universidad Nacional de Ucayali.

Sztern, D., & Pravia, M. (1999). Manual para la elaboración de compost bases conceptuales y procedimientos. Organización Mundial de la Salud (OMS).

Vicencio, G., Pérez, E., Medina, E., & Martinez, A. (2012). Producción de composta y vericompostaa partir de los lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales de un rastro. Int. Contaminación ambiental.

ANEXOS 1

Tabla 37.

Resumen de las propiedades biológicas, físicas y químicas del compost de la corteza de madera de ***Ceiba Pentandra*** (L.) Gaertn. (Lupuna blanca)

Propiedades biológicas	**Compost de calidad**	**Compost experimental**	**Especificación**
Coliformes totales	**No especificado**	**26 NMP/g**	**No especificado**
Coliformes fecales	**< de 1000 NMP/g**	**18 NMP/g**	**Apto**
Salmonella aeuroginos	**≤3 NMP/4g**	**12 NMP/4g**	**No Apto**
Propiedades físicas	**Compost de calidad**	**Compost experimental**	**Especificación**
Olores	**Característico**	**Característico**	**Apto**
Contenido de humedad	**De 30 a 45 %**	**34.21%**	**Apto**
Conductividad eléctrica	**Compost clase A: ≤ 5 mS/cm** **Compost clase B: > 5 a 12 mS/cm**	**5.97 mS/cm**	**Apto (compost B)**
Materia inerte o impurezas	**≥ 2 a ≤ 5 mm y > 5 a ≤ 16 mm** **Compost A : 0.5 y 5 %** **Compost B: 1 y 5 %**	**1.14 y 0.10 %**	**Apto (compost B)**
Tamaño de partículas	**≤ 16 mm**	**< 16 mm**	**Apto**
Densidad aparente	**≤ a 700 kg/m³**	**667.7 kg/m³**	**Apto**

Presencia de semillas viables		**Máximo 2 semillas/litro de compost**	**0 semillas/lt**	**Apto**
Propiedades químicas		**Compost de calidad**	**Compost experimental**	**Especificación**
Macronutrientes	**Nitrógeno (N)**	**≥ 0.5 %**	**1.79%**	**Apto**
	Fosforo (P)	**≥ 0.4 %**	**0.94%**	**Apto**
	Potasio (K)	**≥ 2.5 %**	**2.10%**	**Apto (*)**
	Calcio (Ca)	**≥ 1.3 %**	**3.07%**	**Apto**
	Magnesio (Mg)	**≥ 0.4 %**	**1.03%**	**Apto**
Relación C/N		**Clase A: entre 10 a 25** **Clase B: entre 25 a 40** **inmaduro: entre 40 a 50**	**3.06**	**No apto para ningún tipo de compost**
Madurez del compost (pH) (post-incubación)		**> a 6.5**	**7.06**	**Apto**
pH del compost		**Clase A: de 7 a 8** **Clase B: de 6.5 a 8.5**	**8.40**	**Apto (compost B)**
Contenido de materia orgánica		**≥ a 20 %**	**9.44%**	**No apto**

Tabla 38.

Resumen de las propiedades biológicas, físicas y químicas del compost de la corteza de ***Guazuma crinita*** Mart. (Bolaina blanca)

Propiedades biológicas	**Compost de calidad**	**Compost experimental**	**Especificación**
Coliformes totales	**No especificado**	**25 NMP/g**	**No especificado**
Coliformes fecales	**< de 1000 NMP/g**	**18 NMP/g**	**Apto**
Salmonella aeuroginos	**≤3 NMP/4g**	**0**	**apto**
Propiedades físicas	**Compost de calidad**	**Compost experimental**	**Especificación**
Olores	**Característico**	**Característico**	**Apto**
Contenido de humedad	**De 30 a 45 %**	**33.21%**	**Apto**
Conductividad eléctrica	**Compost clase A: ≤ 5 mS/cm** **Compost clase B: > 5 a 12 mS/cm**	**8.40 mS/cm**	**Apto (compost B)**
Materia Inerte o impurezas	**≥ 2 a ≤ 5 mm y > 5 a ≤ 16 mm** **Compost A: 0.5 y 5 %** **Compost B: 1 y 5 %**	**1.88 y 0.75 %**	**Apto (compost B)**
Tamaño de partículas	**≤ 16 mm**	**< 16 mm**	**Apto**
Densidad aparente	**≤ a 700 kg/m³**	**641.14 kg/m³**	**Apto**
Presencia de semillas viables	**Máximo 2 semillas/litro de compost**	**0 semillas/lt**	**Apto**

Propiedades químicas		Compost de calidad	Compost experimental	Especificación
Macronutrientes	Nitrógeno (N)	≥ 0.5 %	1.79%	Apto
	Fosforo (P)	≥ 0.4 %	0.94%	Apto
	Potasio (K)	≥ 2.5 %	2.10%	Apto (*)
	Calcio (Ca)	≥ 1.3 %	3.07%	Apto
	Magnesio (Mg)	≥ 0.4 %	1.03%	Apto
Relación C/N		Clase A: entre 10 a 25 Clase B: entre 25 a 40 inmaduro: entre 40 a 50	2.70	No apto para ningún tipo de compost
Madurez del compost (pH) (Post-incubación)		> a 6.5	8.50	Apto
pH del compost		Clase A: de 7 a 8 Clase B: de 6.5 a 8.5	8.35	Apto (compost B)
Contenido de materia orgánica		≥ a 20 %	10.4%	No apto



Figura 14. Construcción de galpón de compostaje



Figura 15. Recolección y secado de la corteza



Figura 16. Molienda la corteza



Figura 17. Identificación de las especies.



Figura 18. Compostera o reactor con sistema cerrado horizontal y con rotación (dinámico).



Figura 19. Llenado de la compostera



Figura 20. Control diario de temperatura



Figura 21. Revolcado de la compostera

ANEXO 2

Natura Laboratorios PUCALLPA

SECCION B. ANALISIS DE AGUAS Y ALIMENTOS

Empresa Natura EIRL RUC: 20128825135

CERTIFICADO DE ANALISIS N° 20.04.96

SOLICITANTE	**PEDRO JESÚS GONZALES RAMIREZ**
RESPONSABLE	El solicitante
DOMICILIO LEGAL	Jr. Oscar R. Benavides N° 948
TELEFONO	961-614408
MUESTRA	**ABONO DE DESECHO MADERABLE**
TIPO DE MADERA	**BOLAINA**
PROCEDENCIA DE MUESTRA	UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
PROYECTO DE TESIS	"Elaboración de compost utilizando corteza de ***Ceiba pentandra*** (L.) Gaertn. (lupuna blanca) y ***Guazuma crinita*** Mart. (bolaina blanca) en un sistema cerrado horizontal con rotación en Pucallpa – Ucayali"
NÚMERO DE MUESTRAS	Uno
FORMA Y PRESENTACIÓN	Bolsa de plástico transparente
CANTIDAD RECIBIDA	1.000 ml aprox. (contenido del envase)
CÓDIGO DE MUESTRA	20.04.16
REFERENCIA	Personal
BASE TÉCNICA	**Standard Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL 21 Th EDITION**
ANALISTA RESPONSABLES	Blgo. Fredi Carrasco S. Blgo. Alcides Castillo Q.
FECHA DE INGRESO	2020-04-17
FECHA TERMINO DE ENSAYO	2020-04-25
FECHA EMISIÓN DE RESULTADOS	2020-04-25

***Muestra bajo entera responsabilidad del solicitante**

RESULTADOS

ANALISIS SENSORIAL

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO	ESPECIFICACIÓN
Olor	----------	Característico	Característico
Color	----------	Blanco cremoso	Marrón oscuro
Aspecto - Textura	----------	Uniforme	Libre de partículas - Uniforme

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO	LÍMITE POR g.
COLIFORMES TOTALES	UFC/100 g	Número más Probable	2500	N.E.
COLIFORMES FECALES	NMP/100 g	Número más Probable	1800	N.E.
Salmonella aeuroginosa	UFC/100 g	Recuento en Placa	AUSENCIA	N.E.

N.E.: NO ESPECIFICA.

Natura Laboratorio

Natura E.I.R.L.

Fredi A. Carrasco Sandoval

av Saenz Peña 583 PUCALLPA UCAYALI tel 576060 e mail naturelab@viabcp.com.pe

Natura Laboratorios PUCALLPA

SECCION B: ANALISIS DE AGUAS Y ALIMENTOS

Empresa Natura EIRL RUC: 20128825135

CERTIFICADO DE ANALISIS N° 20.04.97

SOLICITANTE	**PEDRO JESÚS GONZALES RAMIREZ**
RESPONSABLE	El solicitante
DOMICILIO LEGAL	Jr. Oscar R. Benavides N° 948
TELEFONO	961-614408
MUESTRA	**ABONO DE DESECHO MADERABLE**
TIPO DE MADERA	**LUPUNA**
PROCEDENCIA DE MUESTRA	UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
PROYECTO DE TESIS	"Elaboración de compost utilizando corteza de ***Ceiba pentandra*** (L.) Gaertn. (lupuna blanca) y ***Guazuma crinita*** Mart. (bolaina blanca) en un sistema cerrado horizontal con rotación en Pucallpa – Ucayali"
NÚMERO DE MUESTRAS	Uno
FORMA Y PRESENTACIÓN	Bolsa de plástico transparente
CANTIDAD RECIBIDA	1.000 ml aprox. (contenido del envase)
CÓDIGO DE MUESTRA	20.04.19
REFERENCIA	Personal
BASE TÉCNICA	**Standard Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL 21 Th EDITION**
ANALISTA RESPONSABLES	Blgo. Fredi Carrasco S. Blgo. Alcides Castillo Q.
FECHA DE INGRESO	2020-04-17
FECHA TERMINO DE ENSAYO	2020-04-25
FECHA EMISIÓN DE RESULTADOS	2020-04-25

***Muestra bajo entera responsabilidad del solicitante**

RESULTADOS

ANALISIS SENSORIAL

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO	ESPECIFICACIÓN
Olor	----------	Característico	Característico
Color	----------	Blanco cremoso	Marrón oscuro
Aspecto - Textura	----------	Uniforme	Libre de partículas - Uniforme

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO	LÍMITE POR g.
COLIFORMES TOTALES	UFC/100 g	Número más Probable	>2600	N.E.
COLIFORMES FECALES	NMP/100 g	Número más Probable	1800	N.E.
Salmonella aeuroginosa	UFC/100 g	Recuento en Placa	300	N.E.

N.E.: NO ESPECIFICA.

Natura Laboratorio

Natura E.I.R.L.

av Saenz Peña 503 PUCALLPA UCAYALI tel 576060 e mail naturalab@viabcp.com.pe