

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**“COMPARATIVO DE FUENTES DE MICROORGANISMOS  
EN LA ELABORACIÓN DE COMPOST A PARTIR DE  
RESIDUOS AGRÍCOLAS”**

Tesis

Para optar el título de

**INGENIERO AGRÓNOMO**

Presentado por

**WALTER JUNIOR KAQUI BAILÓN**

**TINGO MARÍA – PERÚ**

**2021**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
Tingo María  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**



Av. Universitaria Km 1.5 Telf. (062) 562341 (062) 561136 Fax. (062) 561156 E.mail: [fagro@unas.edu.pe](mailto:fagro@unas.edu.pe)

"Año de la Universalización de la Salud"

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**  
**2021-FA-UNAS**

BACHILLER : WALTER JUNIOR KAQUI BAILON

TÍTULO : **COMPARATIVOS DE FUENTES DE MICROORGANISMO EN LA ELABORACION DE COMPOST A PARTIR DE LOS RESIDUOS AGRÍCOLAS.**

JURADO CALIFICADOR

PRESIDENTE : Dr. JOSÉ WILFREDO ZAVALA SOLÓRZANO  
VOCAL : M.Sc. JORGE ADRIAZOLA DEL AGUILA  
VOCAL : Ing. LUIS MANSILLA MINAYA

ASESOR : Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI

FECHA DE SUSTENTACIÓN : 10 de noviembre de 2021

HORA DE SUSTENTACIÓN : 08:00 a.m.

LUGAR DE SUSTENTACIÓN : Plataforma Microsoft Teams

CALIFICATIVO : APROBADO

RESULTADO : MUY BUENO

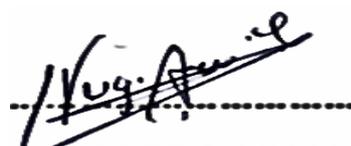
OBSERVACIONES A LA TESIS : EN HOJA ADJUNTA

TINGO MARÍA, 10 DE NOVIEMBRE DE 2021

  
.....  
Dr. JOSÉ WILFREDO ZAVALA SOLÓRZANO.  
PRESIDENTE

  
.....  
M.Sc. JORGE ADRIAZOLA DEL AGUILA  
VOCAL

  
.....  
Ing. LUIS MANSILLA MINAYA  
VOCAL

  
.....  
Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI  
ASESOR

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**

**REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DE  
TÍTULO**

Universidad	: Universidad Nacional Agraria de la Selva
Facultad	: Facultad de Agronomía
Título de Tesis	: Comparativo de fuentes de microorganismos en la elaboración de compost a partir de residuos agrícolas
Autor	: Walter Junior Kaqui Bailón
DNI	: 45579465
Correo electrónico	: Walter.kaqui@unas.edu.pe
Asesor	: Dr. Huamani Yupanqui, Hugo Alfredo
Escuela Profesional	: Agronomía
Programa de Investigación	: Suelos y Fertilizantes
Línea (s) de Investigación	: Fertilidad, clasificación, recuperación y manejo de suelos
Eje temático de investigación	: Compost y abonos orgánicos
Lugar de Ejecución	: Planta de abonos CORESAV S.R.L
Duración del trabajo	: 6 meses
Fecha de Inicio	: 10 / 07/ 2017
Término	: 10 / 01 / 2018
Financiamiento	: S/. 3000
FEDU	: NO
Propio	: SI
Otros	: NO

**Tingo María - Perú – Noviembre, 2021**

## DEDICATORIA

A mi querida madre: Yolanda Bailón por su paciencia y comprensión y por haberme educado por el buen camino, y a mi padre Walter Kaqui que desde el cielo me guía y protege.

A mis queridas hermanas: Susang, Liseth y Sheyli: por estar siempre presentes, acompañándome para poder realizarme profesionalmente.

A mis sobrinitos Ítalo, Zolanch, Aaron y Astrid, que son mi motivo e impulso de salir adelante.

## **AGRADECIMIENTO**

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, mi Alma Mater, y docentes de la Facultad de Agronomía por su contribución en mi carrera profesional.
- Al Dr. Hugo Alfredo Huamaní Yupanqui, asesor del presente trabajo de tesis, por su orientación y valiosa colaboración.
- A los miembros del jurado de tesis: Dr. José Wilfredo Zavala Solórzano, Ing. Luis Mansilla Minaya, Ing. M. Sc. Jorge Luis Adriazola del Águila, por la revisión del informe de la presente tesis.
- Al Ing. Luis Mansilla Minaya, por su colaboración y asesoramiento en la redacción de la presente tesis.
- Mi sincero agradecimiento a todas aquellas personas que en forma desinteresada colaboraron en la culminación del presente trabajo de tesis y en especial a la Ing. Heidy Maribel Medina Velázquez, por su apoyo, comprensión y su compañía en momentos difíciles.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Página</b>
I. INTRODUCCIÓN .....	14
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	16
2.1. El compostaje.....	16
2.1.1. Fases del compostaje. ....	17
2.1.1.1. Fase mesófila .....	17
2.1.1.2. Fase termófila.....	18
2.1.1.3. Fase mesófila II o enfriamiento. ....	18
2.1.1.4. Fase de maduración.....	19
2.1.2. Parámetros que intervienen en el proceso de compostaje. ....	19
2.1.2.1. Temperatura .....	20
2.1.2.2. pH.....	20
2.1.2.3. Humedad .....	20
2.1.2.4. Relación carbono/nitrógeno C/N .....	21
2.1.2.5. Conductividad eléctrica .....	21
2.1.2.6. Materia orgánica. ....	22
2.1.2.7. Tiempo de compostaje. ....	22
2.1.2.8. Peso del compost.....	23
2.1.3. Componentes microbiológicos en el compostaje. ....	24
2.1.3.1. Bacterias en el compostaje.....	25
2.1.3.2. Hongos en el compostaje. ....	25
2.1.3.3. Actinomicetos en el compostaje. ....	25
2.2. El compost. ....	26
2.2.1. Importancia del compost. ....	26

2.2.2.	Composición química y mineral del compost. ....	26
2.2.3.	Inoculación de microorganismos para la obtención del compost.....	28
2.3.	Microorganismos eficientes.....	29
2.3.1.	Principales componentes de los microorganismos eficientes.....	30
2.3.1.1.	Actinomicetos .....	30
2.3.1.2.	Bacterias fotosintéticas o fototróficas.....	30
2.3.1.3.	Bacterias del ácido láctico ( <i>Lactobacillus</i> ).....	30
2.3.1.4.	Levaduras ( <i>Saccharomyces spp.</i> ).....	31
2.3.2.	Insumos que contienen componentes de los microorganismos eficientes.....	31
2.3.2.1.	La leche.....	31
2.3.2.2.	Estiércol de vaca .....	31
2.3.2.3.	Levaduras de pan ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ).....	32
2.3.3.	Utilización de microorganismos eficientes en la obtención del compost.....	32
2.4.	Microorganismos de bosque.....	32
2.4.1.	Principales componentes de los microorganismos de bosque.....	33
2.4.1.1.	Bacterias fotosintéticas .....	33
2.4.1.2.	Actinomicetos .....	33
2.4.1.3.	Bacterias productoras de ácido láctico.....	33
2.4.1.4.	La Levaduras, tierra forestal o manto forestal. ....	34
2.4.2.	Técnicas de activación de los microorganismos de bosque. ....	34
2.4.3.	Utilización de microorganismos de bosque en la obtención del compost.....	34
2.5.	Aplicación de Roca fosfórica en el compostaje.....	35

2.6.	Concepto de los residuos agrícolas.....	35
III.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	36
3.1.	Ubicación del campo experimental .....	36
3.2.	Materiales .....	36
3.2.1.	Equipos.....	37
3.2.2.	Insumos.....	37
3.3.	Metodología experimental.....	38
3.3.1.	Características del campo experimental .....	38
3.3.2.	Disposición del campo experimental.....	38
3.3.3.	Componentes en estudio.....	39
3.3.4.	Diseño experimental.....	39
3.4.	Ejecución del experimento .....	40
3.4.1.	Preparación del inóculo de microorganismos formulados (IMF).....	40
3.4.2.	Preparación del inóculo de microorganismos de bosque (IMB) .....	41
3.4.2.1.	Fase Solida.....	41
3.4.2.2.	Fase liquida (Activación).....	41
3.4.3.	Selección de insumos para el compostaje .....	42
3.4.4.	Relación Carbono: Nitrógeno.....	43
3.4.5.	Picado de los desechos sólidos orgánicos .....	44
3.4.6.	Construcción de la pila .....	44
3.4.7.	Inoculación de los microorganismos .....	45
3.4.8.	Volteo .....	45
3.4.9.	Cosecha.....	46
3.4.10.	Tamizado .....	46
3.4.11.	Obtención de muestras para sus análisis en laboratorio .....	46

3.4.11.1. Laboratorio de microbiología .....	46
3.4.11.2. Laboratorio de suelos .....	46
3.5. Observaciones registradas. ....	47
3.5.1. Evaluación de la temperatura en las fases de compostaje .....	47
3.5.1.1. Fase mesófila .....	47
3.5.1.2. Fase termófila o de higienización .....	47
3.5.1.3. Fase de enfriamiento o mesófila II.....	47
3.5.1.4. Fase de maduración.....	47
3.5.2. Determinación del tiempo de obtención del compost en días .....	47
3.5.3. Evaluación del pH durante el compostaje. ....	48
3.5.4. Evaluación de la humedad en la fase de maduración .....	48
3.5.5. Determinación de los pesos del compost, fracción fina y fracción gruesa (bagazo).....	48
3.5.6. Composición química y mineral al finalizar el compostaje .....	49
3.5.7. Población de microorganismos durante el compostaje. ....	49
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN. ....	50
4.1. Cuantificación de poblaciones de microorganismos en la etapa intermedia y final del compostaje.....	50
4.1.1. Contenido de actinomicetos en el compostaje.....	50
4.1.2. Contenido de aerobios viables en el compostaje.....	51
4.1.3. Contenido de fungís (mohos y levaduras) en el compostaje. ....	53
4.2. Efecto del inóculo de microorganismos formulados (IMF) y del inóculo de microorganismos de bosque (IMB) en la temperatura durante las fases de compostaje. ....	54

4.3. Efecto del inóculo de microorganismos formulados (IMF) y del inóculo de microorganismos de bosque (IMB) en el tiempo de obtención del compost. ....	58
4.4. Efecto del inóculo de microorganismos formulados (IMF) y del inóculo de microorganismos de bosque (IMB) en el peso de compost, peso de fracción fina y peso de fracción gruesa (bagazo). ....	62
4.5. Efecto del inóculo de microorganismos formulados (IMF) y del inóculo de microorganismos de bosque (IMB) en la humedad, pH, conductibilidad eléctrica, materia orgánica. ....	66
4.6. Efecto del inóculo de microorganismos formulados (IMF) y del inóculo de microorganismos de bosque (IMB) en la composición mineral de nutrientes y microelementos del compost. ....	69
V. CONCLUSIONES .....	73
VI. RECOMENDACIONES .....	74
VII. RESUMEN.....	75
ABSTRACT .....	76
VIII. BIBLIOGRAFÍA .....	77
IX. ANEXOS .....	90

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Página</b>
1. Características generales que deben cumplir los tipos de composta.....	27
2. Concentración máxima según la clasificación de metales pesados .....	28
3. Diferencias entre la producción de compost con la inoculación de microorganismos y el compost tradicional. ....	29
4. Descripción de los tratamientos .....	39
5. Esquema del análisis de variancia.....	40
6. Cantidades de los insumos utilizados en la pila de compostaje .....	43
7. Contenido en porcentaje de materia orgánica y nitrógeno de los insumos a utilizar .....	43
8. Relación de las medidas de alto y ancho descrito por autores .....	44
9. Cuadrados medios del análisis de varianza ( $\alpha=0.05$ ) para la temperatura en las fases de compostaje.....	54
10. Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para la temperatura durante las fases de compostaje. ....	55
11. Análisis de varianza ( $\alpha=0.05$ ) para tiempo de obtención del compost. ....	59
12. Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para tiempo de obtención del compost. ....	60
13. Cuadrado medio del análisis de varianza ( $\alpha=0.05$ ) para el peso del compost, peso de fracción fina y peso de fracción gruesa (bagazo) al final del compostaje.....	63
14. Prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) para el peso de compost, peso de fracción fina y peso fracción gruesa (bagazo), al final del compostaje. ....	63
15. Análisis de varianza ( $\alpha = 0.05$ ) para los componentes químicos (pH, humedad, conductividad eléctrica, materia orgánica). ....	91
16. Análisis de varianza ( $\alpha = 0.05$ ) para la composición mineral de los nutrientes al final del compostaje. ....	91

17. Análisis de varianza ( $\alpha = 0.05$ ) para algunos microelementos y metales pesados al final del compostaje. ....	91
18. Comparativo del número de unidades formadoras de colonias de los microorganismos encontrados en la fase intermedia y final del compostaje. ....	92
19. Mediciones de temperatura durante el compostaje .....	93
20. Número de días en la obtención del compost. ....	94
21. Mediciones de pH durante el compostaje. ....	95
22. Mediciones de humedad en la fase de maduración del compostaje.....	96
23. Valores obtenidos para el peso del compost, peso de fracción fina y peso de fracción gruesa(bagazo) al final del compostaje. ....	97
24. Valores obtenidos para la conductividad eléctrica y materia orgánica al final del compostaje.....	97
25. Determinación del porcentaje de reducción de residuos agrícolas obtenidos al final del compostaje.....	97
26. Valores químicos para la composición mineral del compost.....	98

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Paginas</b>
1. Esquema del proceso de compostaje.....	16
2. Fases del compostaje.....	17
3. Porcentaje de reducción de volumen y peso de los residuos agrícolas durante el compostaje.....	24
4. Ubicación de la planta de compostaje.....	36
5. Distribución de las pilas en el campo experimental.....	38
6. Inoculación de microorganismos en las pilas de compostaje.....	45
7. Cuantificación del número de unidades formadoras de colonias de actinomicetos en la fase intermedia y final del compostaje.....	50
8. Cuantificación del número de unidades formadoras de colonias de aerobios viables en la fase intermedia y final del compostaje. ....	52
9. Cuantificación del número de unidades formadoras de colonias de fungís en la fase intermedia y final del compostaje. ....	53
10. Barras con prueba de Duncan, para la temperatura en las fases de compostaje. ....	56
11. Tiempo en días para la obtención del compost. ....	60
12. Influencia de la temperatura en el tiempo del compostaje. ....	62
13. Peso de compost, fracción fina y gruesa(bagazo) al final del compostaje.....	64
14. Parámetros químicos de pH, humedad, conductividad eléctrica y materia orgánica al final del compostaje. ....	67
15. Composición mineral de nutrientes obtenidos al final del compostaje.....	70
16. Contenido de microelementos y metales pesados obtenidos en el compost. ....	72
17. Análisis especial del compost. ....	99
18. Análisis microbiológico del compost en la etapa intermedia del compostaje (T0) .....	100

19.	Análisis microbiológico del compost en la etapa intermedia del compostaje (T1) .....	101
20.	Análisis microbiológico del compost en la etapa intermedia del compostaje (T2) .....	102
21.	Análisis microbiológico de compost en la etapa final del compostaje (T0) .....	103
22.	Análisis microbiológico de compost en la etapa final del compostaje (T1) .....	104
23.	Análisis microbiológico de compost en la etapa final del compostaje (T2) .....	105
24.	Certificado de calibración de pH- metro HANNA .....	106
25.	Preparación de los microorganismos de bosque (MB) y microorganismos formulados (MF). a. Hojarasca o mantillo de bosque; b y c. IMB sólido y activado; d. Preparando Microorganismo Eficientes y e y f. IMF activados .....	107
26.	Preparación de insumos para el compostaje, a. residuos urbanos; b. Pollinaza y c. Rastrojos de plátano. ....	107
27.	Preparación del compostaje, a. Termohigrómetro; b. pH-metro portátil y c. Termómetro digital.....	108
28.	Pesado, tamizado y selección de muestras de compost, para su análisis en el laboratorio de suelos. a. Pesado de compost; b. Tamizado; c. Fracción gruesa (bagazo) y d. Fracción fina.....	108

## I. INTRODUCCIÓN

El compost es el producto de la transformación natural de la materia orgánica hecha por los organismos descomponedores y por pequeños animales como lombrices y escarabajos (Ministerio Del Ambiente, 2014). Este producto se obtiene al finalizar el compostaje. Según Gallardo (2013), el compostaje es un proceso biológico que convierte la materia orgánica en humus, donde los principales organismos participantes en la transformación biológica aeróbica de los residuos orgánico son, las bacterias, hongos, levaduras y actinomicetos.

Anteriormente se realizaba la elaboración de compost de forma tradicional, que tomaba mucho tiempo y trabajo para la descomposición de la materia orgánica. En la actualidad no todas las instalaciones de compostaje dan un compost totalmente estabilizado (Tchobanoglous et al. 2000). Asimismo, una alternativa sostenible, es la producción de compost, utilizando microorganismos formulados también conocidos como microorganismos eficientes y microorganismos bosque, como indica Arolab (2007), que la inoculación de microorganismos acelera la descomposición del compostaje. Debido a que en nuestra ciudad contamos con diversidad de bosques, se consideró microorganismos de bosque a los microorganismos de montaña (Mm). Apoyado por la definición que son principalmente colonias de hongos, bacterias y levaduras benéficas que se encuentran de forma natural en diferentes ecosistemas; bosques mixtos, bosques latifoliados, plantaciones de café, bambú y otros (Suchini, 2012). Queda demostrado que, teniendo la materia prima, la técnica correcta se puede conseguir compost en menor tiempo y a la vez dar un impacto positivo en el proceso (Gallardo, 2013).

Por las consideraciones indicadas se planteó la hipótesis: Las fuentes de microorganismos mejoran significativamente la elaboración de compost a partir de residuos agrícolas. Por ello se plantearon los objetivos siguientes:

**Objetivo general**

Evaluar el efecto comparativo de fuentes de microorganismos en la elaboración de compost a partir de residuos agrícolas.

**Objetivos específicos**

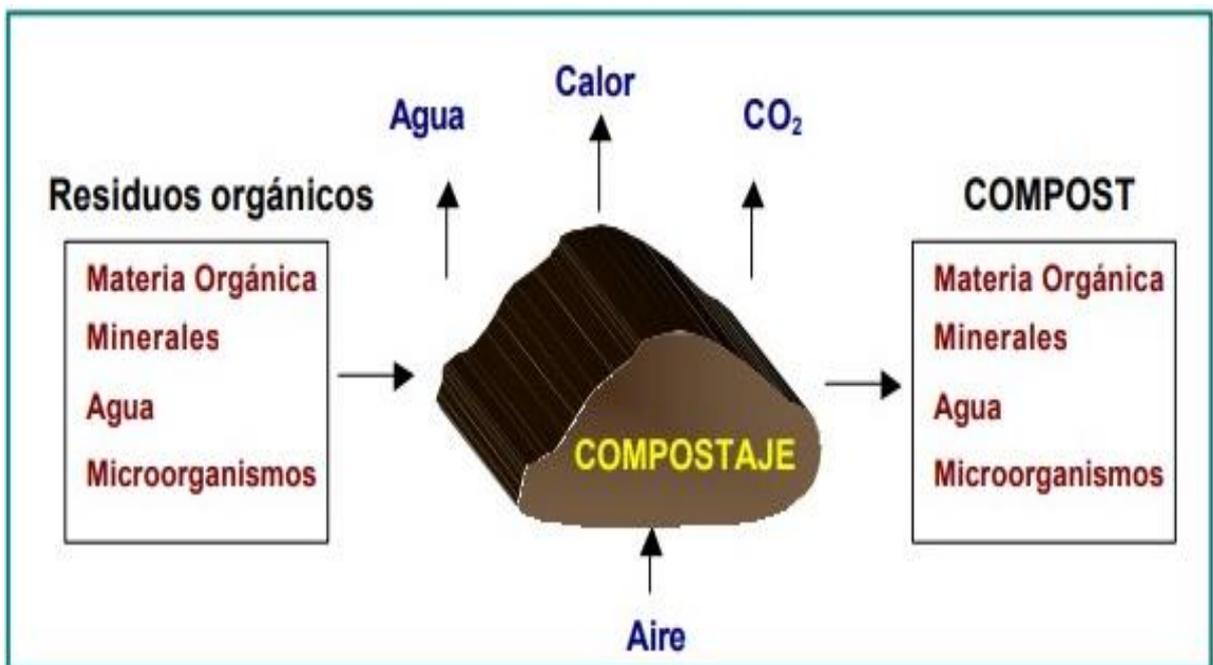
1. Evaluar la influencia del inóculo de microorganismos formulados (IMF) en la temperatura durante las fases y tiempo de obtención del compost y en las características finales del producto.
2. Evaluar la influencia del inóculo de microorganismos de bosque (IMB) en la temperatura durante las fases y tiempo de obtención del compost y en las características finales del producto.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA.

### 2.1. El compostaje.

Gallardo (2013), menciona que el compostaje en sus orígenes consistía en el apilamiento de los residuos de la casa, excrementos de animales y los residuos de la cosecha, con el fin de que se descompusieran y se transformen en productos aprovechables como abono. Según, Álvarez (2009), el compostaje es un proceso en el que intervienen microorganismos que atacan a los residuos orgánicos. El 95% de estos microorganismos son conformados por las bacterias y los hongos, que son los responsables de la actividad microbiológica para la descomposición de materiales, seguidamente de los actinomicetos.

Silva (2008), indica que durante el compostaje se presentan cambios cualitativos y cuantitativos en la microflora activa. Al inicio algunas especies se multiplican rápidamente y luego desaparecen debido a factores como, el contenido de humedad, la disponibilidad de oxígeno, pH, temperatura y la relación C/N.

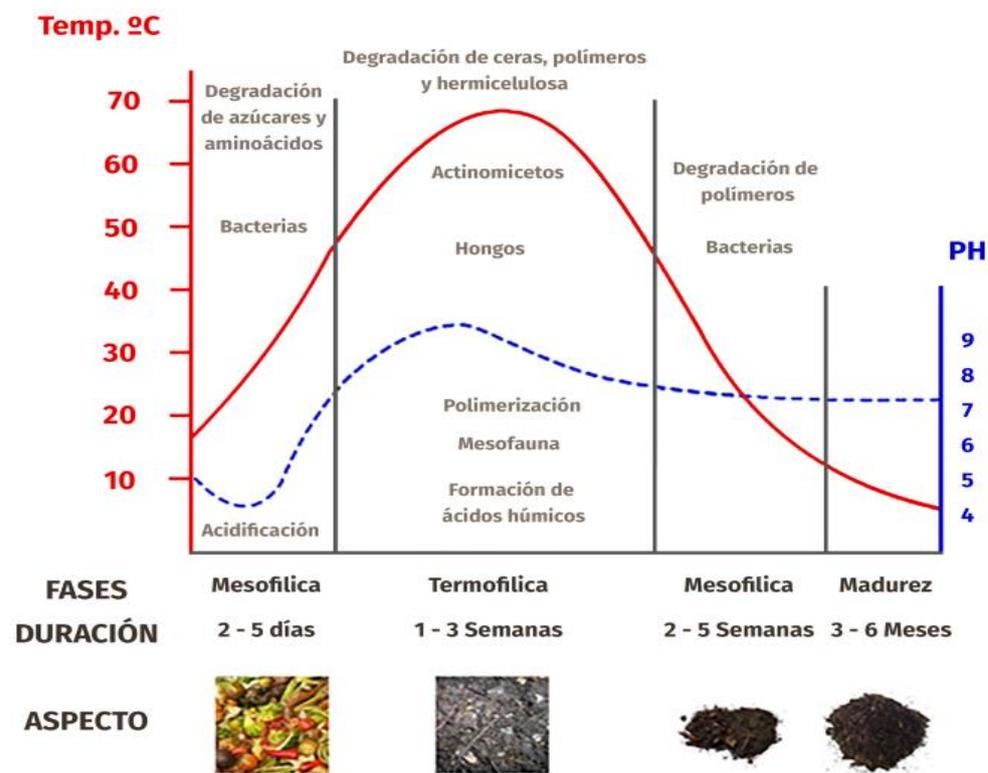


Fuente: SEOÁNEZ (2000).

**Figura 1.** Esquema del proceso de compostaje.

### 2.1.1. Fases del compostaje.

Según, Román *et al.* (2013) reconocen 3 etapas principales en el compostaje, más una etapa de maduración. De acuerdo a la evolución de la temperatura se dividen las diferentes fases del compostaje. Además, Silva (2008) sostiene que los residuos en el compostaje debido a la interacción de varios grupos de microorganismos sufren alteraciones en las diferentes fases del compostaje.



Fuente: FAO (2013).

**Figura 2.** Fases del compostaje.

#### 2.1.1.1. Fase mesófila

Según, Bohórquez (2019) al inicio del compostaje la temperatura se encuentra en valores medioambientales. Posteriormente debido a la actividad microbiana la temperatura aumenta considerablemente hasta alcanzar en pocos días los 40°C.

Sztern y Pravia (1999) indican que la actividad metabólica de los microorganismos incrementa gradualmente la temperatura hasta los 40°C aproximadamente, ya que los microorganismos utilizan las fuentes sencillas de C y N generando calor, destacando las fermentaciones facultativas de la microflora mesófila. También, Roman et al. (2013) sostienen que en la fase mesófila dura entre 2 a 8 días. Ramírez y Restrepo (2007) indican que el proceso comprende entre 1 a 8 semanas según el ritmo de fermentación acelerado o lento.

#### **2.1.1.2. Fase termófila**

Bohórquez (2019), indica que la temperatura alcanza de 60 a 80°C, debido al aumento de la actividad microbiana. Al pasar los 60°C, los hongos termófilos retrasan su actividad y las reacciones de oxidación son llevadas a cabo por actinomicetos y bacterias formadoras de esporas. Barrena (2006), menciona que los actinomicetos son generalmente tolerantes a temperaturas termófilas, su número y diversidad se incrementan significativamente de 50-60° C, también aumentan su población entre 100-1000 millones de células por gramo. También, Xiao *et al.* (2011) afirman que la temperatura adecuada para los hongos termófilos se encuentra entre 40-50° C. Chica (2015) corrobora que en todos sus tratamientos de compostaje la temperatura se encontró entre 45-65° C. Según Bejarano y Delgadillo (2007), inocular microorganismos en la compostera, tiene como objetivo aumentar las temperaturas, manteniéndose en la etapa termófila del proceso. Además, Bonilla y Mosquera (2007) determinan que a temperaturas termófilas la población total de las bacterias se encarga de la descomposición de las proteínas, lípidos y las grasas.

#### **2.1.1.3. Fase mesófila II o enfriamiento.**

Según Rueda (2006), en esta etapa se presenta una declinación gradual de la temperatura a 40° C, los microorganismos mesófilos se reactivan. Las bacterias y

los hongos convierten otra parte de la celulosa, como la lignina y la lignoproteína. Román et al. (2013), señalan que en esta fase la temperatura en el montón de los residuos desciende a causa de la reducción de fuentes de nitrógeno y carbono, mas no interfiere en su acción metabólica que realizan los microorganismos mesófilos. Asimismo, Sztern y Pravia (1999) mencionan que el descenso de temperatura es producto de la reducción de velocidades de degradación y transformación. También, Stoffella & Khan (2005) sostienen que, al escasear la energía y nutrientes, la actividad de los microorganismos termofílicos se reduce, provocando que los microorganismos mesofílicos reaparezcan al superar los 40-45° C.

#### **2.1.1.4. Fase de maduración.**

Según, Bongcam (2002) en esta etapa debe descender la temperatura, en la cual se transforman lentamente los materiales de difícil descomposición hasta alcanzar el estado ideal para ser utilizados. También, Román et al. (2013) señalan que polímeros como la celulosa continúan degradándose, permitiendo la visibilidad de algunos hongos a simple vista. Además, Moreno Y Moral (2008) mencionan que las bacterias llegan alcanzar superior desarrollo en la primera fase mesofílica y termofílica, pero reduciéndose significativamente en la fase de maduración. Por otro lado, Ministerio Del Medio Ambiente (2014) considera que, en el proceso de maduración, el compost está normalmente tibio aproximadamente a 30°C y según Bohórquez (2019) en esta fase baja a temperaturas ambientales.

#### **2.1.2. Parámetros que intervienen en el proceso de compostaje.**

Según ROMAN *et al.* (2013), es importante considerar los parámetros como conductividad eléctrica, humedad, temperatura, pH y la relación C/N, durante el proceso biológico del compostaje.

### **2.1.2.1. Temperatura**

Roben (2002), indica que la temperatura es un parámetro que muestra si se ha completado el proceso de biodegradación y de higienización del compost indicando así el grado de madurez IV, con rango de 30 °C - 40 °C, obteniendo la categoría de compost maduro. Además, Liang et al. (2003), mencionan que a través de la evolución de la temperatura se puede juzgar la eficiencia y estabilidad del proceso, porque existe una relación directa entre la temperatura y el grado de degradación orgánica. INIFAP (2002), sostiene que la temperatura como factor influyente de forma crítica en la aceleración de degradación de residuos durante el compostaje. Por otro lado, Cajahuanca (2016) visualizo las distintas etapas del proceso de compostaje a través de cambios de temperatura; mesofílico, termofílica, enfriamiento y maduración. Debido a la gran superficie de la parcela en su proyecto, la temperatura es tan alta como 69.5°C.

### **2.1.2.2. pH**

Según, Román et al. (2013), el valor del pH en el compostaje depende de la procedencia de las fuentes de materiales durante las etapas, desde 4.5 a 8.5. El rango ideal es de 5.8 a 7.2. Asimismo, Chica (2015) señala que, en la fase de maduración por la disminución de la actividad microbiana, el valor del pH bajara levemente a neutro debido a la formación de compuestos de hùmus que actúan como tampónes.

### **2.1.2.3. Humedad**

Liang et al. (2003), indican que el valor inicial de la humedad ha de estar entre el 55 y el 85% y el valor final debe estar entre el 30 y el 40% para facilitar el cribado del producto final. Barrena (2006), indica que la actividad biológica comienza a disminuir cuando la humedad está por debajo del 40 % al 20% casi no hay actividad. Por el

contrario, una alta humedad acompañada de una porosidad insuficiente conduce a una reducción de la transferencia de oxígeno, que no es suficiente para cumplir con la demanda. Según, Jaramillo y Zapata (2008), si la humedad es muy baja, se reducirá la actividad de los microorganismos, por lo que el proceso se retrasará. Se considera el nivel de humedad óptimo entre 40% – 60%, dependiendo del tipo de material a utilizar. Asimismo, NADF (2011), de acuerdo con los estándares ambientales para el distrito de la norma ambiental para el distrito federal NADF-020-Ambt-2011, establece el 25 - 45 %, de humedad para compost en el uso de paisajes, áreas verdes y reforestación.

#### **2.1.2.4. Relación carbono/nitrógeno C/N**

Paneque et al. (2010), indican que la relación carbono/nitrógeno es una característica muy fundamental en los compostajes, cuya determinación es imprescindible para definir su calidad y modo de uso y aplicación. Asimismo, Jiménez (2006) menciona que al inicio del compostado la relación adecuada se encuentra de 25 – 35:1; cuando el C/N es mayor a 40 el proceso se alarga y si el C/N es menor, se produce pérdida de nitrógeno en forma amoniacal.

#### **2.1.2.5. Conductividad eléctrica**

Rafael (2011), sostiene que el aumento de la conductividad en la etapa final del proceso de compostaje se puede atribuir a la influencia provocada por la fuerte actividad de los actinomicetos, que pueden ayudar a activar la mineralización del bagazo. También, Sánchez y Monedero (2001) menciona que en ocasiones se produce una disminución de la conductividad durante este proceso, lo que puede deberse al fenómeno de inmersión en el material provocado por su humectación. Por otro lado, Caracela (2018) indica que la conductividad eléctrica del compost fue significativamente mayor, obteniendo los valores más

altos en el tratamiento con dosis de 300 gramos de *Saccharomyces cerevisiae*.

#### **2.1.2.6. Materia orgánica.**

Según, Laich (2011), la participación de los actinomicetos en la modificación de la materia orgánica en el compost es relevante porque tiene la capacidad enzimática de degradar compuestos orgánicos complejos (celulosa, lignina, etc). Asimismo, Tomati et al. (2000) sostienen que la reducción de materia orgánica ocurre en dos etapas. Primero, la rápida reducción de carbohidratos ha transformado largas cadenas de carbono; segundo, otros materiales más resistentes (como la lignina) se están degradando lentamente y / o convirtiéndose en compuestos de humus. Romàn et al. (2013), indican con respecto a la descomposición de la materia orgánica del residuo es debido a temperaturas altas por que actúan microorganismos termófilos produciendo un desprendimiento de calor. Caracela (2018), menciona que el contenido de materia orgánica del compost fue significativamente mayor, obteniéndose los mejores resultados en el tratamiento que tuvo una dosis de 300 gramos de *Saccharomyces cerevisiae*.

#### **2.1.2.7. Tiempo de compostaje.**

Cochachi (2008), refiere que el tiempo de compostaje ( $T_c$ ) se entiende como el tiempo que transcurre desde la formación de un montón o medio hasta que se obtiene un compost estable. También, Barrena (2006) señala que se han descrito muchos métodos diferentes para indicar la madurez del compost, pero no se ha encontrado un método confiable y consistente para cuantificar la madurez de todos los tipos de compost, y sea generalmente aceptado. Según, Fiad (2002) la temperatura afecta el aumento o disminución de la descomposición de la materia orgánica, es muy importante que, a mayor temperatura superior sea la descomposición. Además, Román et al. (2013) indican que es mejor que la temperatura

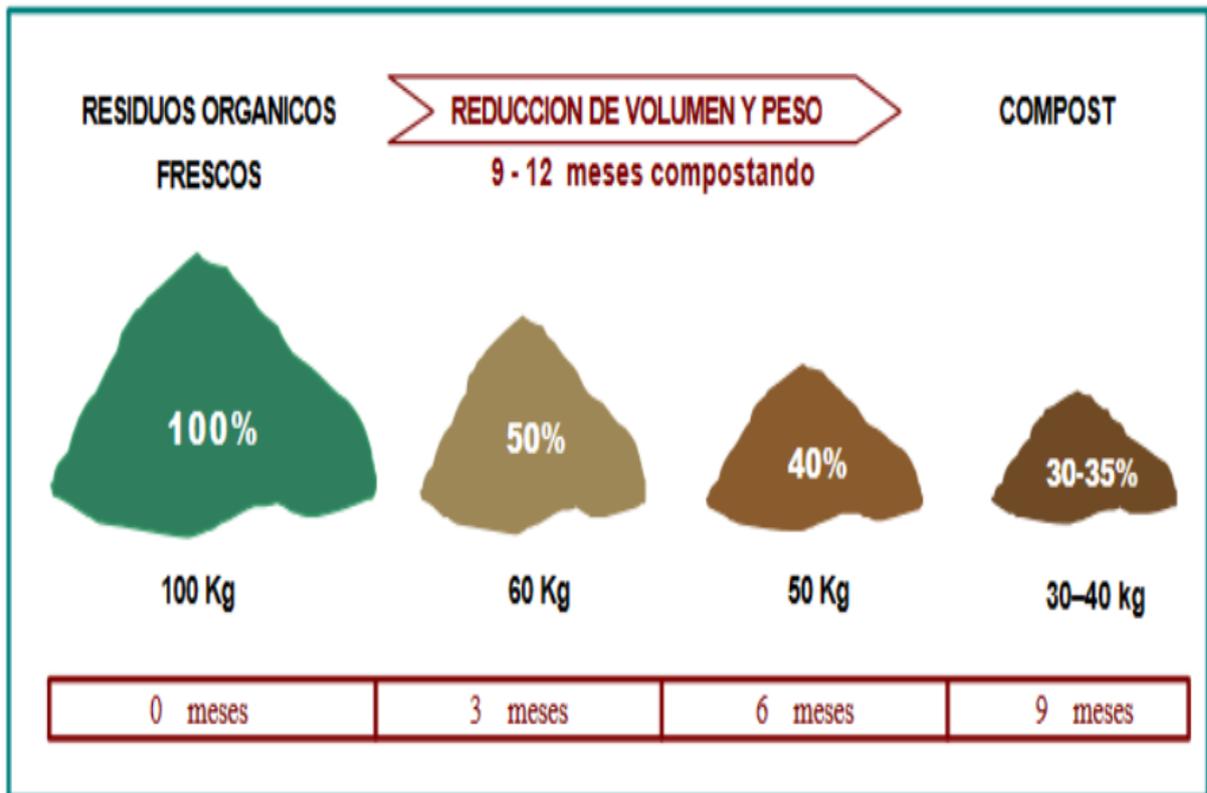
no baje demasiado rápido, porque cuanto más tiempo permanece, mayor es la rapidez de descomposición. También, Azurduy et al. (2009) menciona que todos estos aditivos aumentarán el número de microorganismos en los primeros días y acelerarán el proceso, reduciendo así el tiempo de compostaje. Por otro lado, Lezcano (2015) en Huanchaco obtuvo 129 días determinado el tiempo de obtención del compost. También, Naranjo (2013), experimentó la cosecha en 120 días.

#### **2.1.2.8. Peso del compost**

Según Tchobanoglous (2000), durante el compostaje la fracción orgánica es descompuesta por varios microorganismos que utilizan materia orgánica como fuente de alimento, lo que reduce el volumen y peso de los desechos y aumenta el calor del material fermentado. Huerta *et al.* (2008), consideran que el rendimiento varía del 50 al 60%; mientras que los residuos orgánicos restantes se liberan a la atmósfera en forma de vapor de agua y CO<sub>2</sub>. Roben (2002), señala que con la utilización de compostaje se puede reducir a un 50 %, este porcentaje varía de acuerdo a la composición del residuo orgánico. De La Cruz (2018), reporta en su estudio realizado para un compostaje convencional, que obtuvo un peso final mayor al 50%, y el T3 (microorganismos eficientes) siendo más eficaz con 78%.

Según, Alcolea y Gonzales (2000) al finalizar el proceso de compostaje, encontramos algunos residuos de ramas, piñas, huesos y otros materiales que son lentos para descomponerse, podemos zarandear el compost a través de un tamiz de 10 mm para obtener granos finos y gruesos. Vargas *et al.* (2019), refieren Informan que, durante la etapa de madurez, la actividad metabólica disminuirá, pero además la reducción de aproximadamente un 40% en el volumen de las ramas, también se descompondrán los compuestos que no son fácilmente degradables. Además, Acosta *et al.* (2012) sostienen que la materia orgánica presenta una descomposición completa, por lo que el tamaño de partícula es uniforme, y la

textura y color son similares al suelo, estas propiedades indican que el proceso de compostaje se ha desarrollado en condiciones de temperatura. Por otro lado, Pacheco (2009) menciona que el factor más importante en la descomposición de la materia orgánica durante el proceso de compostaje es la comunidad microbiana. Gracias a esta variedad de enzimas hidrolíticas, los microorganismos degradan la materia orgánica.



Fuente: SEOÁNEZ (2000).

**Figura 3.** Porcentaje de reducción de volumen y peso de los residuos agrícolas durante el compostaje.

### 2.1.3. Componentes microbiológicos en el compostaje.

Según, Nieto et al. (2013) el compostaje es realizado por diversos organismos degradadores que trituran, descomponen y digieren las células y moléculas que conforman la materia orgánica. Los primordiales participantes de esta actividad son bacterias y los hongos microscópicos.

### **2.1.3.1. Bacterias en el compostaje.**

Laich (2011), refiere que se trata de un grupo de gran diversidad metabólica, que utiliza una variedad de enzimas que degradan químicamente una variedad de compuestos orgánicos. Asimismo, Castrillón et al. (2006), indican que las bacterias son responsables de la mayor parte de la descomposición inicial y la generación de calor durante el proceso de compostaje. Por otro lado, Viera (2004), indica que el número real de bacterias depende del tipo de material base, las condiciones locales e insumos utilizados. Según, Rebodillo et al. (2008), las bacterias, estuvo representado, por aerobias Gram-negativos del género: *Pseudomonas*, *Azotobacter*, *Azospirillum*; en aerobias Gram-positivas, el género *Micrococcus* y formadoras de esporas como *Bacillus*, durante el proceso de compostaje de residuos orgánicos sólidos municipales.

### **2.1.3.2. Hongos en el compostaje.**

Según Atlas y Bertha (2001), los hongos se presentan en el proceso de compostaje al mismo tiempo que los actinomicetos. Se han identificado dos formas de desarrollo de los hongos (mohos y levaduras). Asimismo, Negro et al. (2000) sostienen que al consumirse la materia orgánica la temperatura comienza a descender (el calor producido es menor que el emitido), y las bacterias y principalmente los hongos mesófilos utilizan la celulosa y la lignina residuales como energía para volver a envolver el interior del compost.

### **2.1.3.3. Actinomicetos en el compostaje.**

Según, Calbrix et al. (2007) al menos el 80-90 % de la actividad microbiana en el compostaje es causada por Actinomycetes. Acuña et al. (2006), indican que los valores de colonias de bacterias y actinomicetos al final del compost fueron superiores a los hongos, probablemente por tratarse de microorganismos implicados en la

nitrificación y amonificación. Laich (2011) menciona que los actinomicetos son microorganismos que se incrementan al airear las pilas en la fase mesófila. También, Velasco *et al.* (2008) establecen que los actinomicetos son el principal grupo encargado de la transformación de la materia orgánica al finalizar el proceso de compostaje.

## **2.2. El compost.**

Según GALLARDO (2013) el compost es un compuesto obtenido de la biotransformación de bacterias, hongos y gusanos en desechos orgánicos de origen animal, vegetal o doméstico. Debido a que se han descompuesto en condiciones controladas, el compost es importante en la protección del suelo y ayuda a reciclar los desechos orgánicos en actividades humanas diarias. También, ROMÁN *et al.* (2013), mencionan que los microorganismos generan calor durante el proceso y al finalizar un sustrato sólido más estable llamado compost.

### **2.2.1. Importancia del compost.**

Según, GALLARDO (2013) en la actualidad hay mayor demanda en la producción de compost y en prioridad se está considerando las diversas técnicas para obtener el producto y con el aprovechamiento de los residuos orgánicos. Además, MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (2014) declara que la presencia de humus asegura las reservas de nutrientes de las plantas, lo que es beneficioso para la absorción y mantenimiento del agua.

### **2.2.2. Composición química y mineral del compost.**

Según NADF (2011) las Normas Ambientales del Distrito Federal NADF-020-Ambt-2011 estipulan los requisitos mínimos para la producción de compost a partir de la parte orgánica de los desechos sólidos de las ciudades, la agricultura, la ganadería y la silvicultura, así como las especificaciones mínimas de calidad para el compost. (Tabla 1).

**Tabla 1.** Características generales que deben cumplir los tipos de composta

Parámetro	Norma Mexicana MX-AA-180-SCFI-2018
Temperatura	25 – 50 °C
Humedad	25 - 45 %
pH	6.7 - 8.5
Conductividad Eléctrica	0.5 dS/m - 8 dS/m
Materia orgánica	30 - 50 %
Macronutrientes primarios Nitrógeno, Fósforo, Potasio	De 1 % a 3 % en cualquiera de ellos y su suma $\leq 7$ %.

Fuente: NADF (2011).

Kiely (2000), menciona que al finalizar el producto obtenido (compost) está compuesto de minerales; los nutrientes inorgánicos importantes son nitrógeno, fósforo, azufre, potasio, magnesio, calcio y sodio, y generalmente aparecen si se usa la mezcla de residuos adecuada. También, García y Monge (2000) señalan que el nitrógeno en concentraciones superiores o menores, puede ser un factor para determinar el aumento o reducción de la cantidad de microorganismos encargados en descomponer los desechos. Además, Caracela (2018) en su trabajo de investigación evidencio que a mayor dosis de *Saccharomyces cerevisiae*, el contenido de nitrógeno del compost fue significativamente superior. Asimismo, Meléndez et al. (2003) señalan que inocular microorganismos permite aumentar los contenidos finales de nitrógeno. Por otro lado, Brady et al. (2008) indican que el comportamiento del potasio se ve afectado por la permuta de cationes y la meteorización, no por procesos microbianos.

Rafael (2015), refiere que en el Diario Oficial de Chile (2004) se publicó la norma chilena (NCh 2880), donde indica cuáles son las clasificaciones y requisitos de calidad del compost producido a partir de distintos residuos; esta norma se aplica al compost comercial producido en plantas de compostaje. Se establecen los describen los límites mínimos y máximos

respetados. Dependiendo de estos valores se clasifica al compost como Clase “A” (no presenta restricciones de uso) y la Clase “B” (compost-clasificación y requisitos) (Tabla 2).

**Tabla 2.** Concentración máxima según la clasificación de metales pesados

Metal pesado	Concentración máxima en mg/kg de compost (base seca)	
	Clase A	Clase B
	Máxima	Máxima
Arsénico	15	20
Cadmio	2	8
Cobre	100	1000
Cromo	120	600
Mercurio	1	4
Niquel	20	80
Plomo	100	300
Zinc	200	2000

Fuente: RAFAEL (2015).

Según, Corbitt (2003) la presencia de metales pesados en el compost puede aumentar su concentración en las cosechas y ser tóxica para los seres humanos. Los elementos de mayor preocupación para la salud de los seres humanos son el cadmio, plomo, arsénico, selenio y mercurio. Labrador (2012) refiere que en lo normal un compost de excelente calidad y adecuado para uso agrícola tienen límites máximos permisibles para los elementos pesados.

### **2.2.3. Inoculación de microorganismos para la obtención del compost.**

Según, Garro (2016) la inoculación de microorganismos aumenta la biodiversidad microbiana, acelerando la descomposición de la materia orgánica al aumentar la actividad microbiana. También, PASE (2007) indica que la utilización de preparados microbianos es óptima, ya que trabajan como aceleradores de la descomposición de materia orgánica y acortando los días.

**Tabla 3.** Diferencias entre la producción de compost con la inoculación de microorganismos y el compost tradicional.

<b>Compost con inoculación de Microorganismos</b>	<b>Compost tradicional</b>
Reduce el tiempo de descomposición, entre 1 a 2 meses.	La descomposición, generalmente es entre 3 a 6 meses.
Sin existencia de malos olores y moscas.	Existencia de malos olores y moscas.
Superior concentración de nutrientes al finalizar el compostaje	Menos cantidad de nutrientes al finalizar el compostaje
Superior concentración de Microorganismos benéficos	Poca concentración de Microorganismos benéficos

Fuente: APROLAB (2007).

SÁNCHEZ et al. (2017), señalan que la inoculación de microorganismos, puede incrementar la cantidad de nutrientes en el compost. Además, NADIA et al. (2015) estiman que la inoculación de comunidades microbianas beneficiosas facilita el proceso de compostaje y aumenta los nutrientes

### **2.3. Microorganismos eficientes.**

Em Research Organization (2011) indica que los microorganismos Eficientes o EM (sigla en inglés Effective Microorganisms), son combinaciones de microorganismos beneficiosos de origen natural, que se usan primordialmente para los alimentos o que se encuentran en los mismos. Además, HIGA (2013) en sus investigaciones realizó un cultivo mixto de microorganismos con condiciones y ventajas de cada uno de ellos con una extensa variedad de utilidades. De La Cruz (2018), refiere que el EM es un inóculo compuesto por una mezcla de microorganismos beneficiosos que son compatibles entre sí y coexisten en un medio líquido. También, Chilon (2013) lo describe como activadores biológicos convencionales (ABC); estas sustancias son principalmente productos de derivados de leche como suero, yogur y levadura, la aplicación de estos aditivos ayuda a obtener compost. Asimismo, Biogenagro (2004), sostiene que en la actualidad se comercializa estos

microorganismos, hay muchas presentaciones de ME®, compuesto por bacterias, fotosintéticas, ácido láctico, levaduras y otros.

### **2.3.1. Principales componentes de los microorganismos eficientes.**

Em Research Organization (2011), señala que los ME son microorganismos benéficos principalmente cuatro géneros: bacterias fototróficas, bacterias productoras de ácido láctico, actinomicetos y levaduras.

#### **2.3.1.1. Actinomicetos**

Los actinomicetos, pueden degradar sustancias complejas, como lignocelulosa, quitina y peptidoglicanos, ayudando considerablemente a la mineralización de estos compuestos en el compostaje (Lacey, 2000).

#### **2.3.1.2. Bacterias fotosintéticas o fototróficas.**

EEAITAJ (2013), indica que las bacterias utilizan la luz solar como fuente de energía para desarrollar la fotosíntesis. Su función es ayudar a simplificar sustancias favorables para las raíces, materia orgánica o gases nocivos.

#### **2.3.1.3. Bacterias del ácido láctico (*Lactobacillus*)**

Mauz (2006), menciona que los lacto bacilos o bacterias ácidos lácticas (BAL), generan sustancias que agilizan la descomposición de la materia orgánica, acortando así el período de compostaje. Además, EEAITAJ (2013) indica que estas bacterias promueven la degradación de la lignina y la celulosa, causando el proceso de fermentación.

#### **2.3.1.4. Levaduras (*Saccharomyces spp.*)**

Según, Cortez (2008) las levaduras son las responsables de modificar sustancias antibacterianas a partir de aminoácidos y carbohidratos, materia orgánica y raíces, que son los sustratos del metabolismo de otros microorganismos. Villena Y Gutiérrez (2003) mencionan que los hongos son descritos como parte de los sistemas de biotransformación, de materia orgánica.

### **2.3.2. Insumos que contienen componentes de los microorganismos eficientes.**

#### **2.3.2.1. La leche.**

Según, Galvez (2007) en la fermentación de la leche son responsables las bacterias ácido lácticas (BAL) pertenecientes al phylum Firmicutes que comprende alrededor de 20 géneros: siendo *Lactobacillus* el más grande de estos géneros. Asimismo, Chilón (2010) indica que los derivados de la leche principalmente el yogur y el suero, tienen un efecto extraordinario en la activación biológica del compost, acortando gradualmente el tiempo de obtención del abono orgánico. Por otro lado, Restrepo (2007) indica que la leche tiene primordialmente el cargo de restaurar preparados biológicos, aporta proteínas, vitaminas, grasas y aminoácidos para la formación de otros compuestos orgánicos producidos en el proceso de fermentación, y al mismo tiempo proporciona un ambiente favorable para la multiplicación de microorganismos fermentadores

#### **2.3.2.2. Estiércol de vaca**

Adegunloye et al. (2007), en el análisis microbiano de compostaje, utilizando estiércol de vaca como inóculo, reportaron que las poblaciones bacterianas más frecuentes, son: *Micrococcus luteus*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus macerans*, *Bacillus spaericus*, *Bacillus laterosporus*. Orgánicos (2016) menciona que es una fuente principal de bacterias específicas en desdoblar lignina y aprovechamiento de proteínas.

Además, Atlas y Bertha (2001), sostienen que su rumen contiene una amplia variedad de microorganismos, la población bacteriana incluye microorganismos que digieren celulosa, almidón y hemicelulosa. Por otro lado, Labrador (2001) menciona que el estiércol contiene un amplio número de oligoelementos y sustancias fisiológicamente activas, como hormonas, vitaminas y mantiene una enorme población microbiana.

### **2.3.2.3. Levaduras de pan (*Saccharomyces cerevisiae*).**

Según la opinión de Guevara *et al.* (s.f.) la aplicación de levadura de panadería aumenta el número de microorganismos que favorecen la degradación de los residuos orgánicos, optimizando así el proceso de compostaje. Kastedalen (2017), indica que el uso de *Saccharomyces cerevisiae* permitió mantener una mayor actividad de microorganismos. Caracela (2018), indica que los microorganismos *Saccharomyces cerevisiae*, es muy conveniente aplicarlo para acelerar el proceso de degradación de materia orgánica.

### **2.3.3. Utilización de microorganismos eficientes en la obtención del compost.**

Cajahuanca (2016), señala que los microorganismos eficientes son empleados para modificar los desechos orgánicos en compost durante el proceso de fermentación, también determinó la mejor producción de compost en peso y volumen con microorganismos eficientes al finalizar el compostaje. Por otro lado, Lescano (2015) menciona que la descomposición de los residuos orgánicos generalmente tomo diversos meses, pero con EM demora exactamente entre 4 a 6 semanas; Ramos (2015) indica que al aplicar ME, el proceso de compostaje se redujo de 89 a 76 días.

## **2.4. Microorganismos de bosque.**

Según, Garro (2016) son una combinación de microorganismos beneficiosos extraídos de sistemas naturales o montañas. Se capturan recolectando una pequeña porción de

hojas caídas y mantillo del bosque y se multiplican en medios sólidos y líquidos. HIGA (2013), menciona que desarrolló esta tecnología para reproducir microorganismos que viven naturalmente en nuestros bosques, generalmente denominados "microorganismos de montaña" o "microorganismos del bosque". Desempeñan un papel beneficioso en los procesos biológicos del suelo y los ecosistemas agrícolas, pudiendo ser ubicados orgánicamente de la capa superficial de todos los suelos del ecosistema natural. Por otro lado, Chilon (2013) lo describe como: activadores biológicos locales (ABL): que se consiguen durante la fermentación de productos naturales como la quinua tarwi, entre otros cultivos oriundos del territorio.

#### **2.4.1. Principales componentes de los microorganismos de bosque.**

##### **2.4.1.1. Bacterias fotosintéticas**

HIGA (2013), indica que las bacterias de la fotosíntesis utilizan la energía solar en forma de luz y calor, así como sustancias generadas por las raíces, para sintetizar vitaminas y nutrientes. Según Ramírez (2017), con respecto a la caracterización del inóculo de microorganismos de bosque, se evidenció la presencia de bacterias fotosintéticas (*Rhodospseudomonas palustris* y *Rhodobacter spaeroides*), actinomicetos (*Streptomyces albus* y *Streptomyces griseus*).

##### **2.4.1.2. Actinomicetos**

Hongos beneficiosos que controlan hongos y bacterias patógenos (patógenos) y hacen que las plantas sean más resistentes a estos hongos y bacterias a través del contacto con patógenos debilitados (HIGA, 2013).

##### **2.4.1.3. Bacterias productoras de ácido láctico**

Cortez (2008) menciona que las bacterias se caracterizan por

producir ácido láctico a partir de azúcares previamente sintetizados por bacterias fototróficas y levaduras. El ácido láctico actúa como estabilizador y acelera la descomposición de la materia orgánica. La lignina y celulosa en este grupo son *Lactobacillus plantarum* y *Lactobacillus queso* y *Streptococo ácido láctico*.

#### **2.4.1.4. La Levaduras, tierra forestal o manto forestal.**

Según HIGA (2013), las levaduras se encuentran distribuidas en casi todos los hábitats, son muy frecuentes en la vegetación, flores y hojas del suelo, apoyan a la descomposición de algas y plantas, lo que también señala que constituyen la principal fuente de inoculación microbiana para la fermentación en la producción de abonos orgánicos. RAMÍREZ (2017), con respecto a la caracterización del inóculo de microorganismos de bosque, se evidenció la presencia levaduras (*Saccharomyces cerevisiae* y *Candida utilis*).

#### **2.4.2. Técnicas de activación de los microorganismos de bosque.**

Rodríguez y Tafur (2014), sostienen que esta tecnología de activación de microorganismos de bosque se realiza luego de obtener la base sólida de microorganismos de bosque, debe tener un período de propagación anaeróbica de al menos 30 días en barriles o barriles de plástico. Por otro lado, Suchini (2012) menciona que una de las ventajas que los productores de hortalizas de Trifinio indican respecto a esta técnica es el tiempo relativamente corto que dura su preparación, generalmente de 20 a 22 días.

#### **2.4.3. Utilización de microorganismos de bosque en la obtención del compost.**

Castro et al. (2015), mencionan que uno de los objetivos importantes de los microorganismos de bosque es obtener compost a partir de desechos orgánicos, dando como resultado un producto de buenas características física, química y biológica. Proporcionan una ventaja porque afirman que tienen la intención de beneficiarse de la diversidad microbiana,

tanto taxonómica como funcionalmente, de las comunidades microbianas locales de las zonas. Según Campos et al. (2016) el compost obtenido por el método microorganismos de bosque, resultó bajo en hongos, con una tendencia media en bacterias y alto en actinomicetos. Rodríguez y Córdoba (2006) sostienen que la descomposición completa de los desechos domiciliarios durante el proceso de compostaje con la inoculación de MM se logró en 51 días, reduciendo el tiempo requerido para obtener un producto orgánico estabilizado. Además, Camacho *et al.* (2014), obtuvo el grado de madurez se la composta en 70 días, con inoculación de microorganismos en el substrato original, sugiriendo su uso en la reducción de tiempo durante el compostaje.

## **2.5. Aplicación de Roca fosfórica en el compostaje.**

Para incrementar los niveles de solubilización, se incluye la aplicación conjunta de roca fosfórica en los procesos de compostaje, para que por medio de bacterias presentes en el proceso se dé la solubilización de fosfato (Khan et al. 2013). Según Corrales et al. (2014), el efecto combinado de la materia orgánica y la roca fosfórica favoreció mecanismos en los cuales las bacterias realizan la solubilización del fosfato permitiendo, la producción de ácidos orgánicos y el aumento de la acción enzimática). Galindo (2018), indica que la aplicación de fósforo en forma de roca fosfórica, en presencia de materia orgánica, proporcionó una mayor población de MSP (Microorganismos solubilizadores del fósforo).

## **2.6. Concepto de los residuos agrícolas.**

Según, Román et al. (2013), estos residuos no constituyen la cosecha en sí, se obtienen de residuos de cultivos o campos despejados para prevenir plagas o incendios y pueden ser sólidos, como leña, o en estado líquido, como lodos u otras partículas residuales obtenidas en operaciones agrícolas.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación del campo experimental

El trabajo de investigación se realizó en las instalaciones de la empresa de producción de compost CORESAV E.I.R.L. ubicado en la localidad de Mapresa, distrito de Luyando, provincia de Leoncio Prado, Región Huánuco cuyas coordenadas son: 8976293 m N y 390850 m E y una altitud de 658 msnm. De acuerdo al mapa ecológico del Perú (Onern, 1975 y Holdridge, 1982), Tingo María se encuentra en la formación vegetal de bosque muy húmedo Sub Tropical (bmh-PT).



Fuente: Google Earth Pro 2021.

**Figura 4.** Ubicación de la planta de compostaje.

#### 3.2. Materiales

Los principales materiales usados para el desarrollo de la presente investigación fueron:

- 2 timbos de polietileno de capacidad de 80 L.

- 1 timbo de polietileno de capacidad 50 L.
- Zaranda de 2m x 2m de 10 mm
- 1 pala
- 1 machete
- Mochila aspersor marca JACTO de 20L.

### **3.2.1. Equipos**

- Cámara digital
- Balanza digital de 200 kg
- Balanza gramera de 5 kg.
- pH-metro HANNA
- Termómetro digital GIARDINO
- Termohigrómetro GIARDINO CTH-609,

### **3.2.2. Insumos**

Para microorganismos formulados

- 500 gr de Levadura seca de pan (*Saccharomyces cerevisiae*) RED STAR
- 10 litros de leche de vaca
- 5 kg de estiércol de vaca fresco
- 1 gal de melaza
- 125 gr de polvillo de arroz

Para microorganismos de bosque

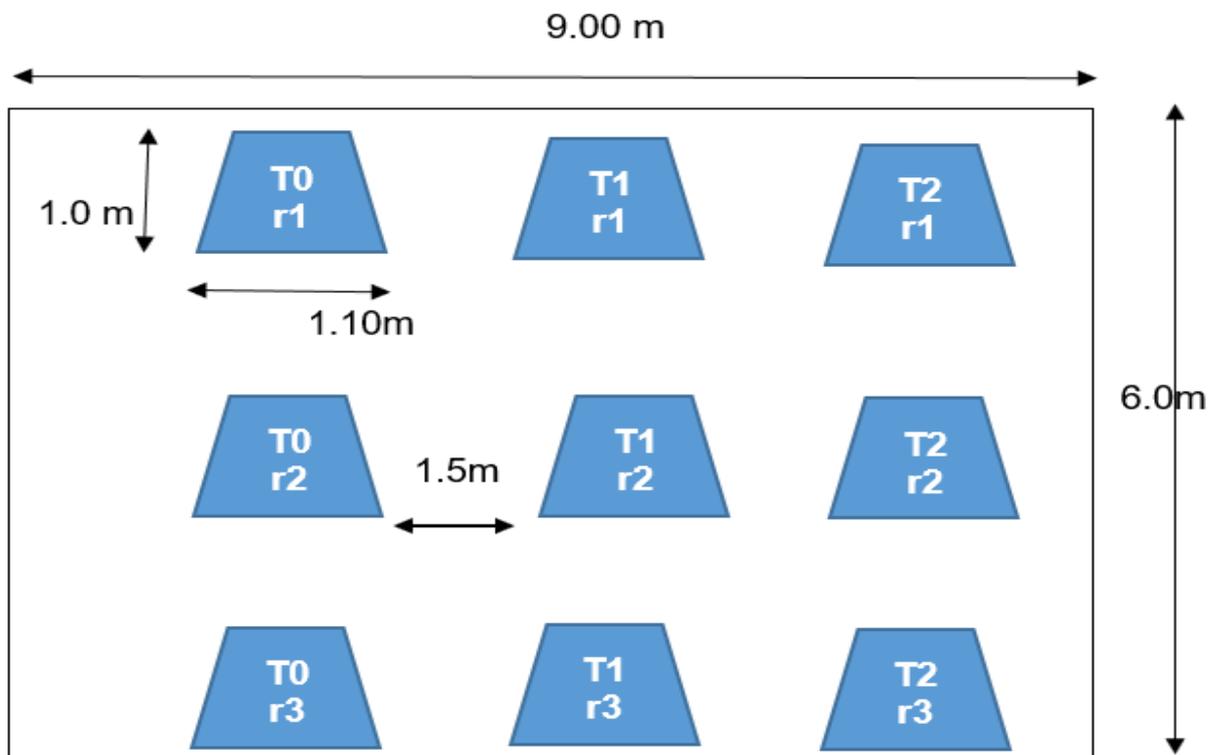
- 20 litros de melaza
- 10 kg de polvillo de arroz
- 50 kg Hojarasca de bosque (mantillo)

### 3.3. Metodología experimental

#### 3.3.1. Características del campo experimental

- Tratamientos del experimento : 3 tipos
- Número de pilas por repetición : 3 pilas
- N° total de pilas experimento : 9 pilas
- Ancho de la pila : 1.10 m
- Alto de la pila : 1.00 m
- Área de la pila : 1.21 m<sup>2</sup>
- Distancia entre pilas : 1.50 m
- Largo del campo : 6 m
- Ancho del campo : 9 m
- Área total del experimento : 54.00 m<sup>2</sup>

#### 3.3.2. Disposición del campo experimental



**Figura 5.** Distribución de las pilas en el campo experimental.

### 3.3.3. Componentes en estudio

- Inoculo de microorganismos formulado
- Inoculo de microorganismos de bosque
- Sin microorganismos (Testigo)

### 3.3.4. Diseño experimental

Se utilizó el diseño completo al azar (DCA), con 2 tratamientos y 1 testigo, 3 repeticiones, las características evaluadas fueron sometidas al análisis de variancia (ANVA) y las características observadas han sido sometidas al SAS y la comparación de medias se hizo con DUNCAN  $\alpha= 0.05$

Modelo del diseño estadístico:

$$Y_{ij} \quad : \quad \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable respuesta en la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento

$\mu$  = Media general

$\tau_i$  = Efecto del tratamiento del i-ésimo tipo de tratamiento

$\varepsilon_{ij}$  = Error experimental de la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento

Para:

$i$  = 1, 2, 3 tratamientos.

$J$  = 1, 2, 3 repeticiones

**Tabla 4.** Descripción de los tratamientos

Clave	Tratamiento	Componentes en estudio
Testigo	T0	Sin inoculo de microorganismos
IMF	T1	Inoculo de microorganismo formulados
IMB	T2	Inoculo de microorganismos de bosque

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 5.** Esquema del análisis de variancia

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad (GL)</b>	<b>Suma de Cuadrados (SC)</b>	<b>Cuadrado Medio (CM)</b>
Tratamientos	2 (T-1)	SC <sub>tra.</sub>	CM <sub>tra</sub>
Error experimental	6 t(T-1)	SC <sub>ee</sub>	CM <sub>ee</sub>
<b>Total</b>	<b>8 (T-1)</b>	<b>SC<sub>Total</sub></b>	

T= tratamientos

r= repetición o unidad experimental.

### 3.4. Ejecución del experimento

#### 3.4.1. Preparación del inóculo de microorganismos formulados (IMF)

La preparación de los inóculos de microorganismos formulados (IMF), se elaboró de acuerdo al manual de la empresa de abonos orgánicos “M y F Orgánicos E.I.R.L”, detallado en 6 pasos. (M y F Orgánicos, 2016).

1. Primero se diluyó 500 gr de levadura seca (RED STAR), en 4 litros de agua tibia para acelerar la reacción.
2. Por separado se mezcló 5 kg de estiércol de vaca fresca con 1 galón de melaza de caña en el recipiente donde se preparó la cepa con 50 litros de agua (bidón de 80 litros de capacidad).
3. Seguidamente se mezcló 10 litros de leche con la levadura ya disuelta y homogenizada en un balde de 20 litros.
4. Se colocó la mezcla de leche y levadura en el bidón de 80 litros donde estuvo mezclado el estiércol con la melaza, se añadió también 1 Kg de polvillo de arroz, luego se homogenizó la mezcla.
5. luego de haber mezclado todos los insumos se dejó reposar por un tiempo de 30 minutos hasta que se active la cepa de microorganismos eficientes (ME).

6. Finalmente, se extrajo 2 litros de los microorganismos eficientes (ME), para diluirlo en 18 litros de agua, para cargarlo en una mochila pulverizadora de 20 litros y posteriormente para la aplicación en las pilas de compostaje.

### **3.4.2. Preparación del inóculo de microorganismos de bosque (IMB)**

Para la preparación del inóculo de microorganismos de bosque (IMB), se empleó la misma metodología para preparar microorganismos de montaña (Mm). De acuerdo con lo establecido por Suchini (2012) que indica que los Mm son colonias de hongos, bacterias y levaduras benéficas que se encuentran de manera natural en diferentes ecosistemas como bosques mixtos y latifoliados. Por tal motivo se procedió en 2 fases, fase sólida y fase líquida (activación).

#### **3.4.2.1. Fase Sólida.**

Se obtuvo del bosque Brunas de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. De acuerdo con TENCIO (2014) se retiró la primera capa de hojas y materiales caídos de los árboles (2cm), debido a que estas capas de hojarasca de bosque contienen muchos microorganismos benéficos.

#### **3.4.2.2. Fase líquida (Activación)**

Para la activación en fase líquida se siguió lo indicado por SUCHINI (2012) que estableció 10 pasos para la activación de microorganismos de montaña realizado en CATIE Costa Rica. A continuación, se detalla.

- 1) Se recolectó 50 kg de hojarasca en descomposición del suelo de un bosque mixto donde se extendió sobre la hojarasca una capa de polvillo de arroz previamente humedecida las capas anteriores, con una solución de agua con melaza.

2) Se hizo una nueva capa, en las mismas proporciones y humedecidas con la solución de melaza.

3) Se mezcló de dos a tres veces los materiales puestos en capas, hasta obtener una mezcla homogénea con la humedad adecuada.

4) Para verificar el punto de humedad, se tomó una muestra de la mezcla para apretarla y determinar la consistencia del terrón húmedo de fácil descomposición y que no chorea agua.

5) Se introdujo la mezcla al bidón plástico, compactándola con los pies, para evitar bolsas de aire dentro del contenedor, teniendo en cuenta que el proceso de fermentación fue anaeróbico o sea sin presencia de oxígeno.

6) Se colocó la tapa plástica, con su respectivo seguro, asegurándose que no entre oxígeno dentro del bidón. Luego de 30 días de fermentación anaeróbica, los microorganismos de bosque sólidos se reprodujeron y se procedió a activarlos.

7) Se disolvió 1 galón de melaza en 80 litros de agua, en un bidón de plástico con capacidad de 100 litros.

8) Luego se colocó ocho kilogramos de microorganismos de bosque sólido en una tela amallada y se procedió a amarrar los extremos de la tela amallada con una pita.

9) Seguidamente se introdujo la tela amallada, dentro del bidón que contenía la solución de agua con melaza.

10) Se tapó herméticamente el bidón, asegúrese que no entre oxígeno. Después de cuatro días, los microorganismos de bosque se activaron para su uso respectivo.

### **3.4.3. Selección de insumos para el compostaje**

Los insumos de procedencia agrícolas, agropecuarios y domiciliarios que

se utilizó por cada pila, fueron pesados en proporciones iguales para la conformación de las 9 pilas, haciendo un total de 206 kg por cada pila, se detallamos a continuación (Tabla 6).

**Tabla 6.** Cantidades de los insumos utilizados en la pila de compostaje

<b>Insumos</b>	<b>Peso (Kg)</b>
Roca fosfórica	33
Rastrojo de plátano	20
Carboncillo	13
Pollinaza	40
Estiércol de cuy	22
Estiércol de vaca	25
Cascara de cacao picado	14.5
Residuos domiciliarios	13.5
Aserrín	25
<b>Total</b>	<b>206</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### 3.4.4. Relación Carbono: Nitrógeno

Previo al cálculo de la relación C/N se extrajeron los valores de % MO y %N de los autores Álvarez (2008) y EARTH (2014), cómo se detalla en el (Tabla 7).

**Tabla 7.** Contenido en porcentaje de materia orgánica y nitrógeno de los insumos a utilizar

<b>Material</b>	<b>Materia orgánica %</b>	<b>Nitrógeno %</b>
Banano (tallos)	85.28	0.77
Cacao capsulas	91.1	3.24
Estiércol de gallina	34.1	3.2
Aserrín caducifolias	30.68	0.96
Estiércol vacuno	96.19	1.67
Residuos domiciliarios	60.64	3.2
Estiércol de cuy	82.94	1.44

Fuente: Elaboración propia a partir de Álvarez (2008) y Earth (2014).

Por consiguiente, se calculó la relación C/N de los residuos orgánicos para la pila de compostaje, tomando como base los resultados de los análisis de MO y el N total,

para su cálculo (PANEQUE *et al.*, 2010).

$$Rel. C/N = \frac{(\% \text{ de } M. O \times 0.58)}{(\% N \text{ total})}$$

Realizado el cálculo se obtuvo 33.21/1 de relación C/N para el inicio del compostaje, por lo cual nuestro resultado se encuentra dentro del rango establecido por Jiménez (2006), que indica la relación adecuada se encuentra de 25 – 35:1, para inicio del compostaje.

#### 3.4.5. Picado de los desechos sólidos orgánicos

Aquellos materiales orgánicos de mayor tamaño fueron separados, y se picaron manualmente, con la finalidad de reducir el tamaño y aumentando la superficie de contacto entre los materiales para facilitar su descomposición en el proceso de compostaje, como recomienda (Labrador ,2001).

#### 3.4.6. Construcción de la pila

El compostaje en pilas es el sistema más simple, se basa en la construcción de sección triangular o trapezoidal, altura y longitud variables, se airean mediante volteos (Blanco, 2011). Por el poco espacio en la planta de compostaje de la empresa CORESAV S.R.L, se construyó 9 pilas de forma triangular con 1.00 m de altura y 1.10 m de ancho, con una relación de 0.90, apoyados por las recomendaciones de Rueda (2006) y Bongcam (2002), Ver (Tabla 8).

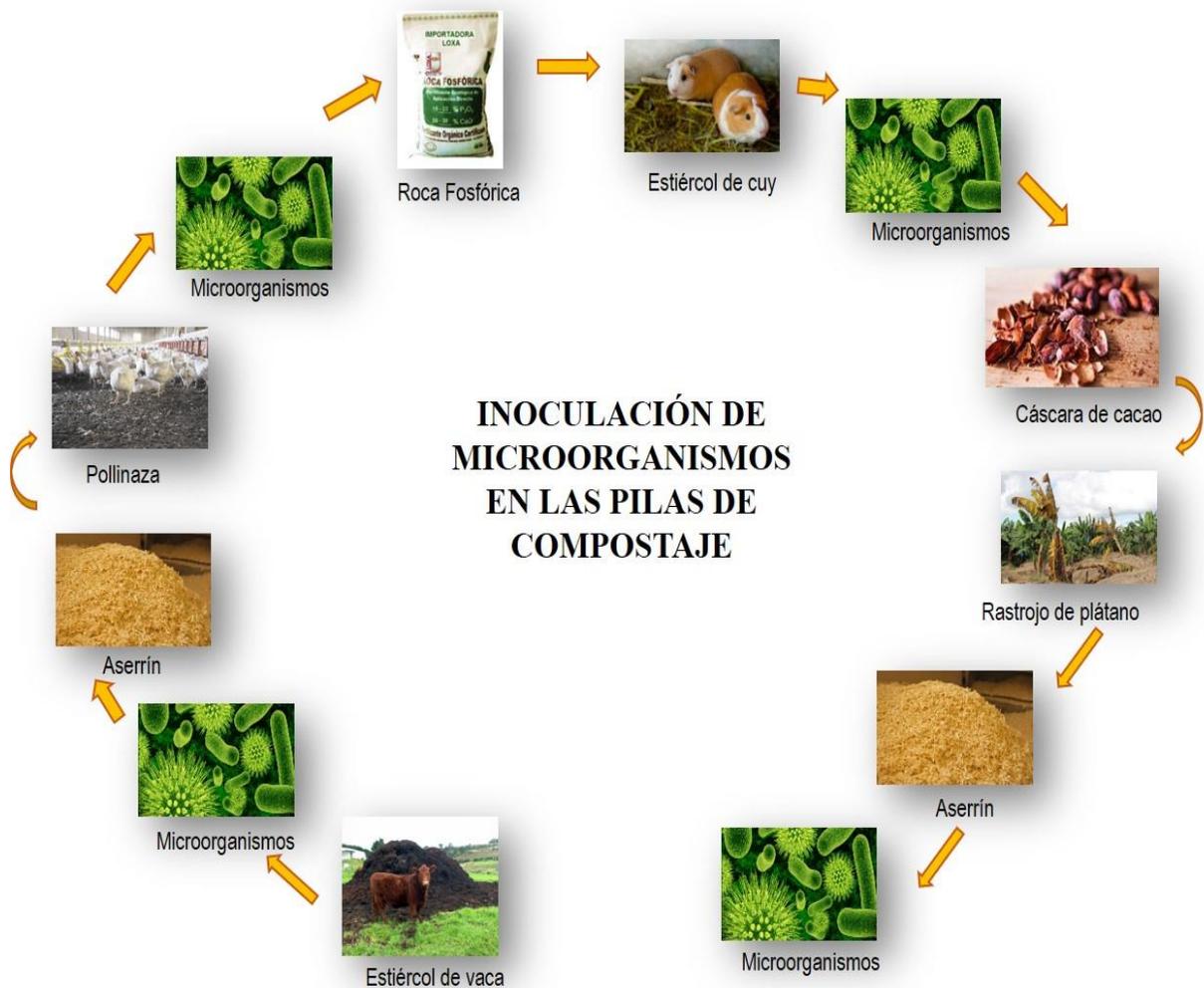
**Tabla 8.** Relación de las medidas de alto y ancho descrito por autores

AUTORES	ANCHO	ALTO	RELACION
Rueda (2006)	0.90	1.10	0.81
Bongcam (2002)	1.50	1.50	1.00

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.4.7. Inoculación de los microorganismos

En las pilas de compostaje, se inoculó los microorganismos formulados (IMF) en el T1 y el inóculo de microorganismos de bosque (IMB) en el T2, a excepción del testigo (T0). La aplicación se realizó con una mochila aspersor de 18 Lt., intercalado cada 10 cm por cada capa, facilitando la colonización de la población por parte de los microorganismos.



Fuente. Elaboración propia

**Figura 6.** Inoculación de microorganismos en las pilas de compostaje.

### 3.4.8. Volteo

El volteo se realizó con la ayuda de unas palas a los tres días de la aplicación de los productos, los volteos se realizaron 1 vez por semana.

### **3.4.9. Cosecha**

Se realizó al finalizar el compostaje, de acuerdo al tiempo de obtención de compost del último tratamiento que llegó a los 35 °C (ROBEN (2002)). El producto terminado presentó una coloración marrón oscura, por consiguiente, se preparó las herramientas como zaranda, palas y balanza.

### **3.4.10. Tamizado**

Una vez pesado el compost obtenido, se tamizó con una zaranda de 1m X 2m y 10 mm de diámetro, por cada tratamiento, con la finalidad de obtener el peso de la fracción fina y peso de fracción gruesa (partículas mayores a 10 mm que no terminaron de descomponerse).

### **3.4.11. Obtención de muestras para sus análisis en laboratorio**

#### **3.4.11.1. Laboratorio de microbiología**

Se selecciono y mezcló tres sub-muestras de aproximadamente 500 gramos (de los lados extremos y del centro). Se envió para sus análisis correspondientes al laboratorio de microbiología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. El cual se envió en dos etapas del compostaje; la fase intermedia (12 de octubre) y final (01 de diciembre) del compostaje.

#### **3.4.11.2. Laboratorio de suelos**

Se selecciono y mezcló tres sub-muestras de aproximadamente 500 gramos (de los lados extremos y del centro). Se envió para sus análisis correspondientes al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

### **3.5. Observaciones registradas.**

#### **3.5.1. Evaluación de la temperatura en las fases de compostaje**

La temperatura se registró cada 5 días, para ver la evolución de temperatura en las fases de compostaje, el instrumento de lectura fue un termómetro digital de la marca GARDINO, introduciendo la punta metálica de la varilla en los puntos extremos y centro de la pila (SHERMAN, 2000).

##### **3.5.1.1. Fase mesófila**

Se tomo la lectura de temperatura ambiente al iniciar el compostaje y después de 5 días otra lectura, según (ROMAN *et al.*, 2013).

##### **3.5.1.2. Fase termófila o de higienización**

Se tomo lecturas cada 5 días en 3 semanas, tiempo que comprende esta fase durante el compostaje (ROMAN *et al.*, 2013).

##### **3.5.1.3. Fase de enfriamiento o mesófila II**

Se tomo lecturas cada 5 días, en 5 semanas, tiempo que comprende esta fase durante el compostaje (ROMAN *et al.*, 2013).

##### **3.5.1.4. Fase de maduración**

Se tomo lecturas cada 5 días, en 6 semanas, tiempo que comprende esta fase durante el compostaje (ROMAN *et al.*, 2013).

#### **3.5.2. Determinación del tiempo de obtención del compost en días**

Se determino el tiempo de obtención de compost, según la lectura de

temperaturas cada 5 días, conforme fueron llegando los tratamientos a los 35 °C finalizando con el total de conteo en días mostrando una madurez y coloración, conforme lo indicado por ROBEN (2002) que establece a la temperatura como un parámetro que indica si se ha completado el proceso de biodegradación, indicando así el grado de madurez IV, con rango de 30 °C - 40 °C, obteniendo la categoría de compost maduro.

### **3.5.3. Evaluación del pH durante el compostaje.**

Se determinó el pH mediante el método potenciométrico, utilizando un peachimetro tomando como referencia la norma ÖNORM M 6201, que se basa en coger una porción para muestra y preparar una dilución 1:10 con agua destilada, remover por 5 minutos luego dejándolo en reposo para después tomar la lectura (ÖNORM, 2006). Llectura cada 5 días durante el compostaje, tomando en tres puntos (extremo derecho, izquierdo y centro), para luego promediarlos.

### **3.5.4. Evaluación de la humedad en la fase de maduración**

La humedad se registró cada 5 días, para ver la evolución de la humedad en las fases de compostaje, el instrumento de lectura fue un termohigrómetro marca GIARDINO CTH-609, punto sensor de humedad que fue introducido en puntos extremos y central de la mezcla (SHERMAN, 2000).

### **3.5.5. Determinación de los pesos del compost, fracción fina y fracción gruesa (bagazo)**

Finalizado el compostaje se obtuvo el peso del compost, donde también se encontró residuos de ramas, piñas, huesos y otros materiales que se compostaron muy lentamente, por consiguiente, lo tamizamos por una zaranda de 10 mm, de donde se obtuvo los

pesos de fracción fina y de fracción gruesa (partículas mayores de 10 mm que no terminaron de descomponerse). (ALCOLEA y GONZALES, 2000).

### **3.5.6. Composición química y mineral al finalizar el compostaje**

Una vez recogido el informe especial de compost, se determinó los resultados del compost obtenido en los parámetros, materia orgánica, conductividad eléctrica y minerales como nitrógeno, potasio, fósforo, magnesio y sodio, hierro, cobre, manganeso, zinc, cobalto, cadmio y plomo.

### **3.5.7. Población de microorganismos durante el compostaje.**

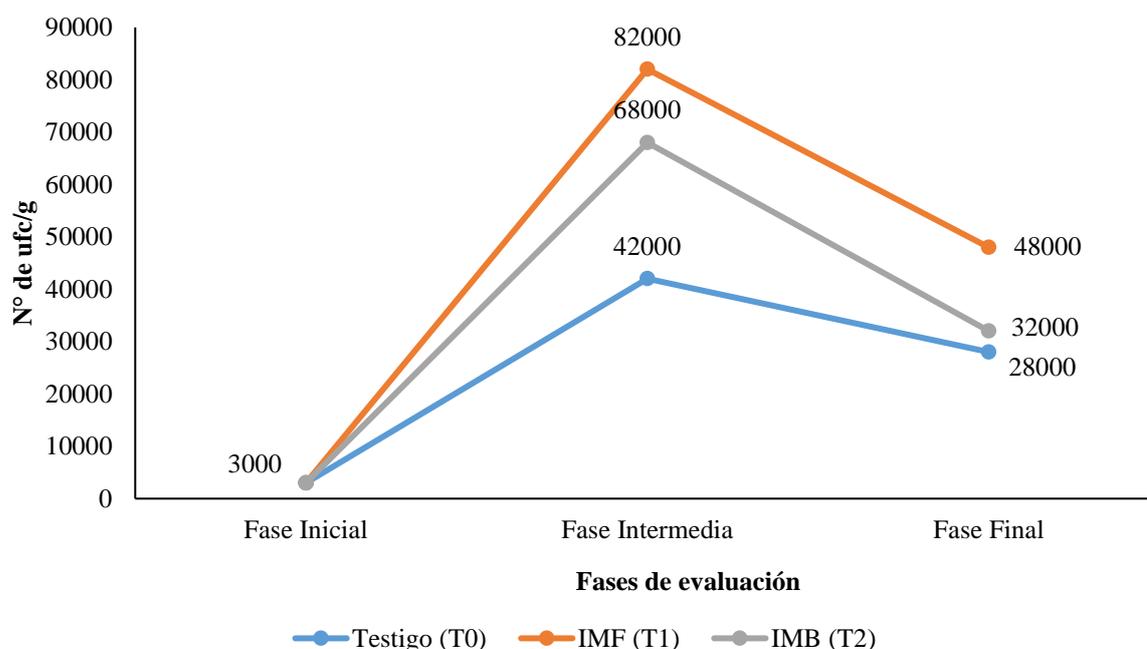
Una vez recogido el informe de servicio de diagnóstico microbiológico del compost, se determinó la cuantificación de población de microorganismos en el número de unidades formadoras de colonias para aerobios viables, fungis (mohos y levaduras) y actinomicetos expresados en UFC / g. UFC (Unidades formadoras de colonias por gramos de compost).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### 4.1. Cuantificación de poblaciones de microorganismos en la etapa intermedia y final del compostaje.

#### 4.1.1. Contenido de actinomicetos en el compostaje

Calbrix et al. (2007) indican que al menos el 80-90 %, de la actividad microbiana en el compostaje, se debe a los actinomicetos. A continuación, se aprecia el aumento y disminución del número de unidades formadoras de colonias en la fase intermedia y final del compostaje (Gráfico 7).



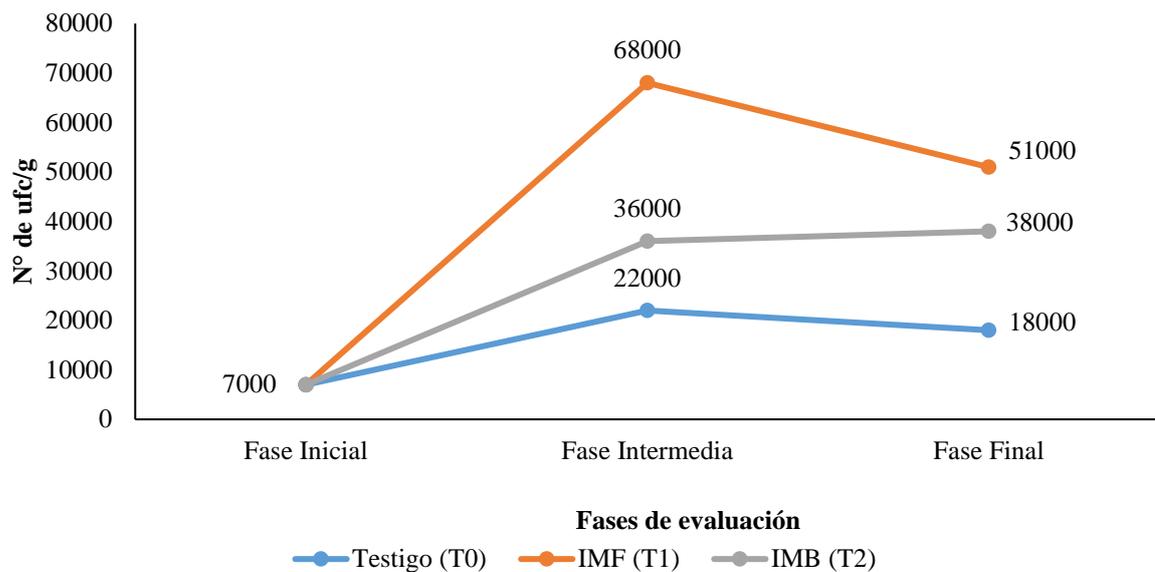
**Figura 7.** Cuantificación del número de unidades formadoras de colonias de actinomicetos en la fase intermedia y final del compostaje

En el Gráfico 7, se observó el mayor número de unidades formadoras de colonias en la fase intermedia, donde el tratamiento con IMF (T1) con  $82 \times 10^3$  ufc/g resulto superior por la mayor población de actinomicetos, seguidamente el IMB (T2) con  $68 \times 10^3$  ufc/g, mientras que el testigo (T0) con  $42 \times 10^3$  ufc/g tuvo la menor cuantificación. Se puede atribuir

estas superioridades a la inoculación de fuentes de microorganismos al inicio del compostaje, a partir de que los actinomicetos aumentaron su población de 100 a 1000 millones de células por gramo (Barrena, 2006). Asimismo, influyo en el incremento de su población el volteo que se realizó desde la primera fase, para homogenizar la pila de compostaje. Laich (2011) menciona que los actinomicetos son microorganismos que se incrementan al airear las pilas en la fase mesófila. Por otro lado, en la fase final se redujo la población de actinomicetos, debido a la escasez de nutrientes y energía para la actividad microbiana (Stoffella y Khan, 2005); pero siguieron destacando con mayores cuantificaciones los tratamientos con inóculos de microorganismos siendo mayor el IMF (T1) con  $48 \times 10^3$  ufc/g. Según, Acuña *et al.* (2006) los actinomicetos están presentes porque son microorganismos participantes de la nitrificación y amonificación al final del compostaje. Seguidamente el IMB (T2) con  $32 \times 10^3$  ufc/g con resultados similares a los reportados por Campos *et al.* (2016), los cuales encontraron un compost alto en actinomicetos con microorganismos de bosque al finalizar el compostaje.

#### **4.1.2. Contenido de aerobios viables en el compostaje**

Según Rebodillo *et al.* (2008), las bacterias están representados por aerobios Gram-negativas del género: *Pseudomonas*, *Azotobacter*, *Azospirillum*; y aerobios Gram-positivas como *Micrococcus*, *Bacillus*, durante el compostaje. A continuación, se aprecia el aumento y disminución del número de unidades formadoras de colonias en la fase intermedia y final del compostaje (Gráfico 8), se observa en la fase intermedia el mayor número de unidades formadoras de colonias, donde el IMF (T1) con  $68 \times 10^3$  ufc/g resultado superior en la población de aerobios viables, puede deberse esta superioridad al uso de estiércol fresco y leche como insumos en el preparado microbiano del IMF inoculado al inicio del compostaje. Según, Viera (2004) la aplicación del material o insumo, modifico las condiciones locales permitiendo la multiplicación y aumento de la población de bacterias.

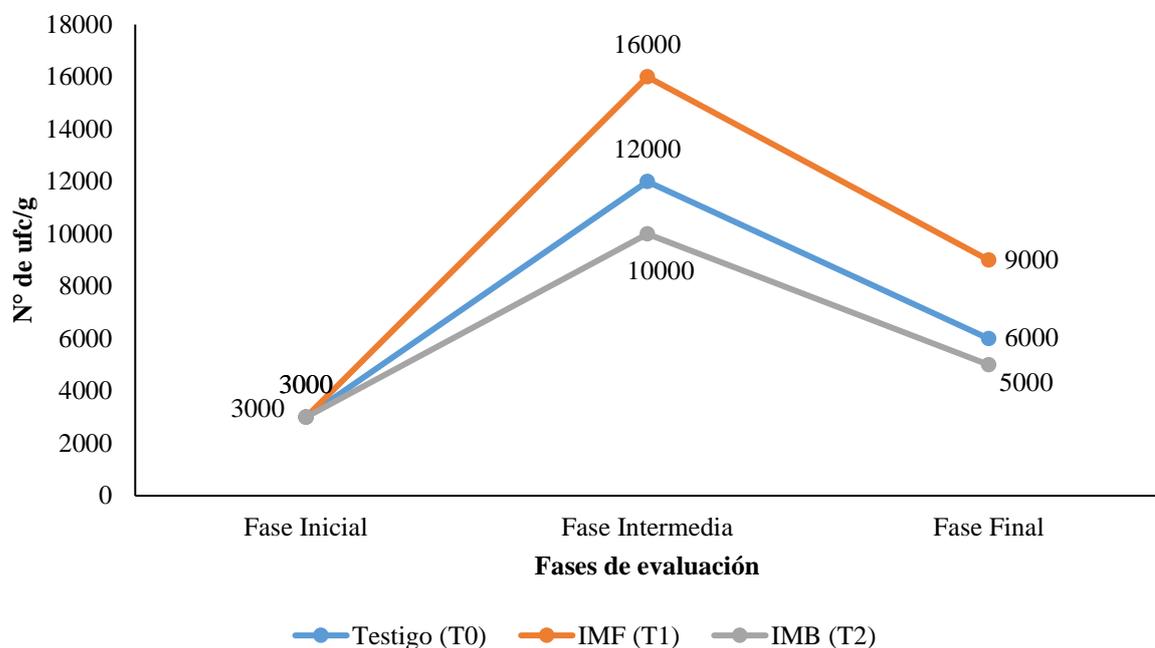


**Figura 8.** Cuantificación del número de unidades formadoras de colonias de aerobios viables en la fase intermedia y final del compostaje.

Además, el estiércol fresco mantiene una alta población microbiana porque contiene sustancias activas como hormonas y vitaminas (Labrador, 2001); la leche como el mejor medio propicio para la reproducción microbiológica en la fermentación (Restrepo, 2007). Seguidamente el IMB (T2) con  $36 \times 10^3$  ufc/g con mayor cuantificación por su alta diversidad microbiana en el mantillo de bosque. Ramírez (2017) indica que los microorganismos de bosque presentaron una alta diversidad entre bacterias fijadoras de nitrógeno y bacterias ácido lácticas (BAL), provocando una diversificación microbiana al finalizar el compostaje. Por otro lado, en la fase final se observó la reducción del número de unidades formadoras de colonias, destacando el IMF (T1) con  $51 \times 10^3$  ufc/g, caso contrario el IMB (T2) con  $38 \times 10^3$  ufc/g que tuvo un ligero aumento cuantitativo de la microflora desde la fase intermedia, puede deberse a que tuvo mayor humedad, según Silva (2008) algunas especies pueden multiplicarse rápidamente por este factor químico; además nuestro resultado es parecido a lo reportado por Campos *et al.* (2016) cuales mencionan que el compost obtenido por el método microorganismos de bosque, tuvo una tendencia media en bacterias.

#### 4.1.3. Contenido de hongos (mohos y levaduras) en el compostaje.

Según Atlas y Bertha (2001), se han identificado dos formas de desarrollo de hongos (mohos y levaduras), en el proceso de compostaje. En la preparación de IMF y IMB, se utilizó levadura de pan y de mantillo de bosque. A continuación, se muestra el aumento y disminución del número de hongos en la fase intermedia y final del compostaje (Gráfico 9)



**Figura 9.** Cuantificación del número de unidades formadoras de colonias de hongos en la fase intermedia y final del compostaje.

En el Gráfico 9, se observa en la fase intermedia el mayor número de unidades formadoras de colonias, donde el IMF (T1) con  $16 \times 10^3$  ufc/g resultó superior en la mejor población de hongos, mientras el testigo (T0) con  $12 \times 10^3$  ufc/g y el IMB (T2) con  $10 \times 10^3$  ufc/g resultaron menores. Esta superioridad se le atribuye al uso de levadura de pan, como insumo en el preparado microbiano. Según GUEVARA *et al.* (s.f.) el uso de *Saccharomyces cerevisiae* permitió la multiplicación y aumento de la población de microorganismos. Además, los

tratamientos por más que incrementaron su población en las temperaturas altas no pasaron los  $18 \times 10^3$  ufc/g, coincidiendo con Xiao *et al.* (2011). Que indican que los hongos no sobreviven a temperaturas muy altas. Por otro lado, en la fase final se redujo el número de unidades formadoras de colonias en fungís, porque la materia orgánica se ha consumido, pero el IMF (T1) con  $9 \times 10^3$  ufc/g, siguió siendo superior debido al uso de levadura de pan permitiendo la mayor actividad de microorganismos (Kastdalen, 2017). Seguidamente, el testigo (T0) con  $6 \times 10^3$  ufc/g, fue ligeramente mayor respecto al IMB (T2) con  $5 \times 10^3$  ufc/g, evidenciándose que la aplicación de levaduras de mantillo bosque forestal en el IMB (T2) no influyo en la población microbiana al final del compostaje, parecido a los resultados reportados por Campos *et al.* (2016), que obtuvieron compost bajo en hongos por el método microorganismos de bosque.

#### 4.2. Efecto del inóculo de microorganismos formulados (IMF) y del inóculo de microorganismos de bosque (IMB) en la temperatura durante las fases de compostaje.

En la Tabla 9. Se observa el análisis de varianza, respecto a la temperatura en la fase de compostaje, encontrándose diferencias significativas en las fases evaluadas, debido que el valor de probabilidad es menor al planteado ( $p > 0.05$ ), se puede ver también el coeficiente de variabilidad que muestra la homogeneidad de los datos obtenidos en las fases de compostaje

**Tabla 9.** Cuadrados medios del análisis de varianza ( $\alpha=0.05$ ) para la temperatura en las fases de compostaje.

F.V.	G.L	Fase Mesófila I		Fase Termófila		Fase Mesófila II		Fase de maduración	
		CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.
Tratamiento	2	2.83	*	8.19	*	24.19	**	12.73	*
Error	6	0.10		1.42		0.13		0.34	
Total	8								
C.V %		0.89		2.11		0.83		1.71	

\* significativo

\*\*altamente significativo

Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) (Tabla 10) nos determina que la fase Mesófila I, hay menor temperatura en tratamiento testigo y es diferente estadísticamente a los tratamientos IMF (inoculo de microorganismos formulados) y IMB (inoculo de microorganismos de bosque); en la fase Termófila se observa a los tratamientos testigo y IMB iguales estadísticamente y diferentes al tratamiento IMF que presenta mayor temperatura; en la fase Mesófila II, se observa mayor temperatura en el tratamiento testigo y es diferente estadísticamente a los demás tratamientos, seguido del tratamiento con IMB y es diferente al tratamiento con IMF que además, mostro menor temperatura; en la fase de Maduración se determinó mayor temperatura en tratamiento testigo y es diferente estadísticamente a los tratamientos IMB y IMF que además muestran menor temperatura. Los inóculos de microorganismos favorecen el aumento de temperatura manifiestan BEJARANO y DELGADILLO (2007).

**Tabla 10.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para la temperatura durante las fases de compostaje.

Fase Mesófila I			Fase Termófila			Fase Mesófila II			Fase de Maduración		
Trat.	C°	Sig.	Trat.	C°	Sig.	Trat.	C°	Sig.	Trat.	C°	Sig.
T <sub>1</sub>	36.34	a	T <sub>1</sub>	58.33	a	T <sub>0</sub>	46.27	a	T <sub>0</sub>	36.44	a
T <sub>2</sub>	36.31	a	T <sub>2</sub>	55.28	b	T <sub>2</sub>	43.84	b	T <sub>2</sub>	33.48	b
T <sub>0</sub>	34.64	b	T <sub>0</sub>	55.10	b	T <sub>1</sub>	40.61	c	T <sub>1</sub>	32.48	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

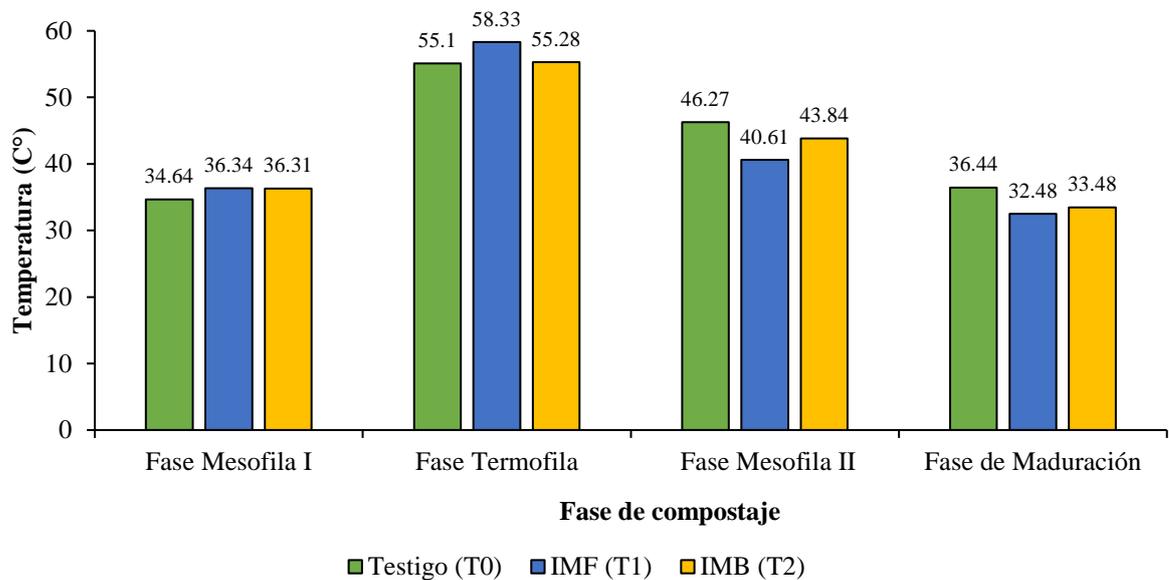
Leyenda

- T<sub>1</sub> = IMF (inoculo de microorganismos formulados)
- T<sub>2</sub> = IMB (inoculo de microorganismos de bosque)
- T<sub>0</sub> = testigo

#### a. Fase Mesófila I:

En el Gráfico 10, se observa las comparaciones de medias, donde el IMF (T<sub>1</sub>) con 36.34 °C y IMB (T<sub>2</sub>) con 36.31 °C resultaron tener el mayor aumento gradual de temperatura, mientras que el testigo (T<sub>0</sub>) con 34.64 °C obtuvo menos incremento, se le puede atribuir esta superioridad a la inoculación de fuentes de microorganismos al inicio del compostaje (temperatura ambiente). Según, Bohórquez (2019) al iniciar el proceso la temperatura se

encuentra en valores medioambientales. Debido a la actividad microbiana, posteriormente la temperatura aumenta considerablemente hasta alcanzar en pocos días los 40°C. Asimismo, iniciado el proceso de compostaje con la inoculación de microorganismos en las pilas de compostaje se produjo la generación de mayor calor incrementándose gradualmente la temperatura promovida por la degradación de la materia orgánica coincidiendo con Sztern y Pravia (1999) que menciona que los microorganismos consumen las fuentes sencillas de carbono y nitrógeno en las fermentaciones facultativas de la microflora. Por otro lado, nuestros resultados evaluados en 5 días se aproximaron a lo establecido por Roman et al. (2013) ya que indican que la duración de esta fase dura entre 2 a 8 días, pero discrepando con Ramírez y Restrepo (2007) que según el ritmo de fermentación acelerado o lento es de 1 a 8 semanas.



**Figura 10.** Barras con prueba de Duncan, para la temperatura en las fases de compostaje.

#### b. Fase Termófila:

En el Gráfico 10, se observa las comparaciones de medias, donde el IMF (T1) con 58.33 °C resultó tener el mayor incremento de temperatura, mientras que el IMB (T2) con 55.28 °C y testigo (T0) con 55.10 °C incrementos similares, se le atribuye esta superioridad

porque presentó el mayor número de unidades formadoras de colonias de aerobios viables, fungis y actinomicetos con  $68 \times 10^3$  ufc/g,  $16 \times 10^3$  ufc/g y  $82 \times 10^3$  ufc/g en la parte intermedia (Anexo, Tabla 21) por lo cual incrementaron la temperatura. Bohórquez (2019), indica que la temperatura alcanza de 60 a 80°C, debido al aumento de la actividad microbiana, a partir de los 60°C, los hongos detienen su actividad y las reacciones de oxidación se llevan a cabo por bacterias formadoras de esporas y por actinomicetos. Asimismo, los actinomicetos aumentaron la temperatura producto de su mayor multiplicación microbiana, a diferencia de los hongos que presentó menores poblaciones. Barrena (2006), menciona que los actinomicetos son tolerantes a temperaturas muy altas, incrementando significativamente hasta 60° C. Por otro lado, nuestros resultados estuvieron dentro de los 60 °C en todos los tratamientos parecidos a los reportes de Chica (2015) que obtuvo temperaturas en todos sus tratamientos de compostaje entre 45-65° C. pero discrepando con Xiao *et al*, (2011), que afirman que la temperatura óptima para los hongos termófilos es de 40-50° C.

### **c. Fase Mesófila II:**

En el Gráfico 10, se observa las comparaciones de medias, donde el IMF (T1), 40.61 °C resulto tener el mejor descenso de temperatura respecto a los demás tratamientos, porque descienden de forma gradual debido al equilibrio de la actividad biológica y agotamiento de nutrientes. Según, Román et al. (2013) el descenso de temperatura en la pila es debido al agotamiento de las fuentes de nitrógeno y carbono. Stoffella y Khan (2005) los nutrientes y la energía comienzan a escasear, la actividad de los microorganismos termofílicos disminuye, por eso la reaparición de microorganismos mesofílicos al pasar por los 40-45° C, asimismo el IMB (T2), con 43.84 °C también disminuyó significativamente su temperatura respecto al testigo porque disminuyó la actividad microbiana y empezaron a descomponer otros componentes. Rueda (2006) refiere que se da un descenso paulatino de la temperatura a 40° C;

las bacterias y los hongos transforman otra parte de la celulosa, como la lignina y la lignoproteína.

**d. Fase Maduración o enfriamiento:**

En el Gráfico 10, se observa en la comparación de medias, donde el IMF (T1) con 32.48 °C y IMB (T2) con 33.48 °C resultaron tener el mejor descenso de temperatura mientras que el testigo (T0) con 36.44 °C resulto con mayor temperatura, se le puede atribuir estas diferencias a las bajas cantidades de unidades formadoras de colonias de aerobios viables y actinomicetos presentes en la fase final, Según, Moreno y Moral (2008), mencionan que las bacterias son el grupo que alcanza mayor desarrollo en la primera fase mesofílica y termofílica, pero decrecen considerablemente en la fase de maduración. Similar comportamiento tuvo los hongos en el descenso de temperatura por la reducción de su población, apreciándose algunos hongos en el compost obtenido conforme indica Román et al. (2013) que la degradación de polímeros como la celulosa provoca la presencia de algunos hongos visibles a simple vista. Nuestros resultados se encuentran cercanos a las temperaturas establecidos por el Ministerio del Medio Ambiente (2004), que en la fase de maduración al compost se encuentra aproximadamente a 30° C y Bohórquez (2019) que en esta fase baja a temperaturas ambientales. Por otro lado, el testigo (T0) con menor población microbiana retrasó su temperatura provocando la transformación lenta de los materiales de difícil descomposición demorando así alcanzar su estado ideal (Bongcam, 2002).

**4.3. Efecto del inóculo de microorganismos formulados (IMF) y del inóculo de microorganismos de bosque (IMB) en el tiempo de obtención del compost.**

El análisis de varianza ( $\alpha=0.05$ ) para tiempo de obtención de compost muestra diferencias estadísticas significativas, debido que el valor de probabilidad es menor al planteado

( $p > 0.05$ ), se puede ver también el coeficiente de variabilidad que muestra la homogeneidad de los datos obtenidos en el conteo de días.

**Tabla 11.** Análisis de varianza ( $\alpha=0.05$ ) para tiempo de obtención del compost.

F.V.	G.L	SC	CM	Fc.	p-valor	Sig.
Tratamiento	2	1755.56	877.78	63.2	0.0001	**
Error	6	83.33	13.89			
Total	8	500.29				
C.V	4.33%					

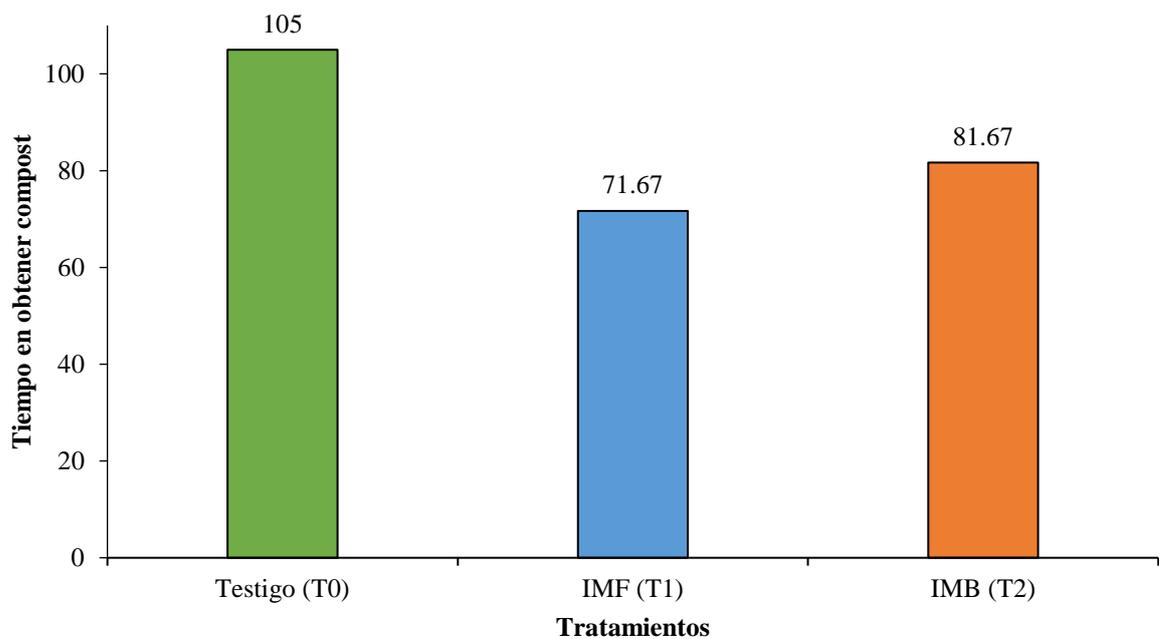
Para la comparación de medias estos resultados fueron llevados a la prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) (Tabla 12). Se observa que el tratamiento testigo presenta mayor tiempo de obtención de compost y es diferente estadísticamente a los demás tratamientos, el tratamiento IMB se muestra en segundo lugar y es diferente estadísticamente al tratamiento IMF que presenta el menor tiempo de obtención de compost. Se puede decir que los IMF incrementa las temperaturas provocado por el inóculo de microorganismos que aumentaron las poblaciones microbianas y aceleraron el compostaje Según, Azurduy *et al.* (2009), los aditivos incrementan la población de microorganismos en los primeros días por lo cual aceleran el proceso reduciendo el tiempo de compostaje. Asimismo, como insumos del preparado microbiano del IMF se utilizó leche, levadura de pan y estiércol fresco para (T<sub>1</sub>), por lo cual son productos definidos desde su procedencia (géneros presentes), hasta la función que cumple en la obtención de compost. Galvez (2007) indica que la leche comprende alrededor de 20 géneros de las BAL, siendo *Lactobacillus* el género más grande, también Mauz (2006) y Chilón (2010), lo definen como portadoras de sustancias que aceleran la descomposición de los residuos orgánicos reduciendo paulatinamente el tiempo de obtención de abono orgánico (compost). Además, Caracela (2018), señala que levadura de pan (*Saccharomyces cerevisiae*), es un excelente acelerador en el proceso de degradación de materia orgánica.

Por otro lado, el IMB del (T<sub>2</sub>), tuvo bacterias ácido lácticas (BAL) y levaduras, obtenidos de la fermentación de la hojarasca o mantillo de bosque, por ello presentan diversas. Cortez (2008), indica que las (BAL) del grupo *Lactobacillus* funciones *plantarum*, *Lactobacillus casei* y *Streptococcus lactics*. solo actúan como estabilizadores y aceleradores en la descomposición de la materia orgánica: similar caso para las levaduras obtenidas de las hojas de vegetación del suelo (mantillo). HIGA (2013) manifiesta que las levaduras ayudan a la descomposición de la materia orgánica e inoculación para fermentación de abonos orgánicos.

**Tabla 12.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para tiempo de obtención del compost.

Tratamientos	Tiempo de obtención del compost (Días)	
	C°	Sig.
Testigo (T <sub>0</sub> )	105.00	a
IMB (T <sub>2</sub> )	81.67	b
IMF (T <sub>1</sub> )	71.67	c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

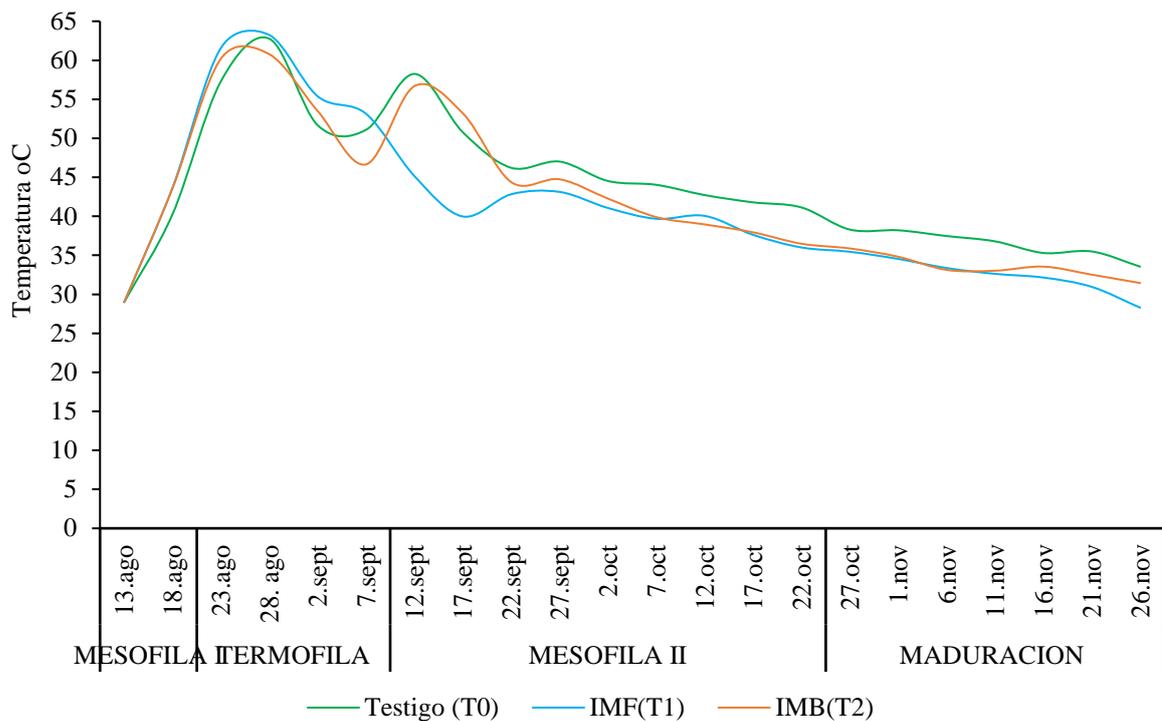


**Figura 11.** Tiempo en días para la obtención del compost.

En el Figura 11, el tratamiento con IMF (T1) se obtuvo en 71.67 días, parecido a lo reportado por Ramos (2015) que cosecho en 76 días con aplicación de ME, pero discrepando con Lescano (2015), que descompuso los desechos orgánicos entre 4 a 6 semanas con ME. Además, el IMB (T2) obtenido en 81.67 días discrepa con los reportes de Rodríguez y Córdova (2006), que obtuvieron compost a los 51 días con adición de microorganismos de montaña, y Camacho *et al.* (2014), con 70 días. También, el testigo (T0) con 105.00 días, se aproximó a Lezcano (2015), que en Huanchaco sin aplicación de microorganismos obtuvo en 129 días y Naranjo (2013) en 120 días.

Según Roben (2002) la temperatura establece la madurez del compost y PASE (2007) indica el mejor tiempo de obtención del compost con inóculos de microorganismos. A continuación, se observa la evolución de las curvas entre la temperatura y fechas de evaluación (Gráfico 12). Se observa el incremento temperatura desde 29 ° C hasta los 5 días de iniciado el compostaje, donde sobresalieron el IMF (T1) y IMB (T2), debido a las fuentes de microorganismos que se inocularon al inicio del compostaje aumentando la temperatura por lo que influye en el proceso de descomposición como lo define Fiad (2002) (fase mesófila I). Hasta los 25 días sobresalió el IMF (T1) que ascendió a 58° C relativamente, además se observó que la temperatura no decae demasiado rápido permitiendo que al mantenerse más tiempo sea mayor la velocidad de descomposición coincidiendo con ROMAN *et al.* (2013), mientras que el IMB (T2) y testigo (T0), solo llegaron a 55° C aproximadamente (fase termofílica). Luego, hasta los 70 días decrecieron las temperaturas destacando el IME (T1) porque la materia orgánica se ha consumido y la temperatura disminuye, corroborado por NEGRO *et al.* (2000) que indican que el calor que se genera es menor al que se pierde, seguidamente el IMB (T2) porque en la fase anterior se realizó la mayor descomposición de toda la materia orgánica por la población microbiana (fase mesófila II). A los 105 días el descenso de temperaturas se vuelve lineal acortándose la diferencia, teniendo primero al IMF (T1), seguido del IMB (T2) y

terminando de estabilizarse el testigo (T0) provocado por la reducción de velocidades en su degradación y transformación del compost (SZTERN y PRAVIA, 1999); conllevando al fin del compostaje (fase maduración).



**Figura 12.** Influencia de la temperatura en el tiempo del compostaje.

#### 4.4. Efecto del inóculo de microorganismos formulados (IMF) y del inóculo de microorganismos de bosque (IMB) en el peso de compost, peso de fracción fina y peso de fracción gruesa (bagazo).

Los cuadrados medios del análisis de varianza ( $\alpha=0.05$ ) para peso de compost se observa que no hay diferencias estadísticas significativas, debido que el valor de probabilidad es mayor al planteado ( $p>0.05$ ), sin embargo en la fracción fina y gruesa se observa diferencias estadísticas, debido que el valor de probabilidad es menor al planteado ( $p<0.05$ ), se puede ver también el C.V que muestra homogeneidad para el peso del compost, fracción fina y gruesa.

**Tabla 13.** Cuadrado medio del análisis de varianza ( $\alpha=0.05$ ) para el peso del compost, peso de fracción fina y peso de fracción gruesa (bagazo) al final del compostaje.

F.V.	G.L	Peso compost		Fracción fina		Fracción gruesa (bagazo)	
		CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.
Tratamiento	2	73.43	N.S	211.81	**	66.73	**
Error	6	23.15		12.78		5.07	
Total	8						
C.V %		3.40		3.21		7.46	

N.S no significativo

\*\*altamente significativo

Al realizar la comparación de los promedios a través de la prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ), se observa que el peso de compost todos los tratamientos son iguales estadísticamente, pero al separar la fracción fina, se observa que el tratamiento T<sub>1</sub> IMF (inoculo de microorganismos formulados) obtiene mayor peso y es estadísticamente diferentes a los tratamientos T<sub>2</sub> = IMB (inoculo de microorganismos de bosque) y T<sub>0</sub> testigo, además estos tratamientos son iguales estadísticamente; respecto a la fracción gruesa, se observa a los tratamientos T<sub>0</sub> y T<sub>2</sub> son iguales estadísticamente y presentan mayor peso, a diferencia del tratamiento T<sub>1</sub> que muestra menor peso.

**Tabla 14.** Prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) para el peso de compost, peso de fracción fina y peso fracción gruesa (bagazo), al final del compostaje.

Peso de compost			Fracción fina			Fracción gruesa (bagazo)		
Trat.	kg	Sig.	Trat.	kg	Sig.	Trat.	Kg	Sig.
T <sub>1</sub>	145.88	a	T <sub>1</sub>	120.90	a	T <sub>0</sub>	34.20	a
T <sub>2</sub>	142.72	a	T <sub>2</sub>	108.52	b	T <sub>2</sub>	31.32	a
T <sub>0</sub>	136.18	a	T <sub>0</sub>	104.86	b	T <sub>1</sub>	24.98	b

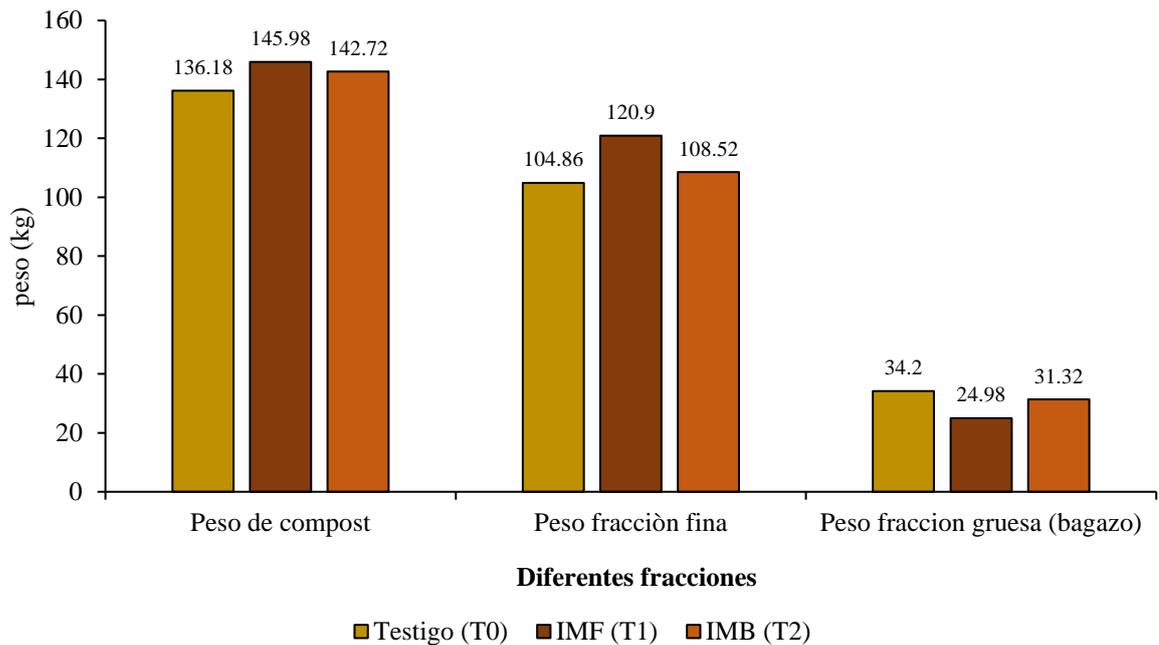
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

Leyenda

T<sub>1</sub> = IMF (inoculo de microorganismos formulados)

T<sub>2</sub> = IMB (inoculo de microorganismos de bosque)

T<sub>0</sub> = testigo



**Figura 13.** Peso de compost, fracción fina y gruesa(bagazo) al final del compostaje.

#### **Peso del compost.**

En el Gráfico 13, se observa en las comparaciones de medias comportamiento similares entre tratamientos, pero evidenciándose diferencias numéricas donde destacó el IMF (T1) con 145.98 kg con el mejor peso del compost obtenido porque la fracción orgánica durante el compostaje se descompuso por diversos microorganismos y poblaciones presentes durante las fases de compostaje. Según, (Tchobanoglous, 2000) los diversos microorganismos utilizaron la materia orgánica como fuente de comida, reduciendo el volumen y peso de los residuos orgánicos. Asimismo, los pesos obtenidos al final del compostaje respecto al peso inicial de 206 kg, determinaron el porcentaje de reducción. Por lo cual nuestro tratamiento testigo (T0), con 66.10 % se encuentra dentro del rango que establece Huerta *et al.* (2008) entre 50 - 60% donde los residuos agrícolas se redujeron durante la fermentación y el restante se emitió a la atmósfera en forma de vapor de agua y CO<sub>2</sub>, y con ROBEN (2002) entre 50 - 60% que de acuerdo a la composición de los residuos agrícolas empleados. Pero más distante a Seoáñez (2000) con 50%. Seguidamente el IMB (T2) con 69.28 % y IMF (T1) con 70.86 % se

aproximaron a los resultados reportados por De La Cruz (2018), que fue más eficaz el T3 (microorganismos eficientes) con 78%, respecto al testigo (sin microorganismos) mayor al 50%.

### **Peso de fracción fina**

En el Gráfico 13 se observa en las comparaciones de medias, donde el IMF (T1) con 120.90 kg resulto tener el mejor peso de fracción fina, se le atribuye esta superioridad debido a los insumos utilizados en el preparado del IMF, como el estiércol fresco de vacuno, leche (bacterias ácidas lácticas) y levadura de pan (*Saccharomyces cerevisiae*) porque trabajaron como degradadores de toda la materia orgánica ya que Chilon (2013) a estos 2 últimos los denomina activadores biológicos convencionales (ABC). Según EEAITAJ (2013), las bacterias ácidas lácticas (BAL) de la leche, promovieron la degradación de la lignina y la celulosa y Atlas y Bertha (2001) y M F Orgánicos (2016), indican que el estiércol fresco poblaciones bacterianas específicas, que digieren la celulosa, almidón, hemicelulosa y desdoblan las ligninas y aprovechan las proteínas; por ello las bacterias causantes de la mayor descomposición inicial y generación de calor coincidiendo con Castrillón *et al.* (2006) y Bonilla y Mosquera (2007). Por tal motivo producto de toda la actividad generada por los microorganismos de los insumos el IMF incremento y mantuvo la temperatura un par de semanas (Gráfico 12), provocando la mayor transformación de los residuos agrícolas conforme lo descrito por Liang *et al.* (2003) que evidencio que existe una relación directa entre la temperatura y magnitud de degradación de la materia orgánica.

### **Peso de la fracción gruesa (bagazo).**

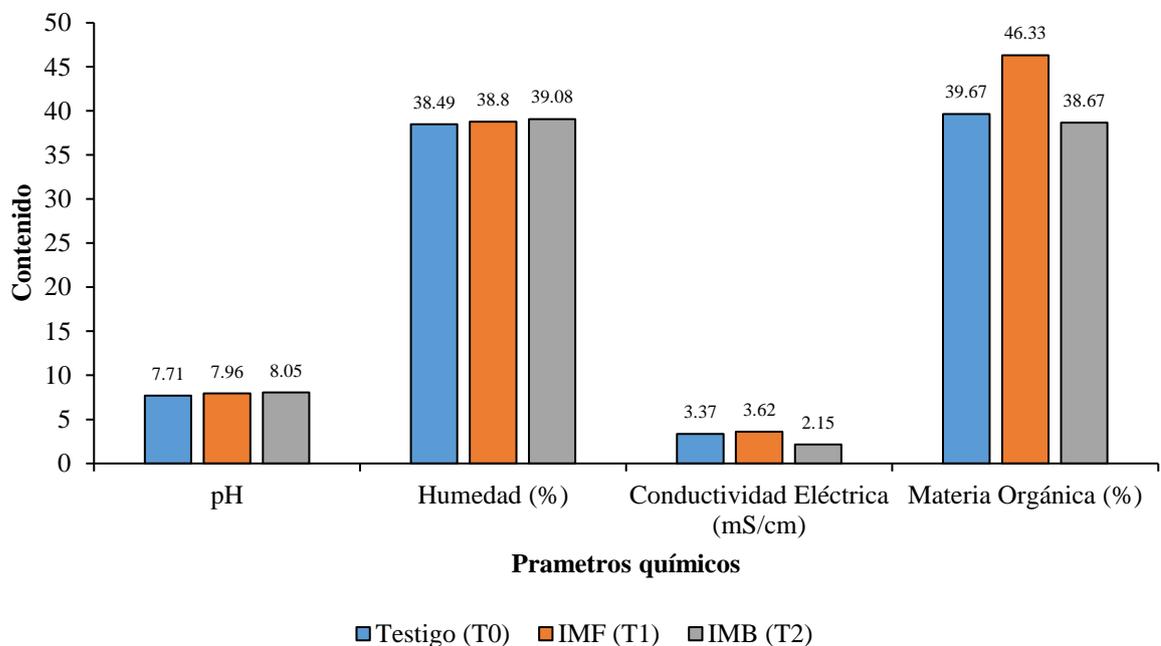
En el Gráfico 13 se observa en las comparaciones de medias, donde el IMF (T1) con 24.98 resulto tener el menor peso de fracción gruesa (bagazo) debido a que presentaron

poblaciones en mayor número de unidades formadoras de colonias durante el compostaje. Según, Pacheco (2009) las comunidades microbianas son el factor más importante porque sus diferentes tipos de enzimas hidrolíticas realizaron la degradación de materiales orgánicos. Además, el uso de levadura de pan como insumo del preparado del IMF, incrementó la cantidad de poblaciones de microorganismos en la etapa intermedia por lo cual Guevara *et al.* (s.f.) indica que facilitaron la degradación de los residuos orgánicos facilitando la optimización del proceso de compostaje y según (Acosta *et al.*, 2012) la mejor descomposición total y reducción de cantidades de partículas gruesas por lo que puede ser más homogéneo. Por otro lado, el testigo (T0) obtuvo el mayor peso con 34.20 Kg al final del compostaje porque no terminó de descomponerse en la fase final (maduración) porque se reduce su actividad metabólica, dificultando que los compuestos menos degradables se descompongan (Vargas *et al.* 2019). Y la descomposición es más lenta porque siguen transformando los materiales más resistentes como la celulosa y lignina (Carrasco, 2009).

#### **4.5. Efecto del inóculo de microorganismos formulados (IMF) y del inóculo de microorganismos de bosque (IMB) en la humedad, pH, conductibilidad eléctrica, materia orgánica.**

Según Cajahuanca (2016) la calidad del compost es definido por parámetros químicos, el cual muestra la cantidad de cada compost. Para ello se determinó pH, humedad, conductividad eléctrica y materia orgánica (Figura 14). Respecto al pH, se observa en las comparaciones de medias, diferencias numéricas donde el IMB con 8.05 y IMF con 7.96 presentaron pH alcalinos puede deberse al uso de fuentes de microorganismos y roca fosfórica (Fosyeiki: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 21% - 23%. CaO, 32% - 42%) al inicio del compostaje. Según, Román *et al.* (2013) el pH puede modificarse en las fases de compostaje porque depende del origen de los materiales utilizados. Además, la aplicación de inóculos microbianos al mezclarse con la roca

fosfórica de todos los tratamientos permitió la variación del pH producto de la reacción con los residuos agrícolas coincidiendo con Corrales et al. (2014) y Khan et al. (2013) que sostienen que los microorganismos agregados al efecto combinado de la materia orgánica y la roca fosfórica favorecieron mecanismos en los cuales las bacterias realizan la solubilización del fosfato permitiendo, la producción de ácidos orgánicos y el aumento de la acción enzimática. Por otro lado, el testigo con 7.71 bajando a la neutralidad similar con Chica (2015) que se aproxima al valor neutro, producto de la baja actividad microbiana.



**Figura 14.** Parámetros químicos de pH, humedad, conductividad eléctrica y materia orgánica al final del compostaje.

En cuanto a la Humedad, se observó en las comparaciones de medias solo diferencias numéricas donde el IMB con 39.08% y IMF con 38.80 %, presentaron mayor porcentaje de humedad, probablemente nuestros resultados estuvieron relacionados con la disminución del número de unidades formadoras de colonias de aerobios viables en la fase final del proceso. Según, Barrena (2006), indica que la actividad biológica empieza a disminuir de

humedad a partir del 40 % y por debajo del 20% no existe prácticamente actividad. Asimismo, por el adecuado equilibrio de la relación carbono/nitrógeno al inicio del compostaje, nuestros resultados en la fase de maduración o final del compostaje estuvieron comprendidos entre 38 – 40%, confirmando lo establecido por Liang, *et al* (2003), que el valor al final se encuentra entre el 30 y el 40% y Jaramillo y Zapata (2008) de 40% – 60%; también de acuerdo con NADF (2011) los porcentajes de humedad cumplen con la norma ambiental NADF-020-Ambt-2011, que establece el 25 - 45 %, para compost en el uso de paisajes, áreas verdes y reforestación.

Respecto a Conductividad eléctrica, se observó solo diferencias numéricas, donde el IMF con 3.62 mS/cm presento mejor conductividad eléctrica porque presento el mayor número de unidades formadoras de colonias en la etapa final del compostaje. Según Rafael (2011) el incremento de la conductividad eléctrica en la fase final del proceso de la pila podría atribuirse al efecto ocasionado por la intensa actividad de los actinomicetos que probablemente contribuyeron a la activación de la mineralización. Además, el uso de 500 gr de levadura de pan utilizados como insumos del IMF influyó en la conductividad eléctrica, resultados parecidos a lo reportado por Caracela (2018) que obtuvo valores más altos de conductividad eléctrica con dosis de 300 gramos de *Saccharomyces cerevisiae*. Por otro lado, el IMB con 2.15 mS/cm, resulto menor porque presento 39.08 % de humedad al final del compostaje, parecido a lo indicado por Sánchez y Monedero (2001), que a veces ocurre un descenso de la conductividad eléctrica durante el proceso, debiéndose a fenómenos de lixiviación en la masa provocados por una humectación de la misma.

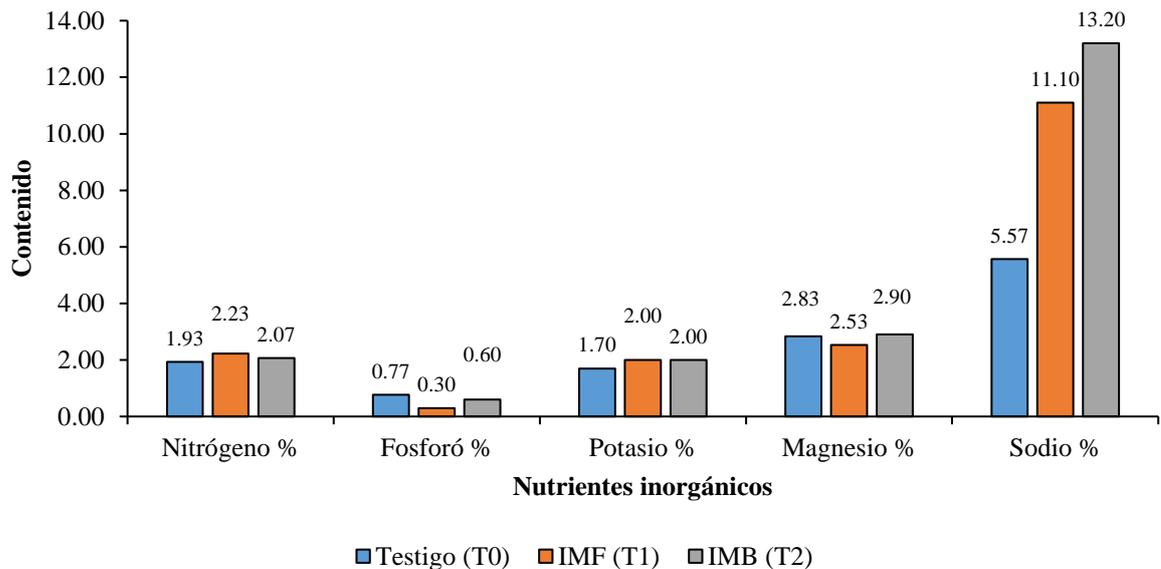
En cuanto a Materia Orgánica, se observó solo diferencias numéricas, donde el IMF, con 46.33% presentó el mayor porcentaje de materia orgánica respecto a los demás tratamientos puede deberse a que los actinomicetos en la fase intermedia ( $82 \times 10^3$  ufc/g) y final ( $48 \times 10^3$  ufc/g) tuvieron mayor número de unidades formadoras de colonias por ello la mayor transformación de la materia orgánica. Según, Laich, (2011) y Velasco *et al.* (2008) indican que

la participación de *Actinomyces* es relevante durante el proceso de modificación de la materia orgánica, siendo los principales responsables de la mayor conversión de materia orgánica en la fase de maduración. Además, el uso de levadura de pan en el preparado microbiano del IMF incremento la cuantificación de población de hongos por ello mejor contenido de materia orgánica al final del compostaje, coincidiendo con Caracela (2018), que obtuvo mejores valores de materia orgánica en el tratamiento con dosis de 300 gramos de *Saccharomyces cerevisiae*. Además, los hongos son descritos como parte de los sistemas de biotransformación, de materia orgánica (Villena y Gutiérrez, 2003). Por otro lado, IMB con 39.67 % debido a que no terminaron de descomponerse en el peso de fracción gruesa (Gráfico 13), compartiendo lo descrito por Tomati et al. (2000) que la materia orgánica se transforma por 2 vías, en la segunda los materiales más resistentes como las ligninas se van degradando lentamente y/o transformando en compuestos húmicos.

#### **4.6. Efecto del inóculo de microorganismos formulados (IMF) y del inóculo de microorganismos de bosque (IMB) en la composición mineral de nutrientes y microelementos del compost.**

Según Kiely (2000) los nutrientes inorgánicos esenciales son nitrógeno, fósforo, azufre, potasio, magnesio, calcio y sodio, aparecen normalmente si se utilizan las mezclas correctas de residuos agrícolas Tabla 15. Respecto al nitrógeno, se observó solo diferencias numéricas, donde el testigo (T0) con 1.93 % presentó menor contenido de nitrógeno porque no se inoculó fuentes de microorganismos al inicio del compostaje. Según, García y Monge (2000) indican a la población microbiana como el factor en el menor contenido de nitrógeno; contrario a los tratamientos inoculados con fuentes de microorganismos como el IMF (T1) con 2.23 % y IMB (T2) con 2.07, coincidiendo con Meléndez *et al.* (2003) que señalan que al inocular microorganismos, permite aumentar los contenidos finales de nitrógeno, y la superioridad del

IMF (T1) por la incorporación de levadura de pan como insumo en el preparado microbiano similar a los reportes de Caracela (2018) en su trabajo de investigación evidencio que a mayor dosis de *Saccharomyces cerevisiae*, el contenido de nitrógeno del compost fue significativamente superior.

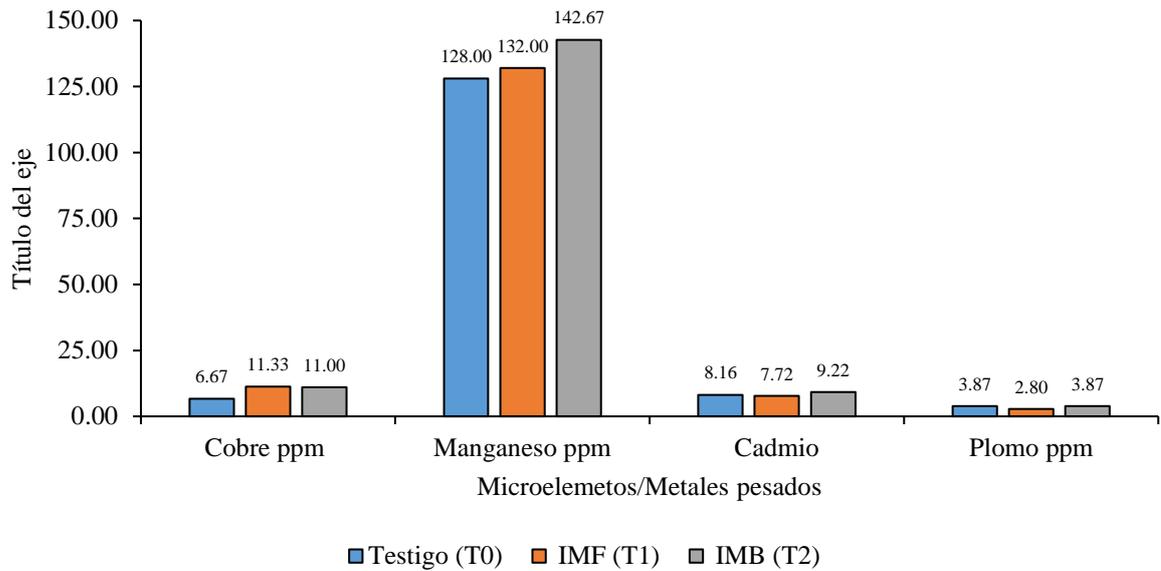


**Figura 15.** Composición mineral de nutrientes obtenidos al final del compostaje

En cuanto al contenidos de Fósforo, se observó solo diferencias numéricas, donde el IMF (T1) con 0.30 % y IMB (T2) con 0.60 % presentaron menor contenido debido a que se inoculó fuentes de microorganismos al inicio del compostaje por ello la solubilización del fósforo. Según, Galindo (2018) la aplicación de fósforo en forma de roca fosfórica en presencia de materia orgánica proporcionó una mayor población de MSP (Microorganismos solubilizadores del fósforo); asimismo se encuentra dentro de rangos establecidos por NADF (2011) que un compost comercial contiene entre 1% a 3% para la norma ambiental mexicana NADF-020-Ambt-2011. También el contenido de potasio, se observó solo diferencias numéricas, donde el testigo (T0) con 1.70 % presento el menor contenido de potasio respecto

al IMF (T1) y IMB (T2) ambos con 2.00%, puede deberse a que en el testigo (T0) no se prioriza el trabajo de los microorganismos en el compostaje. Según, Brady *et al.* (2008) el comportamiento del potasio se encuentra influenciado por el intercambio de cationes y la meteorización y no por procesos microbiológicos. Además, se encuentra dentro del rango establecidos por NADF (2011) que un compost comercial contiene entre 1% a 3% para la norma ambiental mexicana NADF-020-Ambt-2011. En cuanto al magnesio y sodio, se observó solo diferencias numéricas en el contenido de nutrientes donde el testigo (T0) presentó el menor valores en el magnesio con 2.83 % y sodio con 5.57 %, posiblemente por la poca actividad microbiana a comparación de los tratamientos con inóculos de fuentes de microorganismos. Según, Nadia *et al.* (2015) la inoculación de consorcios microbianos benéficos favorece el proceso de compostaje, incrementa los contenidos nutricionales y Arolab (2007) con mayor contenido de nutrientes. Asimismo, cumple con los rangos establecidos por NADF (2011) para ser un compost comercial en contenidos minerales de sodio y magnesio para la norma ambiental mexicana NADF-020-Ambt-2011.

En cuanto a los microelementos cobre y manganeso, se observó solo diferencias numéricas en donde el testigo (T0) presentó el menor contenido de microelementos, contrario al IMF (T1) y IMB (T2) que presentaron contenidos mayores por las fuentes de microorganismos inoculados al inicio del compostaje. Según, Sánchez *et al.* (2017) señalan que la inoculación de microorganismos, aumentan el potencial de contenidos minerales en el compost. Por otro lado nuestros valores de cobre estuvieron comprendido de 6 a 12 ppm y zinc de 60 a 181 ppm en los tratamientos, por lo cual se considera un compost óptimo y utilizable conforme lo indicado por Rafael (2015), que en el Diario Oficial de Chile (2004) se publicó una NCh 2880, que establece los requisitos de calidad del compost producido a partir de distintos residuos en plantas de compostaje describiendo los niveles mínimos y máximos que debe cumplir, como el de Clase "A" (límite máximo de cobre 100 ppm y zinc 200 ppm ).



**Figura 16.** Contenido de microelementos y metales pesados obtenidos en el compost.

En cuanto a los metales cadmio y plomo, se observó solo diferencias numéricas para el contenido de elementos pesados como el cadmio y plomo donde resultó con menores contenidos el IMF (T1) respecto al testigo (T0) y IMB (T2), probablemente puede deberse al uso de leche, estiércol vacuno fresco y levadura que se utilizó en el preparado microbiano del IMF. Además, nuestros resultados de cadmio estuvieron comprendido entre 7.72 a 9.22 ppm y de plomo de 2.80 a 3.87 ppm en los tratamientos, por lo cual se considera un compost óptimo y utilizable conforme lo indicado por Rafael (2015), que según la normativa chilena NCh 2880 del diario Oficial de Chile, recomienda parámetros menores a 100 ppm del plomo y 8 ppm del cadmio recomendando su utilidad para la agricultura. Asimismo, es apto porque cumple con los límites máximos admitidos con relación a los elementos pesados (Labrador, 2012); además al presentar valores bajos no presentan peligrosidad para la salud, considerando lo establecido por Corbitt (2003), que el cadmio y plomo son los elementos de mayor preocupación para la salud de los seres humanos.

## V. CONCLUSIONES

1. Es importante la inoculación de microorganismos al inicio del compostaje, ya que influyó en el número de colonias, destacando el IMF (T1), en aerobios viables, actinomicetos y fungí (mohos y levaduras) con  $68 \times 10^3$  ufc/g,  $82 \times 10^3$  ufc/g y  $16 \times 10^3$  ufc/g en la fase intermedia, asimismo con  $51 \times 10^3$  ufc/g,  $48 \times 10^3$  ufc/g y  $10 \times 10^3$  ufc/g en la fase final, seguidamente el IMB (T2).
2. Las bacterias, son responsables de la mayor parte de descomposición inicial y de la generación de calor en el compostaje, por ello el efecto del IMF (T1) destacó en la fase mesófila I, maduración, fase termófila con  $58.33^\circ\text{C}$ , mesófila II con  $40.61^\circ\text{C}$  y el mejor tiempo en obtención del compost con 71.67 días. Seguidamente el IMB (T2), en todas las fases y con 81.67 días. Por consiguiente, las mejores características respecto al testigo (T0).
3. El peso del compost resulto no significativo. Sin embargo, el efecto del tratamiento del IMF (T1), destaco en el mayor peso de fracción fina (120.90 kg) y menor peso de fracción gruesa (bagazo) (24.98 Kg), optimizando la degradación de los residuos.
4. En las características químicas y composición mineral del compost, destaco el efecto del tratamiento (T1) con IMF, con pH (7.96), materia orgánica (46.33%), conductividad eléctrica (3.62), N (2.23%), K (2%). Destaco también el tratamiento (T2) con IMB con humedad (39.08 % ), Mg (2.90%), Na (13.20%), y el testigo (T0), en P (0.60%), Cu (6.67ppm), Fe (593 ppm), Zn (69.67ppm), Mn (128ppm), Cd (0.000820ppm), Pb (3.87ppm).

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Emplear el compost producido a partir de residuos orgánico (agrícolas, agropecuarios y domiciliarios) con inóculo microorganismos formulados, para enriquecer los sustratos a prepararse en viveros y plantaciones, con el fin evaluar la producción y productividad de los mismos versus un tratamiento control.
2. Para una obtención de resultados más considerables, sería bueno la construcción de pilas más grandes, aumentando la mayor generación de calor y así identificación de todo el proceso de compostaje.
3. Utilizar inóculo de microorganismos formulados (IMF), para la obtención de compost en tratamiento de residuos sólidos municipales o plantas comerciales de compostaje, debido al volumen de residuos orgánicos que se compostan. Y el uso de inóculo de microorganismos de bosque (IMB) para compostajes a menor escala como parcelas de cultivos.

## VII. RESUMEN

En esta investigación se evaluó el mejor efecto comparativo de fuentes de microorganismos en la elaboración de compost a partir de residuos agrícolas. Se utilizó el diseño completamente al azar de 3 tratamientos con 3 repeticiones. Los análisis químicos y microbiológicos, se realizaron en los laboratorios de suelos y microbiología de la Universidad Nacional Agraria De La Selva. En el número de unidades formadoras de colonias, destacó el efecto del inóculo de microorganismos formulados (IMF), en la población de aerobios viables ( $68 \times 10^3$  ufc/g -  $51 \times 10^3$  ufc/g), actinomicetos  $82 \times 10^3$  ufc/g -  $48 \times 10^3$  ufc/g) y fungís ( $16 \times 10^3$  ufc/g -  $9 \times 10^3$  ufc/g) en la fase intermedia y final del compostaje, seguido por el inóculo de microorganismos de bosque (IMB) en actinomicetos, aerobios viables a excepción del testigo en fungís. Asimismo, realizado el A.N.V.A y comparación de medias con la prueba de Duncan para los tratamientos, con el IMF destacaron en la temperatura durante las fases de compostaje, días de obtención del compost, peso de la fracción fina y peso de fracción gruesa (bagazo) del compost, seguido del efecto con IMB, respecto al testigo (T0). Asimismo, no hubo diferencias significativas, en materia orgánica, pH, humedad, conductividad eléctrica, micronutrientes, microelementos solo diferencias numéricas sobresaliendo los tratamientos inoculados con fuentes de microorganismos a excepción del fósforo y plomo donde fue mayor el testigo. Al final la inoculación de microorganismos tuvo influencia en las características biológicas, físicas, químicas y composición mineral durante el compostaje y producción final del compost.

## ABSTRACT

In this investigation, the best comparative effect of microorganism sources in the elaboration of compost from agricultural residues was evaluated. The completely randomized design of 3 treatments with 3 repetitions was used. The chemical and microbiological analyzes were carried out in the soil and microbiology laboratories of the National Agrarian University of La Selva. In the number of colony-forming units, the effect of the inoculum of formulated microorganisms (IMF) stood out, in the population of viable aerobes ( $68 \times 10^3$ cfu/g -  $51 \times 10^3$ cfu/g), actinomycetes  $82 \times 10^3$ cfu/g -  $48 \times 10^3$  cfu/g) and fungi ( $16 \times 10^3$  cfu/g -  $9 \times 10^3$  cfu/g) in the intermediate and final phase of composting, followed by the inoculum of forest microorganisms (IMB) in actinomycetes, viable aerobes except for the control in fungi. Likewise, the ANVA was carried out and comparison of means with the Duncan test for the treatments, with the IMF they stood out in the temperature during the composting phases, days of obtaining the compost, weight of the fine fraction and weight of the coarse fraction (bagasse) of the compost, followed by the effect with IMB, with respect to the control (T0). Likewise, there were no significant differences in organic matter, pH, humidity, electrical conductivity, micronutrients, microelements, only numerical differences, with the treatments inoculated with sources of microorganisms standing out, except for phosphorus and lead, where the control was higher. In the end, the inoculation of microorganisms had an influence on the biological, physical, chemical and mineral composition characteristics during composting and final compost production.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. Acosta, Y., Zárraga, A., Rodríguez, L., El Zauahre, M. (2012). Cambios en las propiedades fisicoquímicas en el proceso de compostaje de lodos residuales. *Multiciencias*; 12:18-24.
2. Acuña, O., Peña, W., Serrano, E., Pocasangre, L., Rosales, F., Delgado, E., Trejos., Segura, A. (2006). Importance of microorganisms for soils quality and health. Universidad de Costa Rica. pp. 56-59.
3. Adegunloye, D. V., Adetuyi, F. C., Akinyosoye, F. A. Doyeni, M. O. (2007). Microbial Analysis of Compost Using Cowdung as Booster. *Pakistan. Journal of Nutrition*, 6 (5): 506-510.
4. Alcolea, M., González. C. (2000). Manual de compostaje doméstico. Barcelona. 49 p. Documento pdf, consultado el 07 de abril del 2021.
5. Álvarez, J. M. (2008). Manual de Compostaje para la Agricultura Ecológica. Consejería de Agricultura y pesca. Junta de Andalucía. España. Folleto, 48 pp.
6. Álvarez, J. (2009). Tesis: “La calidad microbiológica del suelo y del compost del parque de Itchimbía en su proceso de recuperación”. Escuela politécnica del ejercito – Departamento de ciencias de la vida ingeniería en biotecnología. Ecuador. p. 14.
7. Alvarez, J. (2008). Manual de compostaje para agricultura ecológica. Consejería de agricultura y pesca, Andalucía. España. Folleto, 48 p.
8. Aprolab (2007). Manual para la producción de compost con microorganismos eficaces. Programa de Apoyo a la Formación Profesional para la Inserción Laboral en el Perú. Lima - Perú. 100 p.
9. Atlas, R., Bertha, R. (2001). Ecología microbiana y microbiología ambiental. 4ª ed. Ultima reimp. Editor Madrid: Pearson Educación. 677 p.

10. Azurduy, S., Ortuño, C., Azero A. (2009). Evaluación de Activadores Orgánicos para Acelerar el Proceso de Compostaje de Residuos Orgánicos en el Municipio de Quillacollo. [Documento en línea]. [Consultado el 16 de abril de 2012]. Formato PDF. Disponibilidad libre:
11. Barrena, R. (2006). Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso. Tesis Universidad Autónoma de Barcelona. Departamento de Ingeniería Química. 315 p.
12. Bejarano, E., Delgadillo, S. (2007). Evaluación de un tratamiento para la producción de compost a partir de residuos orgánicos provenientes del rancho de comidas del establecimiento carcelario de Bogotá “la modelo” por medio de la utilización de microorganismos eficientes (EM). Universidad De La Salle. Proyecto de grado para optar el título de Ingenieras Ambientales y Sanitarias. Colombia. 187 p.
13. Blanco, D. (2011). Tratamiento Biológico Aerobioanaerobio - Aerobio De Residuos Ganaderos Para La Obtención De Biogás Y Compost. Universidad De León. Para optar al grado de Doctor. León, España. 265 p.
14. Bohórquez, W. (2019). El proceso de compostaje. Universidad La Salle. Bogotá, Colombia. 1era edición Ediciones Unisalle. 40 p.
15. Bonilla, M., Mosquera, M. (2007). Seguimiento de la presencia de rotavirus a un proceso de compostaje realizado a partir de residuos orgánicos domiciliarios y contenido ruminal”. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. 50 p.
16. Bongcam, E. (2002). Guía para compostaje y manejo de suelos. Convenio Andrés Bello. Bogotá. 14 p.
17. Brady, N., Weil, R. (2008). The Nature and Properties of Soils. 14th edition. Pearson Prentice Hall. USA. 990 p.

18. Bueno P., Diaz M., Cabrera F. (2012). Factores que afectan el proceso de compostaje, Departamento de Ing. Química – Universidad de Huelva, Instituto de Recursos Naturales y Agro biología de Sevilla – España 60 p.
19. Cajahuanca, S. (2016). Optimización del manejo de residuos orgánicos por medio de la utilización de microorganismos eficientes (*Saccharomyces Cerevisiae*, *Aspergillus Sp.*, *Lactobacillus Sp.*) en el proceso de compostaje en la central hidroeléctrica Chaglla. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero ambiental. Huánuco, Perú. 166 p.
20. Calbrix, R., Barray, S., Chabrierie, O., Fourrie, L. & Laval, K. (2007). Impact of organic amendments on the dynamics of soil microbial biomass and bacterial communities in cultivated land. *Appl. Soil Ecol.*, 35: 511-522.
21. Camacho, A. Martinez, L. Ramirez, H. (2014). Potencial de algunos microorganismos en el compostaje de residuos sólidos. Documento PDF, febrero del 2020). 80 p.
22. Campos, R., Brenes, L., Jiménez, M. (2016). Evaluación técnica de dos métodos de compostaje para el tratamiento de residuos sólidos biodegradables domiciliarios y su uso en huertas caseras. *Tecnología en Marcha. Encuentro de Investigación y Extensión* 2016. Pp 25-32. [file:///C:/Users/Toshiba/Downloads/Dialnet-EvaluacionTecnicaDeDosMetodosDeCompostajeParaElTra5761473%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/Toshiba/Downloads/Dialnet-EvaluacionTecnicaDeDosMetodosDeCompostajeParaElTra5761473%20(3).pdf)
23. Caracela, E. (2018). Aplicación de *Saccharomyces Cerevisiae* para acelerar el proceso de compostaje de bio-residuos de una institución educativa como contribución a la reducción de GEI. Tesis para para optar el título de ingeniero ambiental. Universidad Nacional De Moquegua. Moquegua. Perú. 101 p.
24. Carrasco, N. (2009). Evaluación de tres diferentes tipos de sustratos (bagacillo, aserrín e ichu picado) en la producción de EM-Compost. Tesis para optar el título de ingeniero ambiental. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. 106 p.

25. Castrillón, O., Bedoya, O., Montoya, D. V. (2006). Effect of pH on the growth of microorganisms during the maturation stage in static compost piles. *Producción + Limpia*, 1 (2): 8-12
26. Castro, L., Murillo, M., Uribe, L., Mata, R. (2015). Inoculación al suelo con *Pseudomonas fluorescens*, *Azospirillum oryzae*, *Bacillus subtilis* y microorganismos de montaña (MM) y su efecto sobre un sistema de rotación soyatomate bajo condiciones de invernadero. *Agron Costarric.* 39(3):21-36.
27. Chauca, V. (2014). Proceso de producción y aplicación del producto Microorganismos Eficaces sobre la calidad de compost de residuos orgánicos de mercados de Sapallanga-Huancayo. Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú. 90 p.
28. Chica, A. (2015). Ingeniería y aspectos técnicos de la estabilización aeróbica, II Proceso de biotransformación de la materia orgánica. España. 278 p
29. Chilon, E. (2010). Compostaje altoandino, alimento al suelo vivo y cambio climático. *CienciAgro.* 2010; 2: 221-227
30. Chilon, E. (2013). El compost altoandino como sustento de la fertilidad del suelo frente al cambio climático. *Ciencia -Agro.* 2(4), 456-468.8).
31. Cochachi, E., Vargas, M. (2008). Determinación del efecto de la relación C/N y la humedad en la calidad de compost obtenido a partir del tratamiento de residuos orgánicos del Distrito de San Pedro de Saño mediante el proceso de degradación aerobia a nivel laboratorio. Universidad Nacional del Centro del Perú. Tesis de grado. Huancayo, Perú. 120 p.
32. Cortez, S. (2008). Aprovechamiento de subproductos de la industria panelera en la elaboración de compost, utilizando microorganismos eficientes (ME).

Universidad Pontificia Bolivariana, Facultad de Ing. Ambiental, Bucaramanga-Colombia. 80 p.

33. Corrales, L., Arévalo, Z., Moreno, V. (2014). Solubilización de fosfatos: una función microbiana importante en el desarrollo vegetal, Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. Bogotá, Colombia, Publicación Científica en Ciencias Biomédicas, ISSN: (1794-2470. Vol. 12 N° 21.
34. Corbit. R. A. (2003). Manual de referencia de Ingeniería Medioambiental. Brage McGRAW-Hill interamericana de España, S.A.U., Madrid. pp. 8.163 – 8.168.
35. De La Cruz, A. (2018). Determinación de Dosificación de los Microorganismos Eficaces para compost a partir de la cáscara de Teobroma Cacao L. “cacao” Naranjos - Pardo Miguel - Rioja-2017. Tesis para optar el título de Ingeniero Ambiental. Facultad de Ecología. Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto. 95 p.
36. EARTH (2014). Principios básicos del Compostaje. Colombia. Consultado el 16 de agosto del 2014. Disponible en: <http://www.earthgreen.com.co/aprenda-mas-pyr/74-principios-basicos-del-compostaje>. 30 p.
37. EEAITAJ. (2013). – Ruta 2 Km 227, Soriano. [www.emuruguay.org](http://www.emuruguay.org) 100 p
38. Em Research Organization INC. (2011). Guía de la Tecnología de EM. Publicado por EM Producción y Tecnología. (EMPROTEC), San Juan de Tibás. Costa Rica. 36 p.
39. Fiad, J. (2002). Residuos orgánicos. Fundases. Disponible en <http://www.eco2site.com/t rash/ro.asp>. 20 p.
40. Galindo, L. (2018). Estandarización de la técnica de compostaje enriquecido con fosforo como método de reaprovechamiento de los residuos orgánicos de la plaza sur de Tunja. Tesis para obtener el grado académico de maestro en ciencias biológicas. Universidad Pedagógica y Tecnológica De Colombia. Colombia, 2018. 83 p.

41. Galvez, H. (2007). Bacteriocin based strategies for food biopreservation, *International Journal of Food Microbiology* 2007. vol. 120, pp.51-70.
42. Gallardo, K. (2013). Obtención de compost a partir de residuos orgánicos impermeabilizados con geomembrana; Perú. Tesis para optar el grado académico de maestro en ciencias, con mención en minería y medio ambiente. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú. 183 p.
43. García, G, J., Monge, N, J. (2000). *Agricultura orgánica*. Primera edición. Editorial Universidad Nacional a Distancia. San José, Costa Rica. 457. p
44. Garro, J. (2016). *El suelo y los abonos orgánicos*. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. San José, C.R : INTA, 113 p.
45. Guevara, M. D., Rivera, M. C., Gonzales, C., Zamora, M. E., Saldaña M, Gonzales, J. I., Salazar, M. L. (s/f). *Propuesta de un acelerador del proceso de compostaje para aplicación en agricultura familiar*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla., mdge93@yahoo.es 50 p
46. Higa, T. (2002). *Una revolución para salvar la tierra*. EM Research Organization, Okinawa, Japón. Versión en español. 352 p.
47. Higa, T. (2013). *Reproducción de Microorganismos de Montaña*. Retrieved from <http://ingenieroambiental.com/index.php?pagina=811>. 120 p.
48. Holdridge, L. (1982). *Ecología basada en zonas de vida*. Editorial IIGA, San José, Costa Rica. 206 p.
49. Huerta, Ó., López, M., Soliva, M., Zaloña, M. (2008). *Compostaje de Residuos Municipales: Control del proceso, rendimiento y calidad del producto*, Escuela Superior de Agricultura de Barcelona y subvencionados por la Agencia de Residuos de Cataluña y el Ministerio de Medio Ambiente. 120 p.

50. INIFAP (2002). Manual para la producción de abonos orgánicos en la agricultura urbana, patrocinado por el programa de las naciones unidas para el desarrollo Cuba. Pp. 23-65.
51. Jaramillo, G., Zapata L. (2008). Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia. Posgrado. Antioquia. Universidad de Antioquia. 116 p.
52. Jiménez, A. (2006). Evaluación de dos fuentes de microorganismos en la descomposición de residuos de rosas en el proceso de compostaje. Checa – Pichincha. Tesis Ing. Agr. Quito: Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. p. 3 – 14, 20 – 33
53. Khan, M. S., Ahmad, E., Zaidi, A., Oves, M. (2013). Functional aspect of phosphatesolubilizing bacteria: Importance in crop production. En: Maheshwari, D. K. et al. (eds.). Bacteria in agrobiolgy: crop productivity. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 50 p.
54. Labrador, J. (2001). la materia orgánica en los sistemas agrícolas, manejo y utilización. Ministerio de agricultura pesca y alimentación. Madrid, España.44 p.
55. Labrador, J. (2012). La materia orgánica en los agros sistemas. Segunda ed. España: Ediciones Mundi prensa - Ministerio de Agricultura. 60 p.
56. Laich, F. (2011). El papel de los microorganismos en el proceso de compostaje. En: Jornada Técnica: Fertilidad y Calidad del Suelo. Experiencias de fertilización orgánica en platanera. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias. ICIA. 21 de octubre de 2011. Proyecto BIOMUSA. Pp. 1-6.
57. Lezcano, C. (2015). Efecto de tres aceleradores de degradación en el tiempo de compostaje utilizando residuos sólidos orgánicos urbanos en Huanchaco, Universidad nacional de Trujillo. Tesis para optar título de ingeniero agrónomo. Trujillo, Perú. 77 p

58. Liang, C., Das, K. C., McClendon, R. W. (2003). The influence of temperature and moisture contents regimes on the aerobic microbial activity of a biosolids composting blend. *Bioresource Technology* 86, 131-137.
59. Kastdalen, L. (2017). Evaluación del efecto de la aplicación de levaduras y gallinaza en la elaboración de abono orgánico. Para optar al título de Ingeniera Agrónoma. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras. 90 p.
60. Kiely, G. (2000) Ingeniería Ambiental, fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. Editorial McGraw – Hill Interamericana S. A. Madrid – España. 1331 p
61. Lacey, J. (2000). Actinomycetes in soils, composts and fodders: 231-251 (in) SYKES, G., SKINNER, F. A. (eds.) Actinomycetales: Characteristics and Practical Importance. Academic Press, London. MACFADDIN, J. F., 2000.- Biochemical tests for identification of medical bacteria. Lippincott. 1 p
62. Mauz, F. (2006). Microorganismos Efectivos. La solución ideal para el medio ambiente. Traducción Marie Luise Schicht. RBA libros Barcelona. 235 p.
63. Meléndez, G., Soto, G., Uribe, L. (2003). (Eds). Abonos orgánicos: principios, aplicaciones e impacto en la agricultura. CIA-UCR, CATIE. San José. 219 p.
64. Meléndez, G. (2003). Indicadores químicos de calidad de abonos orgánicos: 50-63 (en) Abonos orgánicos: principios, características e impacto en la agricultura. Costa Rica. 74 p.
65. M y F Orgánicos. (2016). Asesoramiento técnico en producción de abonos y proveedor de insumos para la producción de abonos orgánicos. Capacitación técnica y tecnológica de la producción de compost a partir de residuos orgánicos domiciliarios del distrito Satipo-Mazamari-San Martín de Pangoa- rio tambo- Satipo – Junin. Disponible en: <https://www.devida.gob.pe/documents>. 30 p.

66. Ministerio del Medio Ambiente. (2014). Manual básico para hacer el compostaje. Proyecto piloto de compostaje doméstico. Amigos de la tierra – Madrid. Correo: compostaje @ tierra.org web: www.tierra.org. 42 p.
67. Moreno, J. Moral, J. (2008). Compostaje. Publicado por Mundi-Prensa Libros, Madrid España .570 p.
68. NADF. (2011). Norma ambiental para el distrito federal nadf-020-ambt-2011.Mexico DF. 2011. 15 p
69. Nadia, O. F., Xiang, L.Y., Dzulkornain, C. A., Mohammed, M. A. P., Baharuddin, A. S. (2015). Investigation of physico-chemical properties and microbial community during poultry manure co-composting process. Journal of Environmental Sciences 28: 81-94.
70. Naranjo, E. (2013). Aplicación de microorganismos para acelerar la transformación de desechos orgánicos en compost. Universidad Técnica De Ambato, Tesis Para Optar El Título de Ingeniero Agrónomo, Ambato, Ecuador. 78 p.
71. Navarro, R. (2002). Manual para hacer Composta Aeróbica. 12 p.
72. Negro, M., Villa, R., Alarcón, P., Ciria, M., Cristóbal, A., De Benito, A., García, C., Labrador, C., Lacasta, J., Lezaún, R., Meco, G., Pardo, M., Solano, C., Torres Y. C., Zaragoza. (2000). Gestión y producción del compost. Dirección General de Tecnología. Centro de Técnicas Agrarias. Gobierno de Aragón. Departamento de Agricultura. Informaciones Técnicas N° 88. Zaragoza-Aragón. 32 p.
73. Nieto A., Murillo, B., Mercado, C. Hiraes, L., Luna P., Briseño, S., Díaz M., Ceseña, J.R., Jordán, A. (2013). La composta en la producción de hierbas aromáticas en Baja California Sur. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, Baja California Sur, México. 30 p.
74. Önorm M (2006). pH Messung Begriffe. ÖNORMEN Austrian Standards. 20 p.

75. ONERN (Oficina Nacional De Evaluacion De Recursos Naturales). (1975). Perú. Evaluación e integración del potencial económico y social de la zona Perené-Satipo- Ene. Lima, Perú. 86 p.
76. Pacheco F. (2009). Evaluación de la Eficacia de la Aplicación de Inóculos Microbiales y Eissenia fétida en el proceso de compostaje domestico de desechos urbanos. 58 p.
77. Paneque, V. M., Calaña, J. M. (2010). Manual de técnicas analíticas para análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos. Laboratorio de agroquímica. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. INCA. 2010. la Habana, Cuba, cap 32 700. Ed. INCA. Pp 124-125.
78. PASE. (2007). Manual para la producción de compost con microorganismos eficaces ME. 65 p.
79. Rafael, M. (2011). Proceso de compostaje de bagazo de agave tequilero a gran escala y uso de la composta para el cultivo del Agave tequilana en contenedor. Universidad De Guadalajara. Tesis que para optar el grado de Doctor en Ciencias en Biosistemática, Ecología y Manejo de Recursos Naturales y Agrícolas. 90 p.
80. Rafael, M. (2015). Proceso de producción y aplicación del producto microorganismos eficaces en la calidad de compost a partir de la mezcla de tres tipos de residuos orgánicos, Sapallanga-Huancayo. Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal y ambiental. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú. 116 p.
81. Ramírez, R., Restrepo, T. (2007). Evaluación de la aplicación de abono tipo bocashi en las propiedades físicas de un suelo negro – lado del municipio de Marinilla, Antioquia. Proexant. 117 p.
82. Ramírez, A. (2017). Manejo De Excretas De Ovejas Mediante Compostaje, Inoculado Con Microorganismos De Montaña (Mm) Nativos En La Finca Experimental Santa Lucia, Heredia. Universidad Nacional. Tesis para optar al grado de

Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Agricultura Alternativa.  
Heredia, Costa Rica. 52 p.

83. Ramos, P. (2015). Evaluación De Diferentes Sustratos De Materias Orgánicas Y Con Microorganismos Eficientes En La Preparación De Compost, En La Zona De Pangoa – Perú. Universidad Nacional Del Centro Del Perú. Tesis Para Optar El Título Profesional De Ingeniero En Ciencias Agrarias, Satipo, Peru.70 p.
84. Rebodillo, R., Martínez, J., Aguilera, Y., Melchor, K., Koerner, R., Stegmann, R., (2008). Microbial populations during composting process of organic fraction of municipal solid waste. *Applied ecology and environmental research*, 6 (3): 61-67
85. Restrepo, J. (2007). Biofertilizantes preparados y fermentados a base de estiércol de vaca. *Abc de la Agricultura Orgánica y Panes de Piedra*. Cali, Colombia.108 p.
86. Roben, E. (2002). Manual de Compostaje Para Municipios. DEO/Ilustre Municipalidad de Loja, Ecuador. 23 p.
87. Rodríguez, N. Tafur, Z. (2014). Producción de Microorganismos de Montaña para el Desarrollo de una Agricultura Orgánica. [Monografía en internet]. Tarapoto, San Martín, Perú. IV CONACIN. Universidad Peruana Unión, EAP Ingeniería Ambiental. 54 p.
88. Rodríguez M., Córdova A (2006). Manual de compostaje municipal tratamiento de residuos sólidos urbanos. Instituto nacional de ecología. México. [Documento en línea]. [Consultado el 25 de marzo de 2018]. Formato PDF. Disponibilidad libre:
89. Román, P., Martínez, M., Pantoja, A. (2013). Manual de Compostaje del Agricultor-Experiencias en América Latina (FAO). Pp 32-12.
90. Rueda, P. (2006). FUNDASES. Fundación de Asesorías para el Sector Rural. Compostaje con EM. Bogotá 2005. Recuperado de la web el 29 de diciembre de 2006 en <http://www.fundases.com/p/publicaciones.html>. 30 p.

91. Sánchez, Ó. J., Ospina, D. A., Montoya, S. (2017). Compost supplementation with nutrients and microorganisms in composting process. *Waste Management* 69: 136-153.
92. Sánchez, M. A., Roig A., Paredes, C. Bernal, M. P. (2001). Nitrogen transformation during organic waste composting by the Rutgers system and its effects on pH, EC and maturity of the composting mixtures. *Biores. Technol.*, 78 (3): 301-308.
93. Seoáñez, M. (2000). Tratado de reciclado y recuperación de productos de los residuos: el reciclado en la naturaleza, el reciclado en el medio agrario. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 604 p.
94. Sherman, A., Colwell, R. (2000). Actinobacter lipases: molecular biology biochemical properties and biotechnological polenta. *J and Microbio Biotechnol* 31: 391400
95. Silva, J. (2008). Recuperación de nutrientes en fase sólida a través del compostaje. Escuela de Ingeniería de los Recursos naturales y del Ambiente (EIDENAR). [Monografía en internet]. Cali-Colombia. Universidad del Valle. 113 p.
96. Stoffell, P., Kahn, B. (2005). Utilización del compost en los sistemas de cultivo hortícola. (ed.). Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, Barcelona. 26 p.
97. Suchini, J. (2012). Innovaciones agroecológicas para una producción agropecuaria sostenible en la región del Trifinio, (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE, Trifinio Costa Rica. 47 p.
98. Sztern, D., Pravia, M. (1999). Manual para la elaboración de compost bases conceptuales y procedimientos. Organización Panamericana de la Salud (OPS) Rev. Latinoamérica. Uruguay. 69 p.
99. Tchobanoglous, G. Hilary, T. Vigil, S. (2000). Gestión integral de residuos sólidos. Madrid. McGraw - Hill. 2 ed. v. 1, 1120 p.

100. Tencio, R. (2014). Uso de microorganismos benéficos en la agricultura orgánica en Costa Rica. *Ambientico*, (243), 41.
101. Tomati, U., Madejon, E., Galli, E. (2000). Evolution of humic acid molecular weight as an index of compost stability. *Compost Sci. Util.*, 8 (2): 108-115.
102. Xiao, Y., Zeng, G., Yang, Z., M, Y., Huamg, C., X, Z., Huang, J, F, C. (2011). Changes in the actinomycetal communities during continuous thermophilic composting as revealed by denaturing gradient gel electrophoresis and quantitative PCR. *Biores. Tech.* 102: 1383-1388.
103. Vargas, P, O., Trujillo, G. J., Torres, M. (2019). Instituto de Investigaciones de la Orinoquia Colombiana. El compostaje, una alternativa para el aprovechamiento de residuos orgánicos en las centrales de abastecimiento. *ORINOQUIA*, vol. 23, núm. 2, pp. 123-129, 2019.
104. Velasco J., Figueroa, B., Ferrera, R., Trinidad, A., Gallegos, J. (2008). CO<sub>2</sub> y dinámica de poblaciones microbianas en compostas de estiércol y paja con aireación. 80 p.
105. Viera, W. (2004). Determinación de la calidad microbiológica del compost para la producción ecológica de cultivos en la región 73 interandina. Departamento de Protección Vegetal, INIAP. Pichincha. Pp 1-9.
106. Villena, G., Gutiérrez, M. (2003). Biopelículas de *Aspergillus niger* para la producción de celulasas: algunos aspectos estructurales y fisiológicos. *Revista peruana de Biología*. 67 p.

## **IX. ANEXOS**

**Tabla 15.** Análisis de varianza ( $\alpha = 0.05$ ) para los componentes químicos (pH, humedad, conductividad eléctrica, materia orgánica).

F.V.	G.L	pH		Humedad		CE		Materia Orgánica	
		CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.
Tratamiento	2	0.09	NS	0.26	NS	1.95	NS	104.22	NS
Error	6	0.04		0.08		0.80		434.00	
C.V %	8	2.42		0.74		25.06		20.47	

**Tabla 16.** Análisis de varianza ( $\alpha = 0.05$ ) para la composición mineral de los nutrientes al final del compostaje.

F.V.	G.L	Nitrógeno (N)		Fosforo (P)		Potasio (K)		Magnesio (Mg)		Sodio (Na)	
		CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.
Tratamiento	2	0.07	NS	0.17	NS	0.09	NS	0.11	NS	46.65	NS
Error	6	0.06		0.14		0.16		0.07		36.41	
Total	8										
C.V %		11.46		67.62		20.83		9.29		60.61	

**Tabla 17.** Análisis de varianza ( $\alpha = 0.05$ ) para algunos microelementos y metales pesados al final del compostaje.

F.V.	G.L	Cobre (Cu)		Manganeso (Mn)		Cadmio (Cd)		Plomo (Pb)	
		CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.
Tratamiento	2	20.33	NS	172.44	NS	1.77	NS	0.92	NS
Error	6	71.56		71.56		3.3		1.19	
C.V %		87.51		52.89		21.71		33.61	

**Tabla 18.** Comparativo del número de unidades formadoras de colonias de los microorganismos encontrados en la fase intermedia y final del compostaje.

Determinación	Fase inicial		
	T0	T1	T2
<b>Aerobios viables</b>	3-7x 10 <sup>3</sup> m.o/g	3-7x 10 <sup>3</sup> m.o/g	3-7x 10 <sup>3</sup> m.o/g
<b>Fungi (mohos y levadura)</b>	1-3x 10 <sup>3</sup> m.o/g	1-3x 10 <sup>3</sup> m.o/g	1-3x 10 <sup>3</sup> m.o/g
<b>Actinomicetos</b>	2-3x 10 <sup>3</sup> m.o/g	2-3x 10 <sup>3</sup> m.o/g	2-3x 10 <sup>3</sup> m.o/g
<b>Califormes Totales</b>	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<b>Califormes Termotolerantes (E.coli)</b>	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Determinación	Fase intermedia		
	T0	T1	T2
<b>Aerobios viables</b>	22x10 <sup>3</sup> ufc/gr	68x10 <sup>3</sup> ufc/gr	36x10 <sup>3</sup> ufc/gr
<b>Fungi (mohos y levadura)</b>	12x10 <sup>3</sup> ufc/gr	16x10 <sup>3</sup> ufc/gr	10x10 <sup>3</sup> ufc/gr
<b>Actinomicetos</b>	42x10 <sup>3</sup> ufc/gr	82x10 <sup>3</sup> ufc/gr	68x10 <sup>3</sup> ufc/gr
<b>Califormes Totales</b>	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<b>Califormes Termotolerantes (E.coli)</b>	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Determinación	Fase final		
	T0	T1	T2
<b>Aerobios viables</b>	18x10 <sup>3</sup> ufc/gr	51x10 <sup>3</sup> ufc/gr	38x10 <sup>3</sup> ufc/gr
<b>Fungi (mohos y levadura)</b>	6 x10 <sup>3</sup> ufc/gr	9 x10 <sup>3</sup> ufc/gr	5 x10 <sup>3</sup> ufc/gr
<b>Actinomicetos</b>	28x10 <sup>3</sup> ufc/gr	48x10 <sup>3</sup> ufc/gr	32x10 <sup>3</sup> ufc/gr
<b>Califormes Totales</b>	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<b>Califormes Termotolerantes (E.coli)</b>	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Leyenda: UFC/gr = Unidades formadoras de colonia

**Tabla 19.** Mediciones de temperatura durante el compostaje

FASES	Tratamientos									
	Días de	TO (Tratamiento control)			T1 ( ME)			T2 (Mb)		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
MESOFILA I	13-ago	29	29	29	29	29	29	29	29	29
	18-ago	39.5	40.15	41.2	44.4	43.47	43.17	43.88	43.41	43.54
	<b>PROM</b>	<b>34.25</b>	<b>34.575</b>	<b>35.1</b>	<b>36.7</b>	<b>36.235</b>	<b>36.085</b>	<b>36.44</b>	<b>36.205</b>	<b>36.27</b>
TERMOFILA	23-ago	58.13	56.86	56.96	60.53	64.36	59.86	64.57	57.6	58.46
	28-ago	61.23	60.3	66.76	61.83	63.43	64.43	59.6	59.73	62.97
	02-sep	51.7	49.93	53.37	54.2	54.03	57.9	53.9	56.23	50.33
	07-sep	50.23	50.07	52.97	53.17	52.23	54	47.33	44.93	47.7
	<b>PROM</b>	<b>55.3225</b>	<b>54.29</b>	<b>57.515</b>	<b>57.4325</b>	<b>58.5125</b>	<b>59.0475</b>	<b>56.35</b>	<b>54.6225</b>	<b>54.865</b>
MESOFILA II	12-sep	61.77	54.27	58.7	45.03	45	45.42	59.47	53.77	56.83
	17-sep	52.19	50.2	49.92	40.02	40.43	39.47	51.43	55.87	52.3
	22-sep	47.37	46.8	44.47	43.5	41.68	43.3	44.17	43.47	45.5
	27-sep	47.43	47.1	46.5	44.07	41.27	44.03	46.13	41.57	46.53
	02-oct	44.33	45.35	43.89	39.1	41.83	42.27	40.97	41.73	44.1
	07-oct	43.03	44.67	44.4	38.93	40.63	39.47	39.43	40.2	40.05
	12-oct	42.15	43.3	42.7	38.53	40.05	41.57	38.67	39.9	38.29
	17-oct	39.43	42.23	43.7	37.32	37.34	38.2	38.87	37.8	37.17
	<b>PROM</b>	<b>46.392222</b>	<b>46.016667</b>	<b>46.401111</b>	<b>40.222222</b>	<b>40.562222</b>	<b>41.044444</b>	<b>44.037778</b>	<b>43.364444</b>	<b>44.114444</b>
MADURACION	27-oct	37.37	37.17	40.34	35.3	35.83	35.23	36.28	35.7	35.65
	01-nov	37.4	38.78	38.43	35.1	34.23	34.26	35.13	34.8	34.51
	06-nov	36.33	38.17	37.9	33.43	32.95	33.73	31.73	34.29	33.37
	11-nov	36.47	37.33	36.57	32.27	32.26	33.33	32.3	34.03	32.73
	16-nov	33.69	36.63	35.57	32.47	31.6	32.37	33.97	34.17	32.5
	21-nov	35.4	36.14	34.93	30.03	30.47	32.36	32.07	33.78	31.7
	26-nov	32.77	35.2	32.67	28.05	28.13	28.67	31.53	32.4	30.4
	<b>PROM</b>	<b>35.632857</b>	<b>37.06</b>	<b>36.63</b>	<b>32.378571</b>	<b>32.21</b>	<b>32.85</b>	<b>33.287143</b>	<b>34.167143</b>	<b>32.98</b>

**Tabla 20.** Número de días en la obtención del compost.

Días de	TO			T1			T2		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
<b>13-Ago</b>	29	29	29	29	29	29	29	29	29
<b>18-Ago</b>	32.29	33.89	37.08	44.4	43.47	43.17	43.88	43.41	43.54
<b>23-Ago</b>	58.13	56.86	56.96	60.53	64.36	59.86	59.6	57.6	58.46
<b>28-Ago</b>	61.23	60.3	66.76	61.83	63.43	64.43	64.57	59.73	62.97
<b>02-Set</b>	51.7	49.93	53.37	54.2	54.03	57.9	49.9	46.23	50.33
<b>07-Set</b>	50.23	50.07	52.97	53.17	52.23	54	47.33	44.93	47.7
<b>12-Set</b>	61.77	54.27	58.7	45.03	45	45.42	59.47	53.77	56.83
<b>17-Set</b>	52.19	50.2	49.92	40.02	40.43	39.47	51.43	55.87	52.3
<b>22-Set</b>	47.37	46.8	44.47	43.5	41.68	43.3	44.17	43.47	45.5
<b>27-Set</b>	47.43	47.1	46.5	44.07	41.27	44.03	46.13	41.57	46.53
<b>02-Oct</b>	44.33	45.35	43.89	39.1	41.83	42.27	40.97	41.73	44.1
<b>07-Oct</b>	43.03	44.67	44.4	38.93	40.63	39.47	39.43	40.2	40.05
<b>12-Oct</b>	42.15	43.3	42.7	38.53	40.05	41.57	38.67	39.9	38.29
<b>18-Oct</b>	39.43	42.23	43.7	37.32	37.34	38.2	38.87	37.8	37.17
<b>22-Oct</b>	39.83	40.23	43.33	35.5	36.83	35.67	37.2	35.97	36.26
<b>27-Oct</b>	37.37	37.17	40.34	35.3	35.83	35.23	36.28	35.7	35.65
<b>01-Nov</b>	37.4	38.78	38.43	35.1	34.23	34.26	35.13	34.8	34.51
<b>06-Nov</b>	36.33	38.17	37.9	33.43	32.95	33.73	31.73	34.29	33.37
<b>11-Nov</b>	36.47	37.33	36.57	32.27	32.26	33.33	32.3	34.03	32.73
<b>16-Nov</b>	33.69	36.63	35.57	32.47	31.6	32.37	33.97	34.17	32.5
<b>21-Nov</b>	35.4	36.14	34.93	30.03	30.47	32.36	32.07	33.78	31.7
<b>26-Nov</b>	32.77	35.2	32.67	28.05	28.13	28.67	31.53	32.4	30.4
<b>Total, de días</b>	105	110	100	75	80	70	85	80	80

**Tabla 21.** Mediciones de pH durante el compostaje.

Tratamientos	T0			T1			T2		
	r1	r2	r3	r1	r2	r3	r1	r2	r3
Días de lectura	pH								
<b>18-Ago</b>	7.34	7.22	7.38	7.65	7.5	7.62	7.55	7.59	7.62
<b>23-Ago</b>	8.2	7.81	7.79	7.95	7.8	8.32	8.42	8.26	8.63
<b>28-Ago</b>	8.49	8.41	8.55	8.24	8.31	8.83	8.83	8.56	8.64
<b>02-Set</b>	8.41	8.08	8.52	8.12	8.21	8.56	8.52	8.08	8.36
<b>07-Set</b>	8.27	7.83	8.2	7.81	7.92	8.27	8.17	7.65	7.93
<b>12-Set</b>	8.57	7.84	8.51	8.01	8.16	8.39	8.28	7.78	7.76
<b>17-Set</b>	8.06	7.36	8.25	7.77	13.2	7.04	7.86	7.77	13.3
<b>22-Set</b>	7.52	7.06	7.46	6.97	7.06	7.45	7.26	7.46	7.88
<b>27-Set</b>	7.87	7.4	7.78	8.13	7.52	7.26	7.6	7.69	8.03
<b>02-Oct</b>	7.85	7.43	7.87	7.62	7.34	7.98	7.62	8.04	7.69
<b>07-Oct</b>	7.37	7.31	7.23	7.61	7.91	7.34	7.45	7.45	7.53
<b>12-Oct</b>	7.68	7.52	7.49	7.67	7.76	7.72	7.59	7.51	7.75
<b>17-Oct</b>	7.73	7.63	7.76	7.65	7.33	8.06	7.74	7.66	8.11
<b>22-Oct</b>	7.65	7.45	7.64	7.73	7.84	7.35	7.72	7.78	7.63
<b>27-Oct</b>	7.47	7.38	7.59	7.37	7.95	8.24	7.83	7.9	8.35
<b>01-Nov</b>	7.4	7.29	7.56	8.31	7.95	8.26	7.91	7.79	8.15
<b>6-Nov</b>	7.5	7.3	7.72	7.95	7.74	8.12	7.52	7.94	8.25
<b>11-Nov</b>	7.43	7.4	7.55	7.53	8.07	8.32	8.12	8.21	8.53
<b>16-Nov</b>	7.45	7.44	7.66	7.69	8.11	8.32	8.43	8.21	8.34
<b>21-Nov</b>	7.5	7.46	7.73	7.74	8.15	8.34	8.18	8.18	8.23
<b>26-Nov</b>	7.6	7.7	7.85	7.78	8.11	8.31	8.02	7.96	8.24
$\Sigma$	163.36	158.32	164.09	163.3	169.94	168.1	166.62	165.47	174.95
Promedio	<b>7.779</b>	<b>7.539</b>	<b>7.813</b>	<b>7.776</b>	<b>8.527</b>	<b>8.004</b>	<b>7.934</b>	<b>7.879</b>	<b>8.824</b>

**Tabla 22.** Mediciones de humedad en la fase de maduración del compostaje.

Tratamientos		T0			T1			T2		
Días de lectura		r1	r2	r3	r1	r2	r3	r1	r2	r3
		H	H	H	H	H	H	H	H	H
Fase de maduración	27-Oct	43	42	41	39	40	40	40	40	40
	1-Nov	42	42.3 <sup>(x)</sup>	42	38	38	38.8 <sup>(x)</sup>	39	39.6 <sup>(x)</sup>	39
	6-Nov	40	42	40	40	39	38	39	39	39
	11-Nov	40	41	40	40	40	40	38	38	40
	16-Nov	36	39	38	38	38	38	39	39	39
	21-Nov	34	33	36	40	40	40	39	38	40
	26-Nov	34	33	30	37	36	37	38	39	39
$\Sigma$		269	272.3	267	272	271	271.8	272	272.6	276
<b>Promedio</b>		38.4285714	38.9	38.1428571	38.8571429	38.7142857	38.8285714	38.8571429	38.9428571	39.4285714

<sup>(x)</sup> : Humedad evaluada en laboratorio por miembros del jurado.

**Tabla 23.** Valores obtenidos para el peso del compost, peso de fracción fina y peso de fracción gruesa(bagazo) al final del compostaje.

Tratamiento/ Repetición	Tipo de compost	Peso de compost obtenido	Peso fracción fina	Peso fracción gruesa (bagazo)
T0 R1	testigo	132.22	100.57	31.65
T0 R2		140.72	108.52	32.2
T0 R3		135.6	105.5	30.1
T1 R1	IMF	144.48	120.68	23.8
T1 R2		150.34	123.54	26.8
T1 R3		142.82	118.47	24.35
T2 R1	IMB	138.88	108.42	30.46
T2 R2		149.59	112.54	37.05
T2 R3		139.7	104.6	35.1

**Tabla 24.** Valores obtenidos para la conductividad eléctrica y materia orgánica al final del compostaje.

Tratamiento/ Repetición	Tipo de compost	Conductibilidad eléctrica (Us/cm)	M.O. (%)
T0 R1	testigo	3.42	40
T0 R2		3.36	33
T0 R3		3.64	46
T1 R1	IMF	4.98	48
T1 R2		3.47	55
T1 R3		2.4	36
T2 R1	IMB	2.45	40
T2 R2		2.15	47
T2 R3		1.86	29

**Tabla 25.** Determinación del porcentaje de reducción de residuos agrícolas obtenidos al final del compostaje.

Tratamientos	Peso Inicial	Peso de compost	% de reducción
Testigo (T0)	206	136.18	66.1
IMF (T1)	206	145.88	70.86
IMB (T2)	206	142.72	69.28

**Tabla 26.** Valores químicos para la composición mineral del compost.

<b>Tratamiento/ Repetición</b>	<b>Tipo de compost</b>	<b>Nitrógeno (%)</b>	<b>Fósforo (%)</b>	<b>Potasio (%)</b>	<b>Magnesio (%)</b>	<b>Sodio (%)</b>	<b>Cobre (ppm)</b>	<b>Fierro (ppm)</b>	<b>Zinc (ppm)</b>	<b>Manganeso (ppm)</b>	<b>Cadmio (ppm)</b>	<b>Plomo (ppm)</b>
T0 R1	testigo	2.1	1.3	1.8	2.9	5.8	2	7	37	82	7.81	2.9
T0 R2		1.7	0.6	1.1	2.9	16.1	14	1766	149	182	9.45	3.9
T0 R3		2	0.4	2.2	2.7	11.4	4	6	23	120	7.21	4.8
T1 R1	IMF	2.3	0.4	2.4	2.8	6.2	13	1155	80	178	6.63	3.5
T1 R2		2.2	0.5	1.9	2.4	6.4	20	3289	114	194	7.5	2.5
T1 R3		2.2	0	1.7	2.4	4.1	1	586	8	24	9.04	2.4
T2 R1	IMB	2.4	0.7	2.1	3.2	13	11	993	473	162	9.57	4.4
T2 R2		2.1	0.2	2.1	2.5	4.3	2	541	11	74	6.4	2
T2 R3		1.7	0.9	1.8	3	22.3	20	4653	60	192	11.68	4.8



# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y Ecotoxicología

Carretera Central Km 1.21 - Tingo Maria - Celular 944407531

analisisdesuelosunas@hotmail.com



## ANALISIS ESPECIAL

SOLICITANTE: KAQUI BAILON WALTER JUNIOR										PROCEDENCIA: MAPRESA - NARANJILLO									
DATOS DE LA MUESTRA			ANALISIS PROXIMAL						Conducti vidad Eléctrica (uS/cm)	RESULTADOS EN BASE SECA									
N°	Codigo	Refe	Tipo	Cenizas en base seca (%)	Materia organica en base seca. (%)	Materia seca (%)	Humedad (%)	Materia organica en base humeda (%)		Cenizas en base humeda (%)	Nitrógeno base seca %	Fósforo (%)	Potasio (%)	Magnesio (%)	Sodio (%)	Cobre (ppm)	Manganeso (ppm)	Cadmio (ppm)	Plomo (ppm)
1	M1887	T0 R1	Compost	60	40	83	17	25	58	3.42	2.1	1.3	1.8	2.9	5.8	2	82	7.81	2.9
2	M1888	T0 R2	Compost	67	33	82	18	17	65	3.36	1.7	0.6	1.1	2.9	16.1	14	182	9.45	3.9
3	M1889	T0 R3	Compost	54	46	81	19	29	52	3.64	2	0.4	2.2	2.7	11.4	4	120	7.21	4.8
4	M1890	T1 R1	Compost	52	48	80	20	30	50	4.98	2.3	0.4	2.4	2.8	6.2	13	178	6.63	3.5
5	M1891	T1 R2	Compost	45	55	79	21	36	43	3.47	2.2	0.5	1.9	2.4	6.4	20	194	7.5	2.5
6	M1892	T1 R3	Compost	64	36	78	22	16	62	2.4	2.2	0	1.7	2.4	4.1	1	24	9.04	2.4
7	M1893	T2 R1	Compost	60	40	77	23	19	58	2.45	2.4	0.7	2.1	3.2	13	11	162	9.57	4.4
8	M1894	T2 R2	Compost	53	47	76	24	26	50	2.15	2.1	0.2	2.1	2.5	4.3	2	74	6.4	2
9	M1895	T2 R3	Compost	71	29	75	25	6	69	1.86	1.7	0.9	1.8	3	22.3	20	192	11.68	4.8

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE  
RECIBO N° 500351  
TINGO MARIA, 26 DE ENERO 2018



Figura 17. Análisis especial del compost.



Universidad Nacional Agraria de la Selva  
**Laboratorio de Microbiología General**  
Tingo María

**SERVICIO DIAGNOSTICO MICROBIOLÓGICO**

**Muestra** : COMPOST - T<sub>0</sub>  
**Procedencia** : Mapresa - Naranjillo  
**Atención a** : Bach. Walter Junior Kaqui Bailon (Tesista)  
**Fecha recepción** : 20 de Octubre del 2017  
**Análisis solicitados:**

- Enumeración de Microorganismos Aerobios Viables
- Enumeración de Fungí (Mohos y Levaduras)
- Enumeración de Actinomicetos
- Coliformes Totales
- Coliformes Termotolerantes (*E. coli*)
- Investigación Salmonella
- Investigación de Vibrión Choleraea

**RESULTADOS:**

Determinación	Resultado	Valor Referencial
-Enumeración de Microorganismos Aerobios Viables	22 x 10 <sup>3</sup> UFC/gr	3 – 7 x 10 <sup>3</sup> m.o./g
-Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras)	12 x 10 <sup>3</sup> UFC/gr	1 – 3 x 10 <sup>3</sup> m.o./g
-Enumeración de Actinomicetos	42 x 10 <sup>3</sup> UFC/gr	2 – 3 x 10 <sup>3</sup> m.o./g
-Coliformes Totales	3 m.o./ 100 gr	Ausencia
-Coliformes Termotolerantes ( <i>E. coli</i> )	Ausencia	Ausencia
-Investigación Salmonella	Ausencia/ 25 gr	Ausencia/ 25 gr
-Investigación de Vibrión Choleraea	Ausencia	Ausencia

**CONCLUSIONES:**

La muestra analizada presenta un número elevado de microorganismos aerobios viables (heterotróficos) y de actinomicetos, moderado número de fungi (hongos) y un moderado número de coliformes totales.

Tingo María, 06 de Noviembre del 2017



**Dr. Mcblgo. Btcnigo. César S. López López**  
Laboratorio Microbiología General

**Figura 18.** Análisis microbiológico del compost en la etapa intermedia del compostaje (T<sub>0</sub>)



Universidad Nacional Agraria de la Selva  
**Laboratorio de Microbiología General**  
Tingo María

**SERVICIO DIAGNOSTICO MICROBIOLÓGICO**

**Muestra** : COMPOST - T<sub>1</sub>  
**Procedencia** : Mapresa - Naranjillo  
**Atención a** : Bach. Walter Junior Kaqui Bailon (Tesista)  
**Fecha recepción** : 20 de Octubre del 2017  
**Análisis solicitados:**

- Enumeración de Microorganismos Aerobios Viables
- Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras)
- Enumeración de Actinomicetos
- Coliformes Totales
- Coliformes Termotolerantes (*E.coli*)
- Investigación Salmonella
- Investigación de Vibrión Choleraea

**RESULTADOS:**

Determinación	Resultado	Valor Referencial
-Enumeración de Microorganismos Aerobios Viables	68 x 10 <sup>3</sup> UFC/gr	3 – 7 x 10 <sup>3</sup> m.o./g
-Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras)	16 x 10 <sup>3</sup> UFC/gr	1 – 3 x 10 <sup>3</sup> m.o./g
-Enumeración de Actinomicetos	82 x 10 <sup>3</sup> UFC/gr	2 – 3 x 10 <sup>3</sup> m.o./g
-Coliformes Totales	Ausencia	Ausencia
-Coliformes Termotolerantes ( <i>E.coli</i> )	Ausencia	Ausencia
-Investigación Salmonella	Ausencia/ 25 gr	Ausencia/ 25 gr
-Investigación de Vibrión Choleraea	Ausencia	Ausencia

**CONCLUSIONES:**

La muestra analizada presenta un número elevado de microorganismos aerobios viables (heterotróficos) y de actinomicetos y moderado número de fungi (hongos).

Tingo María, 06 de Noviembre del 2017



**Dr. M**cb**lgo.B**tc**nlgo. César S. López López**  
**Laboratorio Microbiología General**

**Figura 19.** Análisis microbiológico del compost en la etapa intermedia del compostaje (T<sub>1</sub>)



Universidad Nacional Agraria de la Selva  
**Laboratorio de Microbiología General**  
Tingo María

**SERVICIO DIAGNOSTICO MICROBIOLÓGICO**

**Muestra** : COMPOST - T<sub>II</sub>  
**Procedencia** : Mapresa - Naranjillo  
**Atención a** : Bach. Walter Junior Kaqui Bailon (Tesista)  
**Fecha recepción** : 20 de Octubre del 2017  
**Análisis solicitados:**

- Enumeración de Microorganismos Aerobios Viables
- Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras)
- Enumeración de Actinomicetos
- Coliformes Totales
- Coliformes Termotolerantes (*E.coli*)
- Investigación Salmonella
- Investigación de Vibrión Choleraea

**RESULTADOS:**

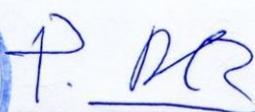
Determinación	Resultado	Valor Referencial
-Enumeración de Microorganismos Aerobios Viables	36 x 10 <sup>3</sup> UFC/gr	3 – 7 x 10 <sup>3</sup> m.o./g
-Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras)	10 x 10 <sup>3</sup> UFC/gr	1 – 3 x 10 <sup>3</sup> m.o./g
-Enumeración de Actinomicetos	68 x 10 <sup>3</sup> UFC/gr	2 – 3 x 10 <sup>3</sup> m.o./g
-Coliformes Totales	Ausencia	Ausencia
-Coliformes Termotolerantes ( <i>E.coli</i> )	Ausencia	Ausencia
-Investigación Salmonella	Ausencia/ 25 gr	Ausencia/ 25 gr
-Investigación de Vibrión Choleraea	Ausencia	Ausencia

**CONCLUSIONES:**

La muestra analizada presenta un número elevado de microorganismos aerobios viables (heterotróficos) y de actinomicetos y moderado número de fungi (hongos).

Tingo María, 06 de Noviembre del 2017



  
**Dr. Mchlgo.Btcllgo. César S. López López**  
**Laboratorio Microbiología General**

**Figura 20.** Análisis microbiológico del compost en la etapa intermedia del compostaje (T<sub>2</sub>)



Universidad Nacional Agraria de la Selva  
**Laboratorio de Microbiología General**  
Tingo María

**SERVICIO DIAGNOSTICO MICROBIOLÓGICO**

**Muestra** : COMPOST - To  
**Procedencia** : Mapresa - Naranjillo  
**Atención a** : Bach. Walter Junior Kaqui Bailon (Tesisista)  
**Fecha recepción** : 07 de Diciembre del 2017

**Análisis solicitados:**

- Enumeración de Microorganismos Aerobios Viables
- Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras)
- Enumeración de Actinomicetos
- Coliformes Totales
- Coliformes Termotolerantes (*E. coli*)
- Investigación Salmonella
- Investigación de Vibrión Choleraea

**RESULTADOS:**

Determinación	Resultado	Valor Referencial
-Enumeración de Microorganismos Aerobios Viables	18 x 10 <sup>3</sup> UFC/gr	3 – 7 x 10 <sup>3</sup> m.o./g
-Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras)	6 x 10 <sup>3</sup> UFC/gr	1 – 3 x 10 <sup>3</sup> m.o./g
-Enumeración de Actinomicetos	28 x 10 <sup>3</sup> UFC/gr	2 – 3 x 10 <sup>3</sup> m.o./g
-Coliformes Totales	Ausencia	Ausencia
-Coliformes Termotolerantes ( <i>E. coli</i> )	Ausencia	Ausencia
-Investigación Salmonella	Ausencia/ 25 gr	Ausencia/ 25 gr
-Investigación de Vibrión Choleraea	Ausencia	Ausencia

**CONCLUSIONES:**

La muestra analizada presenta un número elevado de microorganismos aerobios viables (heterotróficos) y de actinomicetos, moderado número de fungi (hongos) y un moderado número de coliformes totales.

Tingo María, 27 de Diciembre del 2017



*P. [Signature]*

**Dr. Mchgo.Btcnlgo. César S. López López**  
**Laboratorio Microbiología General**

**Figura 21.** Análisis microbiológico de compost en la etapa final del compostaje (T<sub>0</sub>)



Universidad Nacional Agraria de la Selva  
**Laboratorio de Microbiología General**  
Tingo María

**SERVICIO DIAGNOSTICO MICROBIOLÓGICO**

**Muestra** : COMPOST - T<sub>1</sub>  
**Procedencia** : Mapresa - Naranjillo  
**Atención a** : Bach. Walter Junior Kaqui Bailon (Tesisista)  
**Fecha recepción** : 07 de Diciembre del 2017  
**Análisis solicitados:**

- Enumeración de Microorganismos Aerobios Viables
- Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras)
- Enumeración de Actinomicetos
- Coliformes Totales
- Coliformes Termotolerantes (*E.coli*)
- Investigación Salmonella
- Investigación de Vibrión Choleraea

**RESULTADOS:**

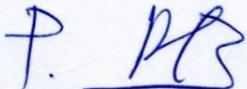
Determinación	Resultado	Valor Referencial
-Enumeración de Microorganismos Aerobios Viables	51 x 10 <sup>3</sup> UFC/gr	3 – 7 x 10 <sup>3</sup> m.o./g
-Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras)	9 x 10 <sup>3</sup> UFC/gr	1 – 3 x 10 <sup>3</sup> m.o./g
-Enumeración de Actinomicetos	48x 10 <sup>3</sup> UFC/gr	2 – 3 x 10 <sup>3</sup> m.o./g
-Coliformes Totales	Ausencia	Ausencia
-Coliformes Termotolerantes ( <i>E.coli</i> )	Ausencia	Ausencia
-Investigación Salmonella	Ausencia/ 25 gr	Ausencia/ 25 gr
-Investigación de Vibrión Choleraea	Ausencia	Ausencia

**CONCLUSIONES:**

La muestra analizada presenta un número elevado de microorganismos aerobios viables (heterotróficos) y de actinomicetos y moderado número de fungi (hongos).

Tingo María, 27 de Diciembre del 2017



  
**Dr. Mcdlgo.Btcllgo. César S. López López**  
**Laboratorio Microbiología General**

**Figura 22.** Análisis microbiológico de compost en la etapa final del compostaje (T<sub>1</sub>)



Universidad Nacional Agraria de la Selva  
**Laboratorio de Microbiología General**  
Tingo María

**SERVICIO DIAGNOSTICO MICROBIOLÓGICO**

**Muestra** : COMPOST - T<sub>II</sub>  
**Procedencia** : Mapresa - Naranjillo  
**Atención a** : Bach. Walter Junior Kaqui Bailon (Tesisista)  
**Fecha recepción** : 07 de Diciembre del 2017

**Análisis solicitados:**

- Enumeración de Microorganismos Aerobios Viabiles
- Enumeración de Fungí (Mohos y Levaduras)
- Enumeración de Actinomicetos
- Coliformes Totales
- Coliformes Termotolerantes (*E.coli*)
- Investigación Salmonella
- Investigación de Vibrión Choleraea

**RESULTADOS:**

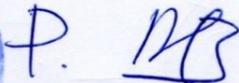
Determinación	Resultado	Valor Referencial
-Enumeración de Microorganismos Aerobios Viabiles	38 x 10 <sup>3</sup> UFC/gr	3 – 7 x 10 <sup>3</sup> m.o./g
-Enumeración de Fungí (Mohos y Levaduras)	5 x 10 <sup>3</sup> UFC/gr	1 – 3 x 10 <sup>3</sup> m.o./g
-Enumeración de Actinomicetos	32 x 10 <sup>3</sup> UFC/gr	2 – 3 x 10 <sup>3</sup> m.o./g
-Coliformes Totales	Ausencia	Ausencia
-Coliformes Termotolerantes ( <i>E.coli</i> )	Ausencia	Ausencia
-Investigación Salmonella	Ausencia/ 25 gr	Ausencia/ 25 gr
-Investigación de Vibrión Choleraea	Ausencia	Ausencia

**CONCLUSIONES:**

La muestra analizada presenta un número elevado de microorganismos aerobios viabiles (heterotróficos) y de actinomicetos y moderado número de fungi (hongos).

Tingo María, 27 de Diciembre del 2017



  
**Dr. Mcblgo.Btclgo. César S. López López**  
Laboratorio Microbiología General

**Figura 23.** Análisis microbiológico de compost en la etapa final del compostaje (T<sub>2</sub>)



INVERSIONES HUALIX E.I.R.L.

### Laboratorio de Calibración

## CERTIFICADO DE CALIBRACION

Número: CC-05361-17

Fecha: 07 de Agosto del 2017  
Página 1 de 1

**SOLICITANTE :** WALTER JUNIOR KAQUI BAILÓN  
Dirección: Jr. Julio Burga #636 – Tingo María - Huánuco

**EQUIPO :** MEDIDOR DE PH Y TEMPERATURA CON INDICACIÓN DIGITAL  
Fabricante : Hanna Instruments Rango de pH : -2.00 a 16.00  
Procedencia : Mauritius Resolución de pH : 0.01  
Modelo : HI98128 Rango de °C : -5.0 a 60.0°C  
Código de ident. : No Indica Resolución de °C : 0.1°C  
Número de serie : No indica

**FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN:**  
07 de Agosto del 2017. Laboratorio de INVERSIONES HUALIX E.I.R.L.

**PROXIMA CALIBRACION RECOMENDADA:**  
Agosto del 2018.

**PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION**  
La calibración se efectuó estrictamente según lo estipulado por el manual del fabricante.

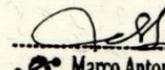
**TRAZABILIDAD**  
Se utilizó una solución de calibración de pH 4.01 lote 8853 con vencimiento en Abril del 2020; una solución de calibración de pH 7.01 lote 8458 con vencimiento en Enero del 2020; una solución de calibración de pH 10.01 lote 7852 con vencimiento en Junio del 2019 y un termohigrómetro digital serie 101412014 con Certificado de Calibración No. 4085-5025188.

**CONDICIONES DE CALIBRACIÓN**  
Temperatura ambiental: 19.6°C  
Humedad relativa: 64%

**OBSERVACIONES**  
- Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación CALIBRADO.  
- La periodicidad de calibración está en función del uso, conservación y mantenimiento del equipo.  
- La incertidumbre ha sido calculada con un factor de cobertura  $k = 2$  para un nivel de confianza del 95%.

#### RESULTADOS DE MEDICIÓN

BUFFER PATRÓN DE pH	LECTURA OBTENIDA (pH)	DESVIACIÓN (pH)	INCERTIDUMBRE (pH)
4.01	4.00	0.01	±0.15
7.01	7.00	0.01	±0.15
10.01	10.03	-0.02	±0.15

  
Marco Antonio Félix  
Dpto. de Metrología



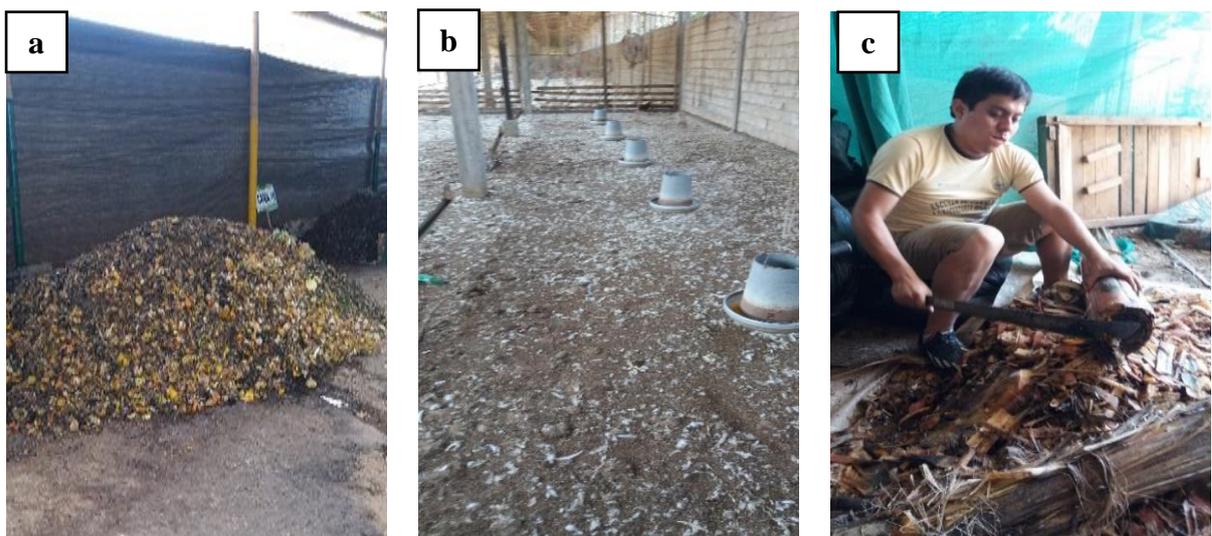
Este certificado no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

Figura 24. Certificado de calibración de pH- metro HANNA

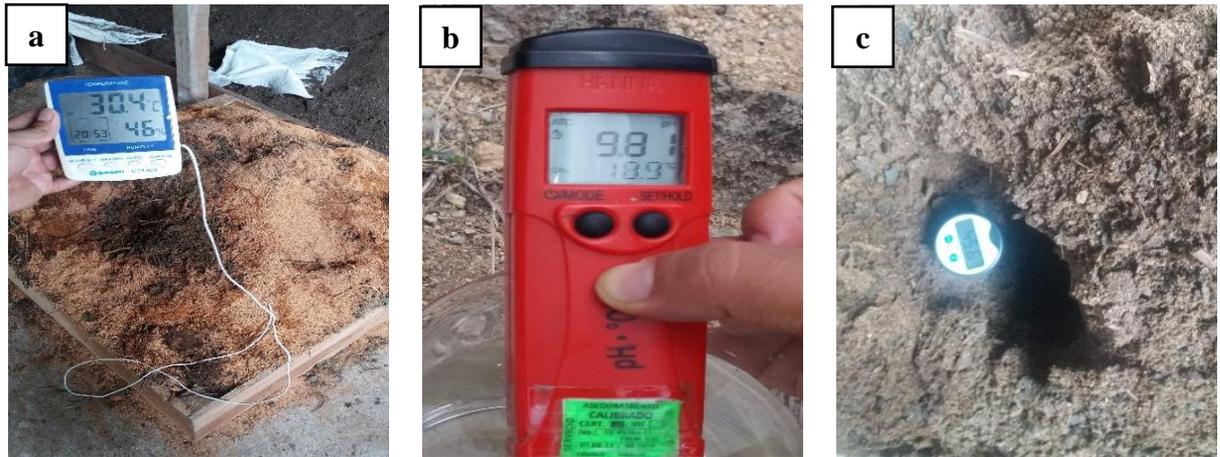
Hojasca o mantillo de bosque - **IMB** sólido y activado



**Figura 25.** Preparación de los microorganismos de bosque (MB) y microorganismos formulados (MF). a. Hojarasca o mantillo de bosque; b y c. **IMB** sólido y activado; d. Preparando Microorganismo Eficientes y e y f. IMF activados



**Figura 26.** Preparación de insumos para el compostaje, a. residuos urbanos; b. Pollinaza y c. Rastrojos de plátano.



**Figura 27.** Preparación del compostaje, a. Termohigrómetro; b. pH-metro portátil y c. Termómetro digital



**Figura 28.** Pesado, tamizado y selección de muestras de compost, para su análisis en el laboratorio de suelos. a. Pesado de compost; b. Tamizado; c. Fracción gruesa (bagazo) y d. Fracción fina.