

**UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC  
FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROECOLÓGICA Y  
DESARROLLO RURAL**



**TESIS**

**Microorganismos eficientes en la producción de compost a partir de residuos orgánicos en  
Chuquibambilla - Grau**

**Presentado por:**

**René Leo Portilla**

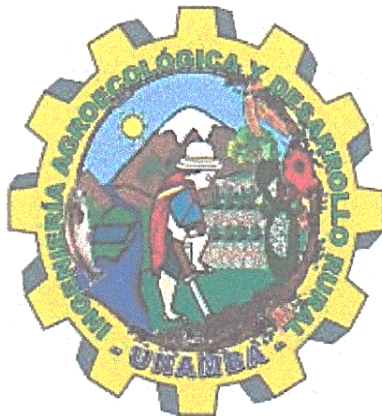
**Para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroecólogo Rural**

**Abancay, Perú**

**2022**



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROECOLÓGICA Y  
DESARROLLO RURAL



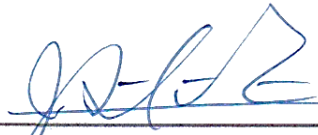
TESIS

**“MICROORGANISMOS EFICIENTES EN LA PRODUCCIÓN DE COMPOST A PARTIR DE  
RESIDUOS ORGÁNICOS EN CHUQUIBAMBILLA - GRAU”**

Presentado por **René Leo Portilla**, para optar el Título de:  
**INGENIERO AGROECÓLOGO RURAL**

Sustentado y aprobado el 05 de febrero del 2021, ante el jurado evaluador:

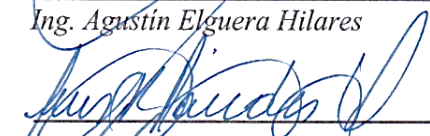
Presidente:

  
M.Sc. Juan Silver Barreto Carbajal

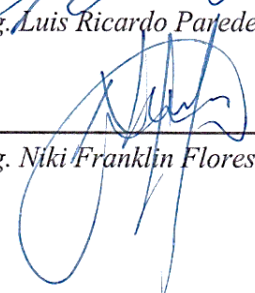
Primer Miembro:

  
Ing. Agustín Elguera Hilares

Segundo Miembro:

  
Ing. Luis Ricardo Paredes Quiroz

Asesor:

  
Ing. Niki Franklin Flores Pacheco

## **Dedicatoria**

*A Dios quién me dio la fe, la fortaleza y salud para seguir adelante hasta lograr mis objetivos. A mí querida Madre María Cleofé Portilla Quintanilla quien con innumerables esfuerzos y amor eterno ha sabido guiarme en mi formación personal y profesional, por ser el apoyo incesante para conseguir mis objetivos y metas.*

*A mis hermanos Raymundo y Franklin, por mostrarme siempre su cariño, consejos y apoyo. A mi amada Analuz Ferrel Tapia y mi querido hijo Evanss Ghael, por su apoyo, cariño y amor, quienes son la inspiración a seguir adelante.*



## **Agradecimiento**

*A la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, en especial a los Docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroecológica y Desarrollo Rural.*

*Al Ing. Niki Franklin Flores Pacheco, Asesor del presente trabajo de investigación, por su respaldo y orientación continua que fueron esenciales en la culminación de mis aspiraciones profesionales.*

*De la manera más profunda y sincero agradecimiento a mis amigas, amigos y compañeros, por su enseñanza, orientación y colaboración en el desarrollo de esta investigación quienes supieron brindarme su amistad y me apoyaron cuando más lo necesitaba.*



“Microorganismos eficientes en la producción de compost a partir de residuos orgánicos en  
Chuquibambilla – Grau”

Líneas de Investigación: Agua, agricultura, silvicultura y pecuaria sostenible.

Esta publicación está bajo Licencia de Creative Commons



# ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>RESUMEN</b> .....	2
<b>CAPÍTULO I</b> .....	4
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	4
1.1 Descripción del problema .....	4
1.2 Enunciado del problema .....	5
1.2.1 Problema general .....	5
1.2.2 Problema específico: .....	5
1.3 Justificación .....	5
<b>CAPÍTULO II</b> .....	7
<b>OBJETIVOS E HIPÓTESIS</b> .....	7
2.1 Objetivos de la investigación .....	7
2.1.1 Objetivo general .....	7
2.1.2 Objetivos específicos .....	7
2.2 Hipótesis de la investigación .....	7
2.2.1 Hipótesis general .....	7
2.2.2 Hipótesis específicos .....	7
2.3 Operacionalización de variables .....	8
3.1 Antecedentes .....	9
3.2 Marco teórico .....	10
3.2.1 Microorganismos Eficientes (EM) .....	10
3.2.2 Definiciones de compost .....	16
3.2.3 Relleno sanitario .....	29
3.3 Marco conceptual .....	31
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	34
<b>METODOLOGÍA</b> .....	34
4.1 Tipo y nivel de investigación .....	34
4.2 Diseño de investigación .....	34

4.3 Descripción ética de la investigación .....	36
4.4 Población y muestra .....	37
4.5 Procedimiento .....	37
4.6 Análisis estadístico .....	41
<b>CAPÍTULO V</b> .....	<b>43</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>43</b>
5.1 Análisis de resultados .....	43
5.1.1 Efecto de los niveles de aplicación de microorganismos eficientes en las propiedades físicoquímicas del compost elaborado de residuos orgánicos domésticos .....	43
5.2 Efecto de los microorganismos eficientes en las propiedades microbiológicas del compost .....	63
5.2.1 Coliformes totales y fecales.....	63
5.2 Contratación de hipótesis .....	65
5.2.1 Propiedades físicoquímicas del compost.....	66
5.2.2 Propiedades microbiológicas del compost. ....	83
5.3 Discusión .....	84
<b>CAPÍTULO VI</b> .....	<b>88</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>88</b>
6.1 Conclusiones.....	88
6.2 Recomendaciones .....	89
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>90</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>101</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1</b> — Operacionalización de variables .....	8
<b>Tabla 2</b> — Insumos para constitución de la cepa de microorganismos eficientes .....	38
<b>Tabla 3</b> — Parámetros de calidad de compost exigidos por la norma chilena Nch 2880 .....	41
<b>Tabla 4</b> — Estadísticos descriptivos de la temperatura del compost obtenido de residuo orgánico según tratamientos. ....	45
<b>Tabla 5</b> — Estadísticos descriptivos de los macronutrientes (NPK) del compost elaborado de residuos orgánicos .....	46
<b>Tabla 6</b> — Estadísticos descriptivos de los micronutrientes porcentual, presentes en el compost elaborado de RO .....	49
<b>Tabla 7</b> — Estadísticos descriptivos de microelementos presentes en ppm en el compost elaborado a partir de RO domésticos.....	52
<b>Tabla 8</b> — Estadísticos descriptivos del pH en el compost elaborado a partir de residuos orgánicos.....	56
<b>Tabla 9</b> — Estadísticos descriptivos de la relación carbono nitrógeno (C/N) en el compost elaborado a partir de RO.....	58
<b>Tabla 10</b> — Estadísticos descriptivos del contenido de materia orgánica en el compost elaborado a partir de residuos orgánicos .....	60
<b>Tabla 11</b> — Estadísticos descriptivos de la conductividad eléctrica del compost elaborado a partir de residuos orgánicos.....	62
<b>Tabla 12</b> — Estadísticos descriptivos del contenido de coliformes totales y fecales en el compost elaborado a partir de residuos orgánicos.....	64
<b>Tabla 13</b> — Análisis de Variancia de la temperatura del compost elaborado de residuos orgánicos domésticos.....	66





<b>Tabla 14</b> — Análisis de variancia para el contenido de macronutrientes en el compost elaborado a partir de RO domésticos. ....	67
<b>Tabla 15</b> — Comparaciones múltiples de promedios de los macronutrientes con el testigo mediante el estadístico de Dunnett .....	69
<b>Tabla 16</b> — Análisis de variancia para el contenido de microelementos porcentual en el compost elaborado a partir de Ro domésticos .....	70
<b>Tabla 17</b> — Análisis de variancia para el contenido de microelementos en ppm en el compost elaborado a partir de Ro domésticos.....	73
<b>Tabla 18</b> — Comparaciones múltiples de promedios de los microelementos en ppm según tratamientos con el testigo mediante el estadístico de Dunnett .....	75
<b>Tabla 19</b> — Análisis de variancia del pH.....	77
<b>Tabla 20</b> — Comparación de promedios múltiples del pH mediante el método de Dunnet ...	78
<b>Tabla 21</b> — Análisis de variancia de la relación C/N .....	78
<b>Tabla 22</b> — Comparación de promedios múltiples de la relación C/N mediante el método de Dunnet .....	79
<b>Tabla 23</b> — Análisis de variancia del contenido de materia orgánica en el compost elaborado a partir de residuos orgánicos. ....	80
<b>Tabla 24</b> — Comparación de promedios múltiple del contenido de materia orgánica en el compost elaborado a partir de residuos orgánicos.....	81
<b>Tabla 25</b> — Análisis de variancia de la conductividad eléctrica del compost elaborado a partir de residuos orgánicos. ....	81
<b>Tabla 26</b> — Comparación de promedios múltiple de la conductividad eléctrica del compost elaborado a partir de residuos orgánicos .....	82
<b>Tabla 27</b> — Análisis de variancia del contenido de coliformes totales y fecales en el compost elaborado a partir de residuos orgánicos. ....	83



**Tabla 28** — Comparación de promedios de las enumeraciones de coliformes totales y fecales entre los tratamientos con el testigo ..... 84

**Tabla 29** — Temperatura a la que mueren algunas bacterias patogénicas ..... 87



## ÍNDICE DE FIGURA

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b> — Perfil histograma del comportamiento de la temperatura del compost.....	44
<b>Figura 2</b> — Diagrama de barras del contenido de N, P y K del compost de RO doméstico..	47
<b>Figura 3</b> — Diagrama de barras del contenido de micronutrientes porcentual en el compost elaborado a partir de RO domésticos.....	51
<b>Figura 4</b> — Diagrama de barras del contenido de micronutrientes en ppm en el compost elaborado a partir de RO domésticos.....	55
<b>Figura 5</b> — Perfil histograma del comportamiento del pH según tratamientos .....	57
<b>Figura 6</b> — Diagrama de barras de la relación C/N en el compost elaborado a partir de RO	59
<b>Figura 7</b> — Diagrama de barras del contenido de materia orgánica en el compost elaborado a partir de RO .....	61
<b>Figura 8</b> — Diagrama de barras de la conductividad eléctrica en el compost elaborado a partir de RO.....	63
<b>Figura 9</b> — Diagrama de barras del contenido de coliformes totales y fecales en el compost elaborado a partir de RO.....	65



## INTRODUCCIÓN

El denominador común de los “problemas ambientales” es la disposición de los “residuos sólidos”; en el Perú hasta comienzos del 2019, sólo contó con 34 “rellenos sanitarios para residuos sólidos domésticos” y 3 “rellenos sanitarios para residuos peligrosos”. Cada día los ciudadanos generan una gran cantidad de residuos en 1874 “distritos a nivel nacional”; a ello se suma las empresas del estado y privadas que por mandato de Ley deben tratar y disponer de sus “residuos” de forma adecuada.

Frente a la situación problemática actualmente se viene realizando la innovación tecnológica para permitir la reutilización de los “residuos” mediante la práctica del reciclaje dando mayor “valor agregado” que favorece al medio ambiente ya que puede bajar el volumen de residuos en los “rellenos sanitarios”.

El “compost” es una de las alternativas adecuadas para resolver los problemas de contaminación de por “residuos orgánicos”, ya que es posible su utilización como abono. El compost visto desde el enfoque de “medio ambiente” aumenta “la vida útil de los rellenos sanitarios”, por tanto, disminuye la producción de “gases de efecto invernadero”. En lo económico, disminuye el costo de abonamiento en los cultivos contribuyendo con la agricultura, reutilizando los residuos y fertilizando los terrenos de cultivo y áreas verdes.

Sin embargo, existe una gran parte de los “residuos orgánicos” que no se utiliza para la elaboración de compost debido a que al ser tratados producen “olores desagradables” que motivan la aparición de microorganismos que son vectores de enfermedades. Las frutas y verduras de los residuos orgánicos son frecuentemente utilizadas para la descomposición en compost debido a su fácil degradación (aprox. 3 meses).

Es así que, la presente investigación forma parte de una alternativa, que se suma a experiencias ya existentes, y en la provincia de Grau es el primer intento que se utiliza microorganismos eficientes para la obtención de compost a partir de residuos orgánicos y encontrar la dosis adecuada permitirá validar su uso y aumentar la producción de compost y mejorar la disposición final de residuos en el relleno sanitario.



## RESUMEN

Se realiza la investigación en la línea Agricultura, Silvicultura y Pecuaria Sostenible de la “Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac” ubicado en el sector Chinchillpay del distrito de Chuquibambilla con coordenadas UTM 8438919 N y 746301 E, 3596 m.s.n.m. con precipitación de 720 mm/anuales, temperatura media máxima de 24.8 °C y media mínima de 4.8 °C con “el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes para mejorar la calidad del compost a partir de residuos orgánicos domésticos”, para ello se realizó, la aplicación de cuatro (4) tratamientos: T1 (5 L.m<sup>-3</sup>), T2 (10 L m<sup>-3</sup>), T3 (20 L.m<sup>-3</sup>) y T4 (testigo) para determinar el efecto sobre las variables: Propiedades físico químicas y propiedades microbiológicas del compost, el diseño de investigación fue de post tes con grupo control en un “diseño experimental completo al azar” con tres repeticiones, luego de 84 días del proceso de obtención de compost se concluye que el tratamiento T3 (20 L.m<sup>-3</sup>) nivel alto de “aplicación de microorganismos eficientes”, tiene mayor efecto en la calidad de compost cumpliendo satisfactoriamente las recomendaciones de la norma chilena Nch – 2880. El contenido de macroelementos NPK fue de 1.9%, 1,06% y 2,54% respectivamente (Sig.<0,05), el contenido de microelementos fue de 7,4467% para CaO, 1,18% para MgO, 1,6133% para Na, 12906 ppm para Fe, 36 ppm para Cu, 199 ppm para Zn, 905 ppm para Mn y 61 ppm para B (Sig.<0,05). El pH fue considerado neutro entre los valores de 7,86 y 7,87, el índice C/N > 22 y MO < 53%. Se registró ausencia de coliformes totales y fecales con valores < 3 NMP.g<sup>-1</sup>, dichas características califican al “compost de calidad A y apto para el uso en la agricultura” para el abonamiento de diferentes cultivos.

**Palabras clave:** Microorganismos eficientes, parámetros físico químico y microbilológico, compost, residuos orgánicos.



## ABSTRACT

The research is carried out in the Sustainable Agriculture, Forestry and Livestock line of the Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac located in the Chinchillpay sector of the Chuquibambilla district with UTM coordinates 8438919 N and 746301 E, 3596 m.a.s.l. with precipitation of 720 mm/year, maximum average temperature of 24.8 °C and minimum average of 4.8 °C with the objective of evaluating the effect of the application of efficient microorganisms to improve the quality of compost from organic domestic waste, for this purpose, four (4) treatments were applied: T1 (5 L.m-3), T2 (10 L.m-3), T3 (20 L.m-3) and T4 (control) to determine the effect on the variables: Physical-chemical properties and microbiological properties of the compost. The research design was of post teas with control group in a complete experimental design at random with three repetitions, after 84 days of the process of obtaining compost, it is concluded that the treatment T3 (20 L. m-3) high level of application of efficient microorganisms, has a greater effect on the quality of compost satisfactorily fulfilling the recommendations of the Chilean norm Nch - 2880. The content of macroelements NPK was 1.9%, 1.06% and 2.54% respectively (Sig.<0.05), the content of microelements was 7.4467% for CaO, 1.18% for MgO, 1.6133% for Na, 12906 ppm for Fe, 36 ppm for Cu, 199 ppm for Zn, 905 ppm for Mn and 61 ppm for B (Sig.<0.05). The pH was considered neutral between the values of 7.86 and 7.87, the index C/N > 22 and MO < 53%. It was registered the absence of total and fecal coliforms with values < 3 NMP.g-1, such characteristics qualify the compost of A quality and suitable for the use in agriculture for the fertilization of different crops.

**Keywords:** Efficient microorganisms, physical-chemical and microbiological parameters, compost, organic residues.



## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Descripción del problema

La globalización que genera una cultura consumista y este, asociado al crecimiento poblacional; en los últimos años, ha incrementado la generación exponencial de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos; Dicha situación está ligada a una cultura del desechar y no reutilizar, y a esto sumado la inapropiada “aplicación de tecnologías para la disposición final de estos residuos, que permitan gestionar razonablemente el impacto que se produce por las mismas que ponen en alto riesgo para el medio ambiente y la salud pública”.

En la provincia de Grau, distrito de Chuquibambilla, como política pública se está implementando la gestión integral de los residuos orgánicos para ello se ha planteado la construcción y equipamiento de un relleno sanitario, para la disposición final de residuos orgánicos segregados y el 31% del total, tienen una limitada operación en el tratamiento para la descomposición y uso como abono orgánico ya que podría generar contaminación en el suelo debido a que se desconoce las propiedades físico químicas y microbiológicas e incorporar a los suelos en éstas condiciones podría ser perjudicial.

A la situación actual se suma el desconocimiento de implementar el uso de bacterias benéficas o activadores biológicos, que ya son propios para este tipo de sistema de tratamiento de residuos orgánicos en un relleno sanitario, ya usados en diferentes países del mundo y algunas regiones de Perú, que aceleran el proceso de descomposición de la materia orgánica, y a la vez origina una reducción en las cantidades de sólido contenido en la misma disposición; que sin esta tecnología se genera la concentración de moscas, formación de malos olores y requiere más espacio para su disposición. Al repoblar el sistema de residuos con bacterias benéficas, ya que estas desplazan la proliferación de bacterias patógenas y aceleran la descomposición de los residuos orgánicos en la producción del compost para la agricultura.

Este tipo de tecnologías incrementan la producción de abonos orgánicos libres de patógenos y contaminantes químicos en el rellenos sanitarios, que sería una alternativa para reemplazar el uso de abonos sintéticos ofrecidos en los mercado, el cual podría generar el deterioro de las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo; a causa de esta situación,



se estaría llegando a una crisis silenciosa que daría origen a la destrucción de la base productivas del sector rural, donde aún se carece de conocimientos de nuevas alternativas sobre la obtención de compost rica en nutrientes en un corto periodo, mediante la incorporación de EM (Microorganismos Eficaces) que aceleran la descomposición de la materia orgánica.

## 1.2 Enunciado del problema

### 1.2.1 Problema general

¿Cuál es el efecto de los niveles de aplicación de microorganismos eficientes en la calidad del compost a partir de residuos orgánicos domésticos?

### 1.2.2 Problema específico:

- ¿Cuál es el efecto de los niveles de aplicación de microorganismos eficientes en las propiedades fisicoquímicas del compost a partir de residuos orgánicos domésticos?
- ¿Cuál es el efecto de los niveles de aplicación de los microorganismos eficientes en las propiedades microbiológicas (coliformes totales y fecales) del compost a partir de residuos orgánicos domésticos?

## 1.3 Justificación

El propósito de este trabajo de investigación consiste en evaluar el efecto de los microorganismos eficientes en el compostaje de los residuos orgánicos para la obtención de compost. La adopción de esta estrategia es para el adecuado manejo de los residuos orgánicos, para acelerar la descomposición y disminuir el tiempo de obtención del compost con alta concentración de nutrientes asimilables para un cultivo.

La composición física de los residuos sólidos urbanos en el Distrito de Chuquibambilla, está constituida en más del 30% por residuos orgánicos; por ello su utilización como compost en las actividades agrícolas permitirá mejorar los suelos, contribuir al incremento de los rendimientos de los cultivos y por tanto disminuir la contaminación ambiental debido a la disminución de agroquímicos para fertilizar los suelos. Con la tecnología propuesta se elaborará compost a partir de los residuos orgánicos sólidos y se dará a conocer las





propiedades fisicoquímicas de los compost, información que será muy importante para una gestión ambiental sostenible y para el aprovechamiento en la agricultura.

La investigación a realizarse, además se relaciona con las “técnicas adecuadas para la transformación de los residuos orgánicos en compost que se convertirá en un elemento necesaria para crear espacios que establezcan la viabilidad técnica, económica y ambiental asociada a la agroecología”. También es necesario considerar que esta nueva tecnología contempla la utilización de microorganismos eficientes, biotecnología que tiene como fin la disposición de los “residuos orgánicos” y la obtención del compost tratado.

Por estas razones, en la investigación se utilizará los residuos orgánicos del relleno sanitario y como inoculante el producto EM-Compost, cuyo contenido posee microorganismos benéficos llamados también microorganismos eficientes (EM), las cuales inician y aceleran la “descomposición de los residuos orgánicos” en un corto periodo, cuyo producto es una opción de fertilización posible para lograr niveles de “inocuidad, productividad y sin contaminar el medio ambiente”.

En cuanto al tratamiento se efectuará mediante lotes o montones, se puede señalar que es una técnica habitual para la producción continuada de compost con alto poder fertilizante, poco olor, baja presencia de “moscas”, por otro lado, la ventaja de esta tecnología, es la muerte de gérmenes patógenos; además facilita el manejo de los residuos orgánicos, debido a la reducción de su volumen, peso y el tiempo de obtención del producto. Con esta alternativa el productor agropecuario tendrá acceso al abono orgánico obtenido, la misma mitigará el uso de los agroquímicos garantizado así la base productiva rural de manera sostenible.



## CAPÍTULO II

### OBJETIVOS E HIPÓTESIS

#### 2.1 Objetivos de la investigación

##### 2.1.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes para mejorar la calidad del compost a partir de residuos orgánicos domésticos.

##### 2.1.1 Objetivos específicos

- Determinar el nivel de aplicación de microorganismos eficientes que tiene mayor efecto en las propiedades fisicoquímicas del compost a partir de residuos orgánicos domésticos.
- Determinar el nivel de aplicación de microorganismos eficientes que tiene mayor efecto en las propiedades microbiológicas (coliformes totales y fecales) del compost a partir de residuos orgánicos domésticos.

#### 2.2 Hipótesis de la investigación

##### 2.2.1 Hipótesis general

Existen diferencias significativas en el efecto de los niveles de aplicación de microorganismos eficientes en la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos domésticos.

##### 2.2.2 Hipótesis específicos

- Existe al menos un nivel de aplicación de microorganismos eficientes que tiene mayor efecto en las propiedades fisicoquímicas del compost a partir de residuos orgánicos domésticos.
- Existen al menos un nivel de aplicación de microorganismos eficientes que tiene mayor efecto en las propiedades microbiológicas (coliformes totales y fecales) del compost a partir de residuos orgánicos domésticos.

### 2.3 Operacionalización de variables

**Variable Independiente:** Niveles de aplicación de los microorganismos eficientes

Se utilizó microorganismos eficientes con tres niveles de aplicación por metro cuadrado de residuos orgánicos.

**Variables Dependientes:** Calidad del compost

La calidad del compost se determinó mediante sus componentes: Parámetros fisicoquímico del compost y parámetros microbiológicos del compost obtenido.

**Tabla 1 — Operacionalización de variables**

Variables	Indicadores	Índices
<b>Variable independiente:</b>		
<b>Microrganismos eficientes EM</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Niveles de aplicación de EM (L de EM activado/ 1 mochila de 20 L) por m<sup>3</sup> de residuo orgánico (RO)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>5 L EM/m<sup>3</sup> RO. (Bajo).</li> <li>10 L EM/m<sup>3</sup> RO. (Medio).</li> <li>20 L EM/m<sup>3</sup> RO. (Alto).</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Testigo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>0 L EM / m<sup>3</sup> RO</li> </ul>
<b>Variable dependiente:</b>		
<b>Parámetros fisicoquímicos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Temperatura</li> <li>Macronutrientes (NPK)</li> <li>Micronutrientes:</li> <li>(Ca, Mg, Bo, Fe, Na, Cu, Zc y Mn)</li> <li>pH</li> <li>Relación C/N</li> <li>Porcentaje M.O</li> <li>Conductividad eléctrica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>°C</li> <li>%</li> <li>%</li> <li>%</li> <li>Acido – Básico</li> <li>C/N</li> <li>%</li> <li>dS/m</li> </ul>
	<b>Parámetros Microbiológicos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Coliformes totales y fecales</li> </ul>



## CAPÍTULO III

### MARCO REFERENCIAL

#### 3.1 Antecedentes

Cajahuanca-Figueroa (2016), investigó la “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”, de la “región Huánuco” a 520 Km de Lima, a una altitud de 1,196 msnm, el objetivo fue “optimizar el manejo de residuos orgánicos mediante la aplicación de microorganismos eficientes, evaluar el proceso que se lleva a cabo, comparando sus ventajas o desventajas; con respecto al actual sistema que se ejecuta en el centro de gestión de residuos, monitorear el proceso de degradación de los residuos orgánicos, considerando parámetros como la temperatura, pH y humedad relativa y Analizar las características del producto final, determinando las propiedades físico - químicas para su uso como abono en las actividades de revegetación” (p. 15). El diseño experimental fue DCA con “4 tratamientos y 3 repeticiones: T1: testigo, T2: 5 L.m<sup>-3</sup>, T3:10 L.m<sup>-3</sup> y T4: 20 L.m<sup>-3</sup>”. Concluye que el T4, fue el más eficaz, consiguiendo descomponer la mayor cuantía de residuos orgánicos en 32 días; “esto se debe a la dosis de EM utilizada y su distribución en las 4 capas”. Los resultados obtenidos mediante los tratamientos T2 y T3 muestran resultados homogéneos siendo adecuados para la descomposición de residuos orgánicos. “El tratamiento T4 tiene mayor efectividad descomponiendo el 84% de MO”.

Naranjo-Pacha (2013), investigó la “Aplicación de microorganismos para acelerar la transformación de desechos orgánicos en compost” en “Cantón Ambato, provincia Tungurahua – Ecuador”, a una altitud de 3 353 msnm, con el objetivo de “evaluar el efecto de los microorganismos capturados en la zona de estudio (P1) y del Compost Treet (P2) aplicados en tres dosis (10 D1, 20 D2 y 30 D3 cc/10 L de agua, respectivamente)”. Se utilizó el “diseño experimental” DBCA con arreglo factorial 2 x 3 + 1 testigo, con tres repeticiones. Se realizó el análisis de varianza (ANOVA), comparación de promedios por el método de “Tukey” al 5%, para diferenciar entre tratamientos y la interacción de factores; los mejores resultados se obtuvieron con el tratamiento Compost Treet (P2) acelerando la transformación de desechos orgánicos en compost de mejor calidad a los 90,67 días, “mayor número de colonias (espirilos, cocos, bacilos). (8,44/g de compost), con mejor contenido nutricional, al reportar mayor contenido de fósforo (339,66 ppm) y buen



contenido de nitrógeno, potasio y materia orgánica, por lo que es el producto apropiado para acelerar la descomposición de los materiales orgánicos, obteniéndose el compost en menor tiempo, con mejor contenido nutricional. La aplicación de los microorganismos en la dosis de 30 cc/10 l de agua (D3), causó el mejor efecto en el proceso de descomposición, acelerando el tiempo a la cosecha del compost y obteniéndose mejor calidad en su contenido nutricional”.

Yáñez-Yáñez (2014), realizó la investigación “Aprovechamiento de los EM (Microorganismos Eficientes) para Mejorar la Calidad del Abono Orgánico Tipo Compost” en el “Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica (CIPCA) de la Universidad Estatal Amazónica, ubicado en la Provincia de Napo – Ambato – Ecuador”. La investigación tuvo como propósito elaborar compost con “EM (Microorganismos Eficientes)” y luego de su aplicación conocer el grado de eficiencia en la brotación de la semilla de “Frutepan (*Artocarpus altilis*), Cacao (*Teobroma cacao*) y Naranja Whashington (*citrus cinensis*)”. Se realizó el ensayo en un DBCA con 3 repeticiones. Se aislaron EMs “in situ”, después de reproducir el SE ME observó que “la mayor carga microbiológica correspondía a las bacterias fototrópicas”, estos EMs y las “bacterias acidolácticas” fueron aisladas de manera artesanal y se descubrió que aceleran “el proceso de compostaje y eliminan microorganismos patógenos por efecto de altas temperaturas”. En el ensayo con las semillas se ha determinado que la aplicación del compost permite disminuir los días a germinación a los 33 días en frutepan y naranja y 13 días en cacao, de la misma manera se incrementó “el número de plantas emergidas, a 90% en el caso de frutepan y naranja, y 91.67% en el cacao”, también se ha reducido el periodo para el trasplante a 116.26 días promedio para la naranja, 87.47 días promedio para el cacao y 117.86 días promedio para frutepan.

## 3.2 Marco teórico

### 3.2.1 Microorganismos Eficientes (EM)

La Tecnología de los Microorganismos Eficientes, conocidos por sus abreviaturas en ingles EM (Effective Microorganisms), cuyos conocimientos fue mejorada por Dr. “Teruo Higa, catedrático de horticultura de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón”. A inicios del año 70, el “Profesor Higa” inició la búsqueda de una opción que sustituiría los “fertilizantes y plaguicidas sintéticos”, actualmente esta tecnología



se utiliza en los “procesos de compostaje, tratamiento de aguas residuales, ganadería y para el uso en la limpieza del hogar” (Chauvet, 1996).

Castellanos y Chauvet (1996) mencionan que los “microorganismos eficientes (EM)” trabajan en asociación, ya la combinación entre ellos induce a un efecto mayor que por separados. Los EM están integrado por “bacterias fotosintéticas o fototrópicas (*Rhodopseudomonas spp*), bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus spp*), levaduras (*Saccharomyces spp*), Actinomicetos”, entre otros.

Según Sekeran, Balaji y Bhagavathipushpa (2005), el uso de EM en la agricultura tiene buenas consecuencias para las plantas su tecnología fue aplicada desde 1989 con efectos significativos por ejemplo:

- “Promueve la germinación, crecimiento, florecimiento, fructificación y maduración de las plantas cultivadas.
- Realza la capacidad fotosintética de las plantas.
- Incrementa la eficiencia de la materia orgánica como fertilizante.
- Desarrolla resistencia de las plantas a plagas y enfermedades.
- Mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.
- Suprime patógenos y plagas del suelo.
- Se evita el uso de fertilizantes químicos para la nutrición de plantas.
- Una vez incorporado al suelo, los EM descomponen la materia orgánica rápidamente, facilitando la liberación de mayores cantidades de nutrientes a las plantas”.

Por las ventajas aludidas, el EM conduce a un aumento en el “rendimiento” de la producción de cultivos orgánicos a su vez que muestra beneficios económicos. El requerimiento del uso de EM reduce con el paso del tiempo, debido a que los “microorganismos” se reproducen por sí solos; “la microflora del suelo se vuelve abundante, desarrollando un sistema microbiano balanceado”. Cuando clima del entorno es adecuado favorece la propagación de los microorganismos, las incorporaciones de EM solo serán esporádicos para conservar las poblaciones en un número adecuado. (Higa y Parr, 2013)

Los restos de cosecha proveniente de cultivos, arvenses y arbustos cercanos al campo de cultivo incorporan materia orgánica adecuada “para mantener un suelo fértil”,



además en aquellos suelos donde se incorporó EM “forma una simbiosis con las raíces de las plantas, donde éstas, secretan sustancias como carbohidratos, aminoácidos, ácidos orgánicos y enzimas activas, mientras los microbios de EM usan estos compuestos para su crecimiento, produciendo también, aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas y hormonas para las plantas”. (Higa y Parr, 2013)

### 3.2.1.1 Composición Microbiológica del EM

Los grupos primordiales de la población microbiana de EM son de 3: “Bacterias ácido lácticas (comúnmente encontradas en yogurt y queso), las levaduras (se encuentran en el pan y la cerveza) y las bacterias fototrópicas (proporcionan oxígeno)”; estos EM producen “sustancias benéficas como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales y antioxidantes” y al ingresar a la materia orgánica conduce a un efecto sinérgico aumentado (Stoyancheva et al., 2014).

Entre los principales especímenes de microorganismos presentes en el EM tenemos:

#### a) Bacterias fotosintéticas (*Rhodopseudomona spp*)

Son grupos de bacteria que simplifican sustancias útiles como “aminoácidos, ácidos nucleicos, compuestos bioactivos y azúcares”, de las transpiraciones de las raíces y la materia orgánica, originando un aumento en el crecimiento de las plantas. Llamada también como el “eje central de la actividad del EM”, ya que sostiene a diferentes microorganismos. Por ejemplo, las micorrizas del rizoma se incrementan por la presencia de aminoácidos que destilan las “bacterias fotosintéticas”. Los especímenes como las micorrizas, optimizan la disolución de fosfatos, suministrando así el fósforo a las plantas; como también conviven con el “*Azotobacter* y *Rhizobium*”, que fijan nitrógeno atmosférico (Higa y Parr, 2013).

Algunas especies como las “*Rhodopseudomona plastrus* y *Rhodobacter spaeroides*”, establecen “nitrógeno atmosférico y bióxido de carbono en moléculas orgánicas”, como “aminoácidos” y “carbohidratos”; asimismo

degradan elementos bioactivos, las que ponen a disponibilidad a las plantas para que éstas aumenten sus procesos complejos para generar nutrientes, “carbohidratos”, “aminoácidos” y no necesita de la luz solar (Higa y Parr, 2014)

Las “bacterias fotosintéticas son microorganismos autosuficientes” y autónomos que a partir de las materias orgánicas y gases dañinas como el sulfuro de hidrógeno, degradan las sustancias benéficas como aminoácidos, “ácidos nucleicos”, “sustancias bioactivas” y “ácidos nucleicos” son utilizados en las plantas para su crecimiento y desarrollo. (Higa y Parr, 2014)

#### **b) Bacterias acidolácticas (*Lactobacillus spp*)**

Obtienen “ácido láctico” de los azúcares y carbohidratos a partir de los microbios “fotosintéticas y levaduras”. El ácido láctico, es un compuesto que interviene en los microorganismos perjudiciales mejorando la desintegración de la materia orgánica. Los “*Lactobacillus*” originan la fermentación y fraccionamiento de “lignina y celulosa”, acelerando la desintegración de los materiales orgánicos. Igualmente, poseen la habilidad de desplazar microorganismos promotores de enfermedades, como “hongos del género *Fusarium*”, que atenúan las defensas de las plantas, así no se exponen al ataque de otras enfermedades y plagas (Dellaglio et al., 2005).

Algunas especies como el *Lactobacillus plantarum*, *L. casei* y *Streptococcus lactics*; originan ácidos de los carbohidratos y azúcares resultantes de “bacterias fotosintéticas y las levaduras”. Por esta razón algunas comidas y bebidas, como el yogurt o el queso se producen manipulando estas bacterias. El ácido láctico tiene propiedades de esterilizar por tanto es utilizado para disminuir microorganismos dañinos como el *Fusarium sp*. A su vez que activa la desintegración de las materias orgánicas, porque proporcionan la fermentación de la celulosa y la lignina (Chauvet, 1996).





**c) Levaduras (*Saccharomyces spp*)**

Producen compuestos que ayudan al crecimiento de las plantas, sintetizan “sustancias antimicrobiales”, iniciando de los aminoácidos y azúcares los cuales son producidos por las bacterias fotosintéticas, como también de los restos vegetales. Los componentes elaborados por las levaduras tales como: “vitaminas, hormonas y enzimas” originan la segmentación activa de células, a su vez que son elementos útiles para las “bacterias acidolácticas y actinomicetos” (Dellaglio et al. 2005).

Las levaduras “*Saccharomyces cerevisiae* y *Candida utilis*, biodegradan proteínas complejas y carbohidratos”, Las levaduras esquematizan y esgrimen sustancias antimicrobianas que actúa en el desarrollo de las plantas, esto a base de los “aminoácidos y azucres producidos por las bacterias fotosintéticas, así como la materia orgánica y las raíces de las plantas”. Las hormonas y enzimas elaboradas por las levaduras aumentan la acción celular y el aumento en el número de raíces, sus mucosidades son sustancias útiles para los microorganismos efectivos, por ejemplo para las “bacterias ácido lácticas” y los actinomicetos (Chauvet, 1996).

**d) Actinomicetos (*Streptomyces ssp*)**

Algunas bacterias de esta especie como “*Streptomyces albus* y *Streptomyces griseus*”, actúan contrarias a algunas bacterias y hongos patógenos de las plantas porque producen antibióticos como biocidas que favorecen el control de enfermedades de las plantas, por tanto, ayudan en el crecimiento y actividad del “azotobacter y de las micorrizas” (Dellaglio et al., 2005).

Los actinomicetos forman un grande grupo de “bacterias Gram-positivas” que prosperan prácticamente por alineación de filamentos por eso, tienen un “filamento intermedio” entre las “bacterias y hongos” que producen elementos “antimicrobianas a partir de los aminoácidos y azucres procedentes de las bacterias fotosintéticas y por la materia orgánica”, estos elementos controlan hongos dañinos y bacterias patógenas (Higa y Parr, 2013).



### e) Hongos de fermentación (*Aspergillus ssp.* y *Penicillium ssp.*)

Las especies como *Aspergillus oryzae*, *Mucor hiemalis* y *Penicillium sp*, son hongos de fermentación, operan alterando ligeramente la “materia orgánica para producir alcohol, esteroides y sustancias antimicrobianas” que evita la presencia de insectos dañinos (Dellaglio et al., 2005).

#### 3.2.1.2 Importancia de los Microorganismos Eficaces

En el medio ambiente, encontramos microorganismos “en el aire, en el suelo, en nuestros intestinos, en los alimentos que consumimos, en el agua que bebemos”, sin embargo en la actualidad el uso excesivo de agroquímicos han causado la resistencia de microorganismos degradadores las que causan “enfermedades en las plantas y animales”, que producen olores y gases dañinos cuando descomponen los residuos orgánicos (Chauvet, 1996).

El uso de los EM, en la forma de “inoculante microbiano”, restituye el equilibrio microbiológico en el suelo, corrigiendo sus propiedades fisicoquímicas y aumentando la retención de agua y por tanto incrementar la producción agrícola; además mantiene de manera adecuada los recursos naturales para una agricultura sostenible (Tanya Morocho y Leiva-Mora, 2019).

#### a) Efecto de los EM en las plantas

Según Higa y Parr (2014) tiene los siguientes efectos:

- “Aumento de la celeridad y porcentaje de germinación de las semillas, por su efecto hormonal, equivalente al ácido giberélico.
- Aumento y vigor de crecimiento del tallo y raíces, desde la germinación hasta la emergencia de las plántulas, por su efecto como rizo bacterial promotor del crecimiento vegetal.
- Aumento de las posibilidades de conservación de las plántulas.
- Genera un componente de supresión de insectos y enfermedades en las plantas, ya que provocan la firmeza sistémica de los cultivos a enfermedades.

- Se alimentan de los exudados de las raíces, hojas, flores y frutos, impidiendo la propagación de organismos perjudiciales y desarrollo de enfermedades.
- Incrementa el crecimiento, calidad y productividad de los cultivos.
- Estimulan la floración, fructificación y maduración por sus efectos hormonales en las zonas meristematicas.
- Aumenta la capacidad fotosintética mediante un mayor desarrollo foliar”.

#### **b) Efecto de los EM en los suelos**

Los microorganismos en el suelo tienen efecto en el aumento de las propiedades “físicas, biológicas y supresión de enfermedades”. También favorece el mejoramiento de la estructura del suelo incorpora partículas que disminuye la compactación del suelo, desarrolla la porosidad que mejora la circulación de aire y agua mejorando la infiltración del agua (Higa y Parr, 2014).

Los EM controlan a los microorganismos patógenos, incrementa la biodiversidad microbiana del suelo y por tanto el desarrollo de microorganismos nativos (Higa y Parr, 2014).

#### **3.2.2 Definiciones de compost**

El Compost, viene a ser un “abono orgánico” producido a partir de excreta de animales y restos vegetales que combinados apropiadamente y dispuestos en pilas o montones son degradados con intervención de microorganismos, temperatura, buena aireación y humedad controlada (Albanesi, 2013).

El compost es el “resultado de la combinación de desechos orgánicos ricos en nutrientes para el suelo y las plantas”, el compost cuando se aplica al suelo, mejora las propiedades físico químicas y microbiológicas, su utilización para la producción de los cultivos no dañan el medio ambiente (Miyashiro, 2014).

El compost dispone nutrientes que pueden ser “directamente asimilables por la planta” mejora la propiedades físico químicas del suelo, aportan “humus y materia



orgánica mineralizada” para la nutrición de las plantas (Ocampo-Pomareda, Robles-Ganoza y Wu-Yi, 2002).

### 3.2.2.1 Definición de compostaje

El compostaje es un proceso por el cual varios “sustratos orgánicos” se desintegran hasta estabilizarse, producto de la intervención de microorganismos que en condiciones de temperatura, humedad controlada se adquiere un producto final llamado compost “libre de patógenos y semillas de malezas y se puede aplicar de manera eficiente al suelo para mejorar sus propiedades” (Haug, 2017).

Baltodano Robles (2002) menciona que el compostaje es conceptualizado como un método de “tratamiento/estabilización” de restos vegetales con intervención de “actividad microbiológica compleja”, se realiza en situaciones investigadas con “presencia asegurada de oxígeno aerobiosis y con alguna fase de alta temperatura” el producto final es el compost, cuyo abono orgánico incorporado al suelo mejora las propiedades físicas químicas del suelo.

#### a) Etapas del proceso de compostaje

Las etapas del proceso de compostajes son: “Etapa mesofílica, termofílica, estabilización y maduración”.

##### i. Etapa mesofílica

En esta etapa se desintegran la materia orgánica más delicados como “azúcares, proteínas, almidones y hemicelulosas”, aumentando la temperatura hasta que los microorganismos cesan su actividad, “las células vegetativas mueren y se fragmentan, sólo sobreviven las esporas resistentes al calor” (Kutzner, 2002).

Como resultado de la “actividad metabólica” incrementa la temperatura provocando que los ácidos orgánicos disminuyan el pH, se acentúan las “fermentaciones facultativas de la microflora mesófila, en conjunto con las oxidaciones aeróbicas (respiración aeróbica). Mientras tanto se



mantiene las condiciones de aerobiosis donde entran en acción los Euactinomicetos (aerobios estrictos), por su capacidad de producir antibióticos”. “También se da inicio a la nitrificación y oxidación de compuestos pequeños de azufre, fósforo, etc. La colaboración de hongos da inicio a esta etapa y al final del proceso, en áreas muy definidas de las pilas de compostaje. La etapa mesotérmica es especialmente sensible a la relación humedad-aireación. El dinamismo metabólico aumenta paulatinamente la temperatura hasta los 40°C relativamente. La falta de disipación del calor origina un incremento aún mayor y beneficia el desarrollo de la microflora termófila que se halla en estado latente en los residuos. La duración de esta etapa es variable, depende también de numerosos factores” (Sztern y Pravia, 2013).

## ii. Etapa termofílica

Los “microorganismos termófilos inician la descomposición de la materia orgánica a partir de 40 °C dicha descomposición provoca un calor entre 60 a 70 °C (Vásquez de Díaz, Prada P. y Mondragon A., 2010).

“Al inicio de esta etapa la microflora mesófila es reemplazada por la termófila debido a la acción de Bacilos y Actinomicetos termófilos. En esta etapa se descomponen las ceras, proteínas y hemicelulosas y se descartan todos los mesófilos patógenos, hongos, esporas, semillas y elementos biológicos indeseables. Si la compactación y ventilación son adecuadas, se originan visibles vapores de agua. El CO<sub>2</sub> se produce en volúmenes significativos que propagan desde el núcleo a la corteza. Este gas, juega un rol esencial en el control de larvas de insectos. La corteza y más en aquellos materiales ricos en proteínas, es una zona donde causa la puesta de insectos. La concentración de CO<sub>2</sub> alcanzada resulta letal para las larvas. Acorde al ambiente se hace completamente anaerobio, los grupos termófilos intervinientes, entran en fase de muerte. Como esta etapa es de gran interés para la higienización del



material, es conveniente su prolongación hasta el agotamiento de nutrientes” (Sztern y Pravia, 2013).

### **iii. Etapa de estabilización**

Se muestra un declive de temperatura, una disminución de los nutrientes y dispersión de los “microorganismos termófilos”, inducido por la reducción de la velocidad de degradación y transformación (Sztern y Pravia, 2013).

Al asentar la temperatura por debajo de 40 °C nuevamente se desarrollan “microorganismos mesófilos” que se alimentarán de los materiales que no se degradaron completamente tales como “la celulosa y lignina” que induce a la reducción del pH en las pilas (Portocarrero Tantavilca, Palacios Vallejo y Jaulis Cancho, 2019).

### **iv. Etapa de maduración**

En esta etapa se produce una actividad microbiana menor de forma pausada, la población de hongos crece y se reduce la población de bacterias. “Los hongos realizan una actividad de polimerización”. Se origina un equilibrio de las propiedades químicas (intercambio catiónico, pH, materia orgánica, sólidos volátiles), prevaleciendo los fenómenos químicos que favorecen a desarrollar un máximo grado de humificación (empobrecimiento en ácidos fúlvicos) (Moral, 2012). El nivel de oxígeno consumido decrece al punto en que el compost puede acumular sin volteos (Foley y Cooperband, 2002). Cuando la temperatura del centro de la pila es próxima a la temperatura ambiental y la concentración de oxígeno es cercana al 10 – 15% por varios días, el compost es considerado estable o finalizado (Cooperband, 2002). Las sustancias húmicas son parámetros a tener en cuenta para describir la calidad del compost. “La presencia de ciertos tipos de lignina y aditivos minerales (componentes carbonatados) puede mejorar la calidad del compost” (Stoichkova, 2008).



## **b) Sustancias húmicas**

Las sustancias húmicas son posiblemente la materia prima de tipo orgánico comúnmente encontrados en la naturaleza, constituye el 50% de la “materia orgánica total del suelo” (Tonelli et al., 1997). Las sustancias húmicas son polímeros por condensación, son compuestos aromáticos de carácter fenólico naturales de la descomposición de la materia orgánica y compuestos “nitrogenados, tanto cíclicos como alifáticos sintetizados por ciertos microorganismos presentes en la biomasa”. Lucen de un color amarillo y negro. “Estas sustancias amorfas y con propiedades coloidales e hidrofílicas son muy notorias, están compuestas especialmente” por C, H, O y N (Miyashiro, 2014).

### **3.2.2.2 Técnicas de compostaje**

Existen diferentes técnicas para el compostaje, las que se adecuan a diferentes necesidades en función de la cantidad y tipo de material a procesar, también depende la calidad del compost que se pretende obtener (Ramos-Lopez, 2019).

Los diferentes métodos están compuestos por los mecanismos de aireación las especiales se clasifican en: aireación forzada, aireación pasiva y aireación por volteos del material. Compostaje en pilas estáticas: se forman pilas de mínima altura, en cuya pila no se realiza el volteo respectivo, ventilándose naturalmente por un proceso de convección térmica natural (Ramos-Lopez, 2019).

### **3.2.2.3 Factores que condicionan el proceso de compostaje**

El crecimiento microbiano tiene relación directa con los factores de compostaje tales como: “temperatura, contenido de humedad, pH, aireación” y parámetros relacionados con la naturaleza del sustrato tales como: “relación C/N, tamaño de partícula, contenido de nutrientes, porosidad del material que determinan la eficiencia y la velocidad del proceso de descomposición de la materia orgánica (Ramos-Lopez, 2019).



### **a) Temperatura**

Tiene importancia en el proceso de compostaje de la materia orgánica, su medición es de manera instantánea y permite realizar el monitoreo de la actividad y diversidad de microorganismos a su vez que, las temperaturas por encima de 60 °C permite la inactivación de semillas y patógenos perjudiciales (Belizario-Quispe, 2012).

### **b) Humedad**

La humedad y la aireación se encuentran relacionadas su valor ideal para la producción del compost está en el intervalo de 40% - 60%, por debajo de dicho rango “inhibe la actividad metabólica de los microorganismos” que por encima de dicho rango el “agua desplaza el aire de los poros” originando espacios con anaerobiosis, restringiendo el intercambio de oxígeno que acrecienta la inestabilidad de la pila (Belizario-Quispe, 2012).

### **c) pH**

El pH en el proceso de compostaje varia en un amplio rango dependiendo de los componentes de la materia orgánica, sin embargo se considera como optimo entre 5 y 8 (Ramos y Terry, 2014).

### **d) Aireación**

Para mantener adecuadas condiciones aerobias el contenido de oxígeno debe estar entre el 10-15%, para conservar las condiciones aeróbicas, regular la temperatura y realizar una eficiente remoción de calor y CO<sub>2</sub> desde la pila de compostaje. La mayor dificultad con la aireación es la distribución no homogénea de oxígeno en la pila (Ramos y Terry, 2014).

### **e) Relación Carbono/Nitrógeno**

La velocidad de descomposición de la materia orgánica se influenciada por la presencia de carbono y nitrógeno en el sustrato. Los microorganismos utilizan el Carbono como fuente de energía y el Nitrógeno es utilizado para síntesis proteica. “La relación C/N puede





variar entre un sustrato y otro, pero se ha establecido que una relación 25:1 a 30:1 es apropiada para un buen del proceso de compostaje”. Bajo estas determinaciones puede resultar pérdidas de nitrógeno por volatilización de amoniaco, a relación de composiciones superiores el nitrógeno resulta ser un nutriente limitante, ocasionando un retardo en el proceso de compostaje (Ramos y Terry, 2014).

La relación C/N disminuye durante el proceso de compostaje independiente de la técnica de compostaje que se utilice. “Una relación final C/N de 15 se estima estable para un compost”, sin embargo, es posible que se establezca antes de terminar el proceso de compostación, por otro lado, no es apropiado realizar generalizaciones ya que la relación C/N final es influenciada por la constitución de los materiales iniciales y la presencia de microorganismos (Peña et al., 2002).

#### **f) Altura de la pila**

De acuerdo con Aguilar-Cava y Bravo-Cubas (2015) el volumen ideal de una pila de compost tiene relación directa con la “porosidad y el contenido de humedad de los subproductos a compostar, del método de compostaje y de los equipos específicos que se tengan disponibles”, teniendo en consideración una compostera húmeda y con materiales espesos puede ser apilada tan alto como una pila hecha con materiales secos y ligeros, sin el peligro de ocasionar condiciones anaeróbicas al interior de las pilas.

Las pilas pequeñas son capaces conservar “saturaciones internas de oxígeno” más altas que las pilas grandes, sin embargo “las pilas grandes” retienen mejor las altas temperaturas que las pilas pequeñas. (Aguilar-Cava y Bravo-Cubas, 2015).

Labrador-Moreno (1996) manifiesta que la altura de una pila es importante para mantener los microorganismos con la cantidad de oxígeno recomendados para evitar la compactación por tanto es recomendable apilar los materiales logrando un equilibrio tanto de oxígeno y humedad.



Röben (2002) menciona que la dimensión de la pila influye en su rendimiento así las pilas más altas tienen relación directa con las altas temperaturas por tanto “las pilas deben ser lo suficientemente grandes para permitir que el calor generado por los procesos metabólicos exceda a calor perdido a través de las superficies expuestas”.

Bohórquez-Páez (2013) asegura que “el tamaño, altura y longitud de la pila es variable y depende de diversos factores como recursos y equipo disponible, tipo de materiales, clima, instalaciones, mano de obra disponible, etc. Generalmente, la altura de las pilas puede ir desde 1.8 hasta 3.0 m, su ancho puede ir desde 4.5 hasta 6.0 m y su longitud puede ser tan larga como el constructor lo determine al momento del montaje”.

Asimismo Röben (2002) recomienda que las pilas no deben ser superiores a 1.50 m ya que se corre el riesgo de impedir la aireación natural y generar condiciones anaeróbicas pero para casos de los sistemas de compostaje con aireación artificial, el límite puede ir desde 2.5 hasta 3 m.

#### **g) Volumen de la pila**

Según Tapia (2010) el volumen de la pilas establece el aforo para el proceso de compostaje y el volumen de las pilas se relaciona directamente con la tasa de descomposición.

Al elegir el volumen de las pilas a compostar se debe considerar los factores ambientales en la selección de la altura de las pilas (Tapia 2010).

Para Foley y Cooperband (2002) la cantidad de material a compostar es un factor importante cuando se toma la decisión de instalar las pilas. Según estos autores, “pilas con dimensiones mayores a 1.5 m de ancho por 1.5 m de alto en cualquier longitud, pueden facilitar la generación condiciones anaeróbicas”, es por ello que se requieren de aireación frecuentemente o el uso de un mecanismo de ventilación forzada. Una “pila de compost con unas dimensiones de 1 m de ancho, por 1 m alto y con 1 m de largo aproximadamente ( $1 \text{ m}^3$ ), sería lo suficientemente



pequeña para admitir la circulación fácil de aire a través de la pila” pero se corre el riesgo de retener el calor y la humedad por el tiempo de compostaje.

Con la finalidad de reducir el espacio es posible mezclar dos pilas en una debido a que en el proceso de biodegradación se reduce el volumen, para ello es importante que las pilas deben ser de la misma fecha de recolección o grado de maduración, para no combinar compost maduro con compost sin terminar. (Röben, 2002).

#### **h) Tiempo de maduración**

El tiempo de maduración depende del proceso de compostaje y tiene relación directa con la manipulación mecánica que se realiza al compost (Jaramillo-Henao y Zapata-Márquez, 2008).

Según los insumos, las características de la pila y condiciones ambientales, puede tardar varios meses o más de un año el proceso de compostaje. Generalmente el compost se obtiene entre 3 a 6 meses cuando se realizan movimientos continuos del material a compostar y a su vez que la humedad debe mantenerse adecuada. Existen experiencias que con volteos diarios y uso de materia orgánica de fácil descomposición, el tiempo para la obtención del compost se reduce a <1 mes y en casos que no interviene la mano del hombre normalmente se requiere más de un año para que el compost esté con las características para ser usado (Jaramillo-Henao y Zapata-Márquez, 2008).

De acuerdo con Dimas et al. (2001) para la aplicación del producto final es necesario que el proceso de elaboración del compost haya pasado por un mínimo de 42 días calendario y un periodo de curado mínimo 30 días calendario en el tiempo señalado se puede garantizar su inocuidad para ser utilizado como enmienda en los suelos. Es importante precisar el concepto de curado como el tiempo de maduración lenta del compost después de haber concluido la fase activa del proceso.



### **i) Tamaño de la partícula**

La estructura de los materiales y el tamaño de las partículas determinan el proceso de compostaje así, las partículas más pequeñas producen la compactación y por tanto reducen la porosidad en la pila creando mayor superficie de contacto el cual acelera el proceso de compostaje pero si dichas partículas son muy friables pueden ayudar a la compactación de la pila (Velarde-Muñoz, 2001).

Según Pereira et al. (2011) la norma de descomposición orgánica está “directamente relacionada con la cantidad de área superficial accesible al ataque de los microorganismos”. “Esto es debido a que la mayoría de la actividad microbial se presenta en la superficie de las partículas orgánicas, de esta forma, exponiendo un área superficial adicional se incrementa la cantidad de comida accesible a los microorganismos y la tasa de descomposición se aumenta”.

Existen opiniones divididas entre los autores respecto al tamaño de las partículas del sustrato a compostar. Según Ramos y Terry (2014) “el tamaño ideal de la partícula de los materiales a compostar debe estar entre 1 y 5 cm de diámetro”. Cuanto más pequeño el material mayor facilidad para la acción del material biológico, por tanto, mayor velocidad de degradación. Cuando se tienen residuos líquidos o semilíquidos éstas deben combinarse con materiales más porosos.

Para Anicua Sánchez et al. (2009) el tamaño ideal de la partícula que más favorece la tasa de descomposición de los residuos es de 1 pulgada (2.54 cm).

#### **3.2.2.4 Propiedades del compost**

Según Anicua Sánchez et al. (2009) “la elaboración de compost es un proceso biológico mediante el cual los microorganismos actúan sobre materiales orgánicos”, se obtiene un abono para uso en la agricultura que es efectivo para el suelo. El compost tiene los siguientes beneficios:



**a) Propiedades químicas:**

- Incrementa la disponibilidad de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), hierro (Fe) y azufre (S).
- Aumenta de la eficiencia de fertilización.
- Estabiliza la reacción del suelo (pH) frente al grado del índice de acidez del suelo.
- Aumenta los macronutrientes y micronutrientes.
- Inactiva los residuos de plaguicidas debido a su capacidad de absorción.
- Inhibe el crecimiento de hongos y bacterias que afectan a las plantas.

**b) Propiedades físicas:**

- Estimula la acción microbiana.
- Actúa como soporte y alimento de los microorganismos.
- Aumenta la capacidad de retención de humedad.
- El compost adopta un color oscuro (marrón oscuro o negro).
- Retiene energía calorífica.
- Mejora de la porosidad, permeabilidad y aeración del suelo, originado suelos más esponjosos y con mayor retención de agua.

**c) Propiedades biológicas:**

- Reduce la erosión del suelo, Incrementando la capacidad de retención de humedad.
- Al existir condiciones óptimas de aireación, permeabilidad, etc.; se incrementa y diversifica la flora microbiana. Como la lombriz *Esenia Foétida* en el humus (Anicua Sánchez et al., 2009).

Muñoz-Trochez (2005) menciona que el compost al ser un producto derivado de material heterogeneo puede variar mucho en su composición y tratándose de un producto natural no tiene una composición química constante, siendo algunas de las características las siguientes:

Humedad 40 - 45 %.

Nitrógeno, como N<sub>2</sub> 1.5 - 2 %.



Fósforo como P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 2 - 2.5 %.

Potasio como K<sub>2</sub>O 1 - 1.5 %.

Relación C/N 10 – 11.

Ácidos húmicos 2.5 - 3 %

pH 6.8 - 7.2.

Carbono orgánico 14 - 30 %.

Calcio 2 - 8 %.

Magnesio 1 - 2.5 %.

Sodio 0.02 %.

Cobre 0.05 %.

Hierro 0.02 %.

Manganeso 0.06 %

### **3.2.2.5 Tratamiento del compostaje con Microorganismos Eficientes (EM)**

El tratamiento del compostaje, está ligado a diferentes factores y condiciones para obtener una buena descomposición con altas concentraciones de macronutrientes y micronutrientes, cuyo producto es llamado EM-Compost. Este tratamiento consiste en incorporar microorganismos eficientes (EM) en la composta de restos orgánicos de diferentes fuentes, cuyos microorganismo tales como las bacterias fotosintéticas, acidolácticas, levaduras y los actinomicetos, biodegradan en sinergia la materia orgánica; además incrementan la disponibilidad de nutrientes, fortalece la formación de humus, reduce las semillas de maleza y controla las enfermedades y patógenos dentro de la composta (Tapia, 2010).

### 3.2.2.6 EM-Compost

El EM-Compost, un abono orgánico de alta calidad, obtenido a través de una alternativa tecnológica muy sostenible, que consiste en la utilización de microorganismos eficaces EM en la descomposición de residuos orgánicos proveniente de diferentes fuentes mediante el proceso del compostaje (Belizario-Quispe, 2012).

El EM-Compost, tiene la ventaja en relación al compost común, la importancia está en el uso de los EM, que degradan rápidamente la materia orgánica e inhiben patógenos que generan los malos olores durante el proceso de compostaje; además los EM se reproducen en este medio que al aplicarlo al suelo se está haciendo la inoculación de microorganismos beneficiosos en relación de suelo y planta (BID, 2009).

Ramos y Terry (2014) mencionan “El EM-Compost que sirve para recuperar y/o mejorar la fertilidad de los suelos agrícolas, reducir los costos y contaminación por fertilizantes sintéticos. Sin embargo, es importante conocer y aplicar muy bien la técnica para elaborar EM-Compost a partir de residuos orgánicos, porque de ello depende la calidad del producto final y evita que durante el mismo procesamiento de los desperdicios ocurran problemas ambientales tales como malos olores y la proliferación de moscas”.

### 3.2.2.7 Dosis para elaborar EM (EM activado)

Belizario-Quispe (2012) recomienda: “Mezclar 500 ml de EM1 con 500 ml de melaza de caña de azúcar y 9 litros con agua templada de una buena calidad. Dejar fermentar de siete a diez-días con una temperatura de entre 25 °C y 37 °C con el bidón cerrado. A partir del tercer día, dejar escapar un poco de aire una vez al día. El EM estará listo cuando ya no se produzca más presión. El proceso de fermentación debería tener lugar, a ser posible, en la oscuridad. Este producto se puede utilizar de forma óptima durante 14 días; después, pierde en eficacia. Por ello, se debería calcular antes la cantidad exacta”.



### 3.2.3 Relleno sanitario

Un relleno sanitario es un espacio predestinado a la disposición final de desechos o basura, con la finalidad de reducir el impacto ambiental y la contaminación de residuos domésticos, su planificación y elección del lugar tiene que ver estudios minucioso de impacto ambiental, económico y social desde el lugar donde se colecta hasta la disposición final (Mendoza-Ticona, 2018).

“El relleno sanitario es un método diseñado para la disposición final de la basura. Este método consiste en depositar en el suelo los desechos sólidos, los cuales se esparcen y compactan reduciéndolos al menor volumen posible para que así ocupen un área pequeña” (Hidalgo-Falcón, 2018).

#### 3.2.3.1 Los residuos sólidos

Es todo material destinado al abandono por su productor o poseedor, puede ser producto del proceso de fabricación, transformación, utilización, consumo o limpieza (Rojas-Valencia, Ariaza y Vaca-Mier, 2002).

Los residuos se clasifican en sólidos, líquidos y gaseosos en función a su estado físico a ello se agrega los residuos pastosos, que comúnmente aparecen como producto de las actividades humanas (Colunche-Díaz, 2019).

Según Jaramillo-Henao y Zapata-Márquez (2008) “es cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido en efecto del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final”.

##### a) Residuos sólidos orgánicos.

Son provenientes de productos de origen orgánico y son mayoritariamente biodegradables. Se desintegran rápidamente en otros tipos de materia orgánica. Ejemplo: los restos de comida, frutas y verduras, carne, huevos, et., se desintegran más rápidamente que el cartón y el papel, se exceptúa





al plástico a pesar de tener su origen en un compuesto orgánico, tiene una estructura molecular más complicada (Nivela-Orozco, 2017).

“Son los residuos que provienen de la producción o utilización de materiales naturales sin transformación estructural significativa. Por ello y por su grado de humedad mantienen un índice alto de biodegradabilidad: residuos forestales y de jardín, residuos animales, residuos de comida, heces animales, residuos agropecuarios y agroindustriales, entre otros” (Barradas Rebolledo, 2009).

### **3.2.3.2 Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos**

De acuerdo a la Política para la Gestión de Residuos, el aprovechamiento se entiende como el conjunto sucesivas de fases de un proceso, cuando la materia inicial es un residuo, concibiendo que el proceso tiene el objetivo económico de valorizar el residuo u obtener un producto o subproducto utilizable (Barradas Rebolledo, 2009).

Utilizables son aquellos que pueden ser reutilizados o convertidos en otro producto, reintegrándose al ciclo económico y con valor comercial (Nivela-Orozco, 2017).

“La maximización del aprovechamiento de los residuos generados y en consecuencia la minimización de las basuras, ayuda a conservar y reducir la demanda de recursos naturales, reducir el consumo de energía, salvaguardar los sitios de disposición final y reducir sus costos, así como a reducir la contaminación ambiental al disminuir la cantidad de residuos que van a los sitios de disposición final o que simplemente son dispuestos en cualquier sitio contaminando el ambiente” (Hidalgo-Falcón, 2018).

### **3.2.3.4 Experiencias sobre el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos**

“En la región de América Latina y del Caribe (ALC) existen 16 ciudades que albergan a más de 2 millones de habitantes y que hacen que la producción conjunta de residuos sólidos sea de 93 mil toneladas por día. La ciudad que presenta la mayor población es Sao Paulo, cuya producción diaria de residuos sólidos es de 22.140 toneladas, seguida de las ciudades de México, Buenos



Aires, Río de Janeiro, Lima, Bogotá, Santiago, Bello Horizonte, Caracas, Salvador, A.M Monterey, Santo Domingo, Guayaquil, A.M Guatemala, Curitiba y La Habana” (Barradas Rebolledo, 2009).

“En la mayoría de los países de ALC la cantidad de materia orgánica presente en los residuos sólidos urbanos, supera el 50% del total generado, de los cuales aproximadamente el 2% recibe tratamiento adecuado para su aprovechamiento, el resto es confinado en rellenos sanitarios; otro porcentaje es dispuesto inadecuadamente en botaderos o es destinado a la alimentación de cerdos, sin un debido control y procesamiento sanitario. Viendo la necesidad de aprovechar los residuos sólidos orgánicos generados en las ciudades de América Latina para revertir la situación actual del deterioro ambiental y de la falta de oportunidades de empleo algunas ciudades han tomado como alternativa compostar los residuos orgánicos urbanos generados” (Barradas Rebolledo, 2009).

### 3.3 Marco conceptual

**Aplicación:** En la agricultura. Es la acción de aplicar o suministrar insumos al suelo y la planta, para aumentar o disminuir algunos factores requeridos.

**Característica:** Es una cualidad que permite identificar a algo o alguien, distinguiéndole de sus parecidos.

**Desechos:** Los desechos son materiales, sustancias, objetos, cosas, entre otros, que se requiere descartar porque ya no ostenta utilidad.

**Determinar:** Acción o efecto de expresar con precisión un componente.

**Dosis:** Cantidad de un principio activo que se va administrar.

**Efecto:** Resultado, fin, conclusión y consecuencia que se deriva de una causa.

**Eficiente y/o eficiencia:** La eficiencia es la capacidad de hacer las cosas bien, la eficiencia percibe un sistema de pasos e instrucciones con los que se puede avalar la calidad en el producto final de cualquier labor.



**EM-compost:** se denomina EM-compost, al producto obtenido mediante la descomposición aeróbica de residuos orgánicos en composteras con adición de Microorganismos Eficaces EM.

**Inocuidad:** es la imposibilidad que algo o alguien se muestre para ocasionar un perjuicio, es decir, la palabra inocuidad se emplea en relación a sustancias que los seres humanos manipulan y que por tanto pueden o no causar un daño mientras dura esa manipulación.

**Microorganismos:** Los microorganismos son aquellos seres vivos celulares que únicamente pueden ser apreciados a través de un microscopio. En este amplio grupo puede contener a los virus, las bacterias, levaduras y mohos que proliferan por el planeta tierra.

**Microorganismos Eficientes:** Los microorganismos eficientes o EM son una mezcla de organismos beneficiosos de origen natural y es un cultivo mixto de microorganismos benéficos naturales, sin manipulación genética, presentes en ecosistemas naturales y fisiológicamente compatibles unos con otros.

**Nivel:** Es la medida de una capacidad cuántica o una magnitud.

**Orgánico:** Orgánico es una expresión genérica para otorgar procesos agrupados a la vida o para referirse a sustancias generadas por procedimientos en que intervienen organismos vivos.

**Productividad:** Es la eficacia y la eficiencia con que se emplean los recursos y se formula como un por ciento de la producción entre los factores.

**Producción:** Cantidad de producto obtenida por unidad de análisis y por unidad de tiempo. La producción se calcula multiplicando el rendimiento del producto por la superficie.

**Propiedades:** condición, característica, estado o una facultad de algo.

**Relleno sanitario:** El relleno sanitario es una técnica diseñado para la disposición final de la basura (desechos). Este método consiste en colocar en el suelo los desechos sólidos, los cuales se esparcen y compactan reduciéndolos al menor volumen posible para que así ocupen un área pequeña.



**Rendimiento:** Producto físico alcanzado por unidad de superficie y por unidad de tiempo. El producto físico puede ser citado en kilogramos o toneladas y la unidad de superficie en hectáreas.

**Tiempo de producción:** Es el tiempo necesario para realizar uno o varios procedimientos. Está compuesto por los tiempos de: espera, preparación, operación y transferencia.

## CAPÍTULO IV

### METODOLOGÍA

#### 4.1 Tipo y nivel de investigación

##### Tipo de investigación:

Según el enfoque es cuantitativo, según su temporalidad es de tipo transversal y según el alcance sus resultados (su finalidad) es aplicativo.

##### Nivel de investigación.

Es experimental porque se manipulará la variable independiente (niveles de aplicación de EM) para ver su efecto en las variables dependientes, es explicativo porque se estableció una relación de causa – efecto en las variables independiente y dependiente, es descriptivo porque se da a conocer las características de las variables tal como se muestra en el contexto.

#### 4.2 Diseño de investigación

Corresponde a una investigación de posttest con grupo control:

RUEi    Xi    O1

RUEi    \_\_\_    O5

##### Donde:

R: Asignación aleatoria de los tratamientos a las unidades experimentales

UEi: Unidades experimentales 1, 2, 3, ..., i

Xi: Tratamientos o estímulos

Oi: Una medición de las variables de investigación de acuerdo al cuadro de operacionalización de variables.

### **Diseño experimental.**

Fue Diseño Completamente al Azar (DCA) con cuatro (4) tratamientos incluido el testigo en cada tratamiento se realizó tres (3) repeticiones.

El modelo lineal fue:  $Y_{ij} = U + T_j + e_{ij}$  siendo  $Y_{ij}$  la observación correspondiente a la repetición  $i$ -ésima en el  $j$ -ésimo tratamiento de la variable de respuesta,  $U$  el promedio general del experimento,  $T_j$  corresponde al efecto del tratamiento  $j$ -ésimo en la variable de respuesta y  $e_{ij}$  es el error aleatorio correspondiente a la  $i$ -ésima repetición en el  $j$ -ésimo tratamiento.

La variación total del experimento, se descompone debido a la variación a los tratamientos y al error experimental con  $n - 1$  grados de libertad. Las características del diseño experimental fueron:

Número de unidades experimentales: 12

Área de las unidades experimentales UE: 2.03 m

Ancho de la UE: 1.30 m

Alto de la pila compostera: 1.20 m

Largo de la UE: 1.30 m

Forma de la UE: montículo (pila)

Área total del ensayo: 112.5 m<sup>2</sup>

Ancho de campo experimental: 7.5 m

Largo del campo experimental: 15 m

Altura de la trinchera: 3.5 m

Los tratamientos fueron caldos inoculados de (*Saccharomyces cerevisiae*, *Aspergillus sp.*, *Lactobacillus sp.*) en las siguientes dosis:

T1. Bajo (5 L EM /m<sup>3</sup> RO)<sup>1</sup>

T2. Medio (10 L EM/m<sup>3</sup> RO)

T3. Alto (20 L EM/m<sup>3</sup> RO)

T4. Testigo (Sin EM)

#### 4.3 Descripción ética de la investigación

La investigación fue identificada a partir del problema, que es la deficiente gestión de residuos orgánicos, un denominador común en el Perú. A partir de ello, se inició la revisión bibliográfica existente para dar respuesta a dicho problema, y en la literatura, se identificó el uso de microorganismos eficientes para la descomposición de residuos orgánicos domésticos, situación que motivó el desarrollo de la investigación utilizando los residuos orgánicos y microorganismos eficientes para la producción de compost y evaluar las características físico químicas y biológicas y dar a conocer los resultados como una alternativa para la utilización como abono en la producción agrícola. Los ensayos de laboratorio fueron encargados a la Universidad Nacional Agraria La Molina. Las variables de estudio fueron identificadas a partir de investigaciones similares y responden a las necesidades de los agricultores de mejorar sus suelos, disponer de fuente de nutrientes orgánicos para los cultivos lo cual es concordante con la Ley Universitaria 30220 que dice “la universidad tiene como función esencial y obligatoria la producción de conocimiento y desarrollo tecnológico que responda a las necesidades de la sociedad y del país”, en ese contexto la investigación en toda sus etapas se orienta a buscar el bien común sin dañar el medio ambiente. En todo su proceso se aplicó las normas que regulan las buenas prácticas investigativas entre ellas el Código de Nüremberg (1947); La Declaración Universal de los Derechos Humanos (Organización de las Naciones Unidas, ONU, 1948); La Declaración de Helsinki (1964) y el Informe Belmont (1978), la obtención de la muestra para el análisis de laboratorio fueron realizados con objetividad y no por las ideas preconcebidas, la interpretación de los resultados fue mediante la reflexión, ética, autodisciplina y autocrítica.

En la etapa de redacción, la investigación cumple con las especificaciones del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, las citas y



las referencias bibliográficas fueron redactados en el formato ISO-690 (autor-date, Spanish).

#### **4.4 Población y muestra**

##### **Población**

Estuvo constituido por 9.35 toneladas<sup>2</sup> de residuos sólidos orgánicos recolectados por la Municipalidad Provincial de Grau, provenientes del distrito de Chuquibambilla.

##### **Muestra**

Constituido por un (1) m<sup>3</sup> de materia orgánica entre cáscaras de frutas y verduras los cuales se distribuyó en 12 unidades experimentales (4 tratamientos x 3 repeticiones). Para el análisis de las propiedades físico químicas del compost el tamaño de la muestra fue de seis (6) Kg. (500 g de compost por tratamiento) obtenido mediante homogenización del producto final después de aplicar los tratamientos.

#### **4.5 Procedimiento**

El experimento se procedió a cabo en dos etapas:

##### **1. Primera etapa: Acondicionamiento de materiales y equipos necesarios.**

###### **a) Acondicionamiento de la trinchera y/o hangar:**

Se realizó con el objetivo de evitar el ingreso de animales y personas no autorizadas al espacio experimental, el hangar fue edificado con materiales de madera, malla Rachel y techo con calaminas obteniendo un sistema no climatizado. Las dimensiones fueron:

Ancho de la trinchera: 7.5 metros.

Largo de la trinchera: 15 metros.

Alto de la trinchera: 3.5 metros.



La trinchera o el hangar permitieron aminorar el efecto de las bajas temperaturas, la alta luminosidad y la radiación de la zona.

#### **b) Reproducción de cepa microbiana a base de EM:**

Se realizó la mezcla de microorganismos benéficos de origen natural sin manejo genético, provenientes de la empresa BIO-EM con sucursal en la provincia de Andahuaylas.

El caldo microbiano (“Cepa Madre”) de (*Saccharomyces cerevisiae*, *Aspergillus sp.*, *Lactobacillus sp*), fue reproducido según las proporciones de la Tabla 2.

**Tabla 2 — Insumos para constitución de la cepa de microorganismos eficientes**

Insumos	Cantidad
Cepa Madre (EM)	20 L.
Agua	170 L.
Melaza	5 Kg.
Total de cepa reproducida	200 L.

Elaboración Propia, (2019)

Las cepas provenientes del proceso de reproducción fueron denominadas “cepas de inoculación”, y al cabo de 3 días se realizó las mediciones de pH cuyos valores fueron entre 4 a 4.5 (ácido).

Las cepas de inoculación, fueron expuestas entre 15 a 25 °C hasta obtener un olor a fermento dulce con presencia de una costra o natilla de una dimensión de 3 cm de espesor aproximadamente, con lo cual están listas para aplicar a los lotes de compostaje y se pasó a la siguiente etapa.

## **2. Segunda Etapa: Ejecución y sistematización de resultados**

### **a) Preparación de lotes e inoculación con EM en los tratamientos en estudio**

Para la preparación de lotes se utilizaron los residuos orgánicos urbanos (cáscaras de fruta y verdura, restos de comida y restos vegetales), tierra turba de alto grado de musgos proveniente del sector Lliullita a 4200 msnm, dichos materiales fueron apilados en tres (3) capas hasta un (1) metro cúbico siguiendo el procedimiento según los tratamientos:



### **Tratamiento 1 (T1):**

Primer Paso: Se colocó una base de 10 cm de espesor de tierra turba más cal dolomita.

Segundo Paso: Se colocó 58 kg de residuos orgánicos con un espesor de 30 cm encima de la tierra turba.

Tercer Paso: Se aplicó una dosis de caldo de inoculación y con un equipo de aspersión se cubrió toda la superficie de los residuos orgánicos.

Cuarto Paso: este proceso se repitió hasta formar una pila 1 m<sup>3</sup>. En total se utilizó 175 Kg de residuos orgánicos, 5 litros de EM y 20 Kg de tierra turba.

### **Tratamiento 2 (T2):**

Primer Paso: Se colocó una base de 10 cm de espesor de tierra turba más cal dolomita.

Segundo Paso: Se colocó 58 kg de residuos orgánicos con un espesor de 30 cm encima de la tierra turba.

Tercer Paso: Se aplicó una dosis de caldo de inoculación y con un equipo de aspersión se cubrió toda la superficie de los residuos orgánicos.

Cuarto Paso: este proceso se realizó hasta formar una pila de 1 m<sup>3</sup>. En total se utilizó 175 Kg de residuos orgánicos, 10 litros de EM (con 4 frecuencias de aplicación de 5 litros en cada volteo del lote) y 20 Kg de tierra turba por lote.

### **Tratamiento 3 (T3):**

Primer Paso: Se colocó una base de 10 cm de espesor de tierra turba más cal dolomita.

Segundo Paso: Se colocó 58 kg de residuos orgánicos con un espesor de 30 cm encima de la tierra turba.

Tercer Paso: Se aplicó una dosis de caldo de inoculación y con un equipo de aspersión se cubre toda la superficie de los residuos orgánicos.

Cuarto Paso: este proceso se realizó hasta formar una pila de 1 m<sup>3</sup>. En total se utilizó 175 Kg de residuos orgánicos, 20 litros de EM (con 4 frecuencias de aplicación de 5 litros en cada volteo del lote) y 20 Kg de tierra turba por lote.

**Tratamiento 4 (T4: Testigo):**

Primer Paso: Se colocó una base de 10 cm de espesor de tierra turba más cal dolomita.

Segundo Paso: Se colocó 58 kg de residuos orgánicos con un espesor de 30 cm encima de la tierra turba.

Primer Paso: este proceso se repitió hasta formar una pila de 1 m<sup>3</sup>. En total se utilizó 175 Kg de residuos orgánicos y 20 Kg de tierra turba por lote.

**b) Volteo de los lotes composteros.**

Esta labor se realizó manualmente con ayuda de una pala con una frecuencia de cada 7 días hasta los 35 días calendarios.

**c) Evaluaciones.**

Las evaluaciones se realizaron según las variables en estudio registrando los datos cuando el proceso de compostaje ha terminado (90 d), para el análisis de la calidad del compost se extrajo muestras de 1 kilo por tratamiento y repetición, luego de homogenizar fue remitido a la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) en 500 gramos por tratamiento y repetición, la UNALM analizó las muestras según el método International Commission on Microbiological Specifications for Foods de 1983.

Para la etapa de análisis y discusión de resultados se tomó en consideración los parámetros y niveles establecidos en la norma chilena NCh2880.



Tabla 3 — Parámetros de calidad de compost exigidos por la norma chilena Nch 2880

Parámetros			Nch 2880	
			Calidad A	Calidad B
Relación C/N			$10 \leq a 25$	$10 \leq a 25$
Parámetros generales y de Materia Orgánica	pH	-----	5.0 - 8.5	5.0 - 8.5
	C.E	dS/m	< a 3 dS/m	$\leq a 3$ dS/m
	M.O	%	$\geq a 20\%$	$\geq a 20\%$
	N	%	$\geq a 0.5\%$	$\geq a 0.5\%$
Microelementos	P2O5	%	-----	-----
	K2O	%	-----	-----
	CaO	%	-----	-----
	MgO	%	-----	-----
	Na	%	$\leq 1\%$	$\leq 1\%$
	Hd	%	30% - 45%	30% - 45%
Metales Pesados	Pb		100 mg/kg	100 mg/kg
	Cd		2 mg/kg	8 mg/kg
	Cr		120 mg/kg	800 mg/kg
Coliformes totales	NMP/g		< a 1000 NMP	< a 1000 NMP
Coliformes fecales	NMP/g		< a 1000 NMP	< a 1000 NMP
Organismos mesófilos totales (UFC/g de compost seco)	Bacterias		-----	-----
	Actinomicetos		-----	-----
	Hongos		-----	-----
Respiración microbiana	mg CO <sub>2</sub> /g de compost seco/día		-----	-----
Biomasa microbiana	mg C/g de compost		-----	-----
Bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre y bacterias nitrificantes	Organismos/g compost seco		-----	-----

Extraído de (Miyashiro 2014)

#### 4.6 Análisis estadístico

Los datos fueron consolidados de acuerdo a las variables y según los tratamientos y sus correspondientes repeticiones, luego se analizaron el cumplimiento de las condiciones necesarias que todo experimento debe cumplir entre ellos:

### **a) Homogeneidad de varianzas**

Se verificó mediante la prueba de Levene que consiste en llevar a cabo un ANOVA de los factores usando como variable dependiente la diferencia en valor absoluto entra cada puntuación individual y la media (o mediana, o la media recortada) los resultados de la prueba para un nivel de confianza de 95% fue mayor que 0,05 (Sig. > 0,05)

### **b) Normalidad de datos**

Se verificó mediante la prueba de Shapiro Wilk ( $n < 50$ ) que accede a contrastar la hipótesis de que las muestras conseguidas que se obtuvo de las poblaciones normales (simétricas con forma de campana) verificando el supuesto de normalidad mediante el valor de la significancia (Sig. > 0,05). La regla para rechazar la hipótesis de normalidad fue si el valor p (Sig.) es menor que 0.05.

Luego del cumplimiento de los supuestos, se empezó a procesar los datos mediante el uso del software SPSS – 18, los resultados quedan representados en tablas y gráficos (Estadística descriptiva) y permite entender el comportamiento de las variables dependientes. La prueba de hipótesis se efectuó mediante el análisis de variancia de la tabla ANOVA y el balance entre los promedios de los tratamientos con el tratamiento testigo, fue realizado mediante el estadístico de Dunnet a un nivel de confianza de 95% de éxito.



## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

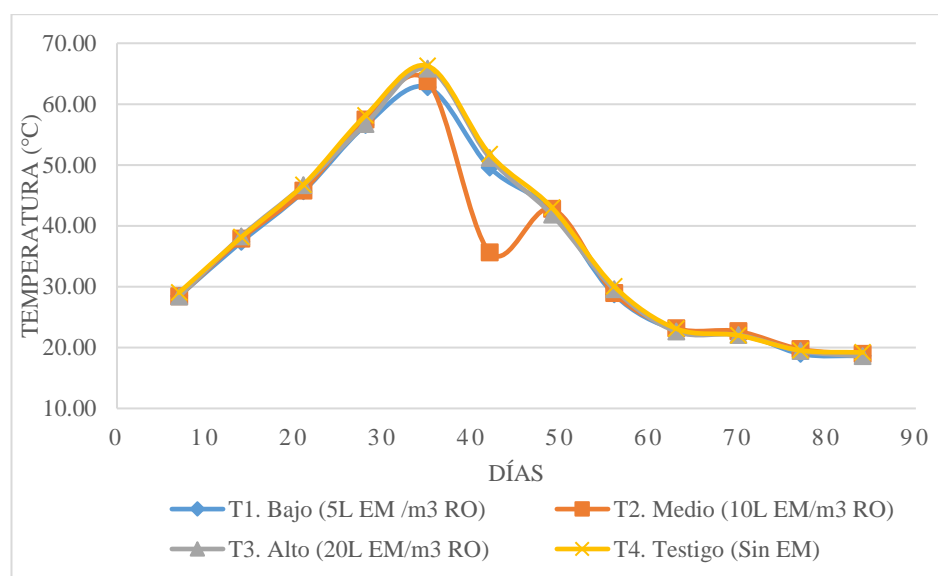
#### 5.1 Análisis de resultados

##### 5.1.1 Efecto de los niveles de aplicación de microorganismos eficientes en las propiedades fisicoquímicas del compost elaborado de residuos orgánicos domésticos

Para determinar las propiedades físico químicas del compost elaborado a partir de los residuos orgánicos del distrito de Chuquibambilla, se encargó realizar el análisis al laboratorio de suelos y de microbiología de la Universidad Nacional Agraria La Molina los resultados de los parámetros físico químicos están constituidos por la temperatura, contenido de macronutrientes, contenido de micronutrientes, potencial de hidrogeniones, relación carbono nitrógeno, porcentaje de materia orgánica y la conductividad eléctrica, cuyas características, prueba de hipótesis y comparación de promedios múltiples se presentan a continuación:

##### 5.1.1.1 Temperatura

La figura 1, muestra el comportamiento de la temperatura en la elaboración del compost a partir de los residuos orgánicos según tratamientos para un periodo de 84 días. Se aprecia que la temperatura se incrementa a partir de la segunda semana hasta llegar a un máximo promedio por encima de 60 °C a los 35 días, a partir del cual, disminuye progresivamente hasta alcanzar una temperatura estable entre 20°C a 18°C.



**Figura 1 — Perfil histograma del comportamiento de la temperatura del compost**

Según la figura 1, la aplicación de los microorganismos eficientes (ME) en las dosis bajo ( $5 \text{ L/m}^3$ ), dosis medio ( $10 \text{ L/m}^3$ ), dosis alto ( $20 \text{ L/m}^3$ ) y sin aplicación de EM (testigo) tienen el mismo patrón de comportamiento sobre la variable temperatura de compost ( $^{\circ}\text{C}$ ) en el periodo evaluado, lo que indica que los tratamientos (ME) en sus diferentes dosis no tienen efecto sobre la temperatura en el proceso de elaboración del compost a partir de los residuos orgánicos (RO) por lo que dicho comportamiento también es corroborado con los estadísticos descriptivos presentados en la Tabla 4, en el cual se puede observar una media general de  $19.1492 \text{ }^{\circ}\text{C}$  y los promedios de las temperaturas para los diferentes niveles de aplicación de EM no varía significativamente lo que se evidencia mediante los estadísticos del error típico cuyos valores son pequeños y van desde  $0.051$  hasta  $0.2482 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**Tabla 4 — Estadísticos descriptivos de la temperatura del compost obtenido de residuo orgánico según tratamientos**

Tratamientos	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
T1. Bajo (5L EM /m <sup>3</sup> RO)	3	18,9000	,08888	,05132	18,6792	19,1208
T2. Medio (10L EM/m <sup>3</sup> RO)	3	19,3300	,40000	,23094	18,3363	20,3237
T3. Alto (20L EM/m <sup>3</sup> RO)	3	19,0000	,43000	,24826	17,9318	20,0682
T4. Testigo (Sin EM)	3	19,3667	,16503	,09528	18,9567	19,7766
Total	12	19,1492	,33752	,09743	18,9347	19,3636

El promedio de temperatura más alto alcanzado es de 19.3667 °C y es cuando no se aplica EM (testigo), y en orden descendente le sigue la temperatura de 19.33 °C cuando se aplica 10 L de EM por m<sup>3</sup> de RO, después 19 °C cuando se aplica 20 L de EM por m<sup>3</sup> de RO y 18.90 °C cuando la dosis es de 5L de EM por m<sup>3</sup> de RO.

#### 5.1.1.2 Macronutrientes (NPK)

La calidad del compost está determinada entre otros elementos por el contenido de macronutrientes entre ellos el nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) que representan elementos importantes para la nutrición de las plantas, los resultados del análisis de laboratorio se muestran a continuación.



**Tabla 5 — Estadísticos descriptivos de los macronutrientes (NPK) del compost elaborado de residuos orgánicos**

Tratamientos		N	Media	Desviación típica	Intervalo de confianza para la media al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Contenido de nitrógeno (%)	T1. Bajo (5L EM /m <sup>3</sup> RO)	3	1,5933	,12702	1,2778	1,9089
	T2. Medio (10L EM/m <sup>3</sup> RO)	3	1,4833	,16042	1,0848	1,8818
	T3. Alto (20L EM/m <sup>3</sup> RO)	3	1,9000	,28844	1,1835	2,6165
	T4. Testigo (Sin EM)	3	2,1367	,16563	1,7252	2,5481
	Total	12	1,7783	,31599	1,5776	1,9791
Contenido de fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %)	T1. Bajo (5L EM /m <sup>3</sup> RO)	3	,8633	,13796	,5206	1,2060
	T2. Medio (10L EM/m <sup>3</sup> RO)	3	,9033	,06807	,7342	1,0724
	T3. Alto (20L EM/m <sup>3</sup> RO)	3	1,0633	,08145	,8610	1,2657
	T4. Testigo (Sin EM)	3	1,0900	,07937	,8928	1,2872
	Total	12	,9800	,13101	,8968	1,0632
Contenido de potasio (K <sub>2</sub> O %)	T1. Bajo (5L EM /m <sup>3</sup> RO)	3	2,1133	,21008	1,5915	2,6352
	T2. Medio (10L EM/m <sup>3</sup> RO)	3	3,0767	,36692	2,1652	3,9882
	T3. Alto (20L EM/m <sup>3</sup> RO)	3	2,5467	,01155	2,5180	2,5754
	T4. Testigo (Sin EM)	3	2,2933	,43097	1,2227	3,3639
	Total	12	2,5075	,45820	2,2164	2,7986

### Nitrógeno

Según los resultados de la Tabla 5, el promedio general de presencia de nitrógeno en el compost a partir de RO es de 1,7783%. El tratamiento testigo (cuando no se aplica EM), induce a mayor contenido de nitrógeno con el valor de 2.1367 %, luego el tratamiento con dosis alta (EM 20 L/m<sup>3</sup>), después el tratamiento con la dosis baja (EM 5 L/m<sup>3</sup>) con 1,5933% de nitrógeno y en último lugar el tratamiento medio (EM 10 L/m<sup>3</sup>) que induce a 1,9% de nitrógeno, el efecto de cada tratamiento es homogéneo debido a que la desviación típica está representada por valores pequeños que van de  $\pm 0,12\%$  a  $\pm 2.13\%$ .

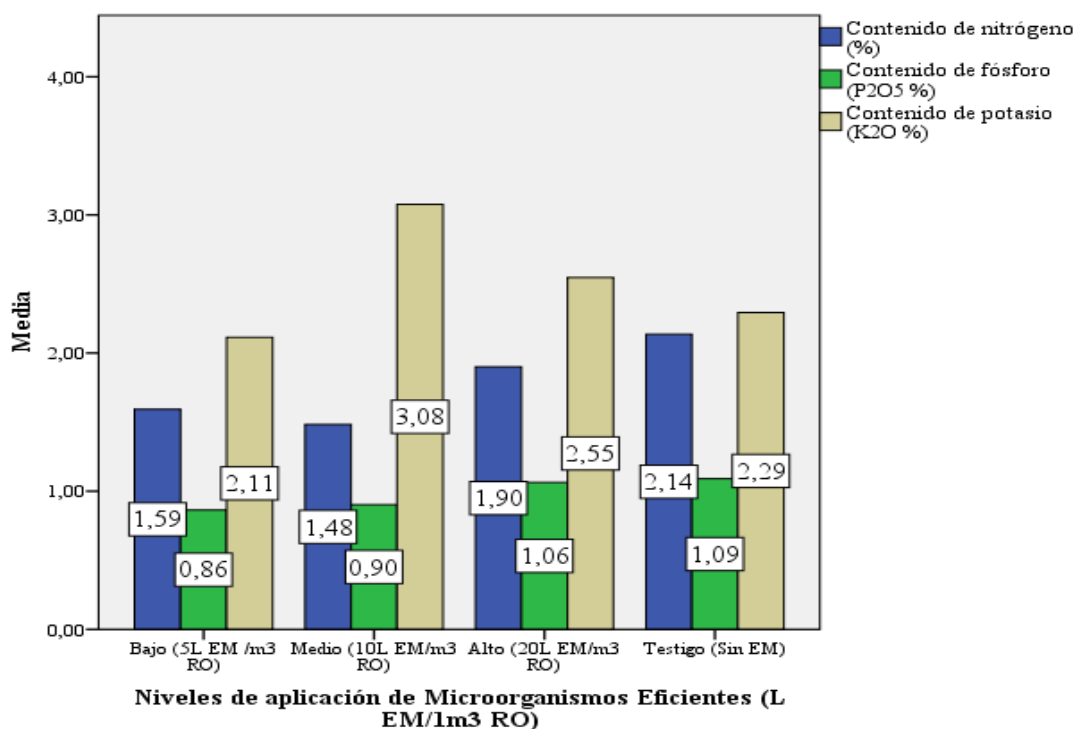
### Fósforo

El promedio general de presencia de fósforo en el compost es de 0,98% y una variabilidad de  $\pm 0,13101\%$ , se observa el mayor efecto para el tratamiento T4 (testigo) con un promedio de 1.09% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>,  $\pm 0,16563\%$ , luego el tratamiento T3 (20 L/m<sup>3</sup>) con el promedio de 1,0633 %,  $\pm 0,08145$ , después el tratamiento T2 (10 L/m<sup>3</sup>) con 0,9033%,  $\pm 0,06807\%$  y el último

lugar ocupa el tratamiento T1 (5 L/m<sup>3</sup>) con el promedio de 0,8633% y una variabilidad de ±0,13796%, se observar que existe una relación directa entre las variables en estudio a mayor dosis de EM en los RO domésticos se espera que el contenido de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sea mayor.

### Potasio

Según los resultados de la Tabla 5, el tratamiento T2 (10 L/m<sup>3</sup>) tiene mayor promedio con 3,0767 % del contenido de K<sub>2</sub>O con una dispersión pequeña de ± 0,36692 %, el tratamiento T3. Tiene un promedio de 2,5467% de K<sub>2</sub>O con una dispersión de ± 0,01155%, el tratamiento T4 (testigo) tiene el promedio de 2,2933 % con una desviación de ± 0,43097%, finalmente el tratamiento T1 (5 L/m<sup>3</sup>) tiene el menor promedio de 2,1133% de K<sub>2</sub>O con una variabilidad de ±0,21008% se puede observar que, en todos los tratamientos estudiados los comportamientos de los datos son homogéneos debido a que sus desviaciones estándar son pequeños cercanos a cero (0).



**Figura 2 — Diagrama de barras del contenido de N, P y K del compost de RO doméstico**



En la se observa los promedios de macroelementos en el compost elaborado a partir de residuos orgánicos domésticos por efecto de diferentes dosis de aplicación de microorganismos eficaces (EM). Cuando no se incorpora EM en los RO resulta que el contenido de nitrógeno en el compost es mayor (2,14%) dicho valor difiere significativamente (Sig. < 0,05) del contenido de Nitrógeno en el compost obtenido mediante la aplicación de las dosis 20 L/m<sup>3</sup>, 10 L/m<sup>3</sup> y 5 L/m<sup>3</sup> cuyos promedios de Nitrógeno son cercanos con los valores de 1,90%, 1,48% y 1,59% respectivamente. Respecto al contenido de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, el valor más alto es obtenido con el tratamiento testigo (sin EM) cuyo promedio fue 1,09% valor muy cercano a 1,06% obtenido con el tratamiento alto (20 L/m<sup>3</sup>), al comparar los promedios de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> obtenidos con los tratamientos medio (10 L/m<sup>3</sup>) y bajo (5 L/m<sup>3</sup>) se observan que son cercanos ya que dichos valores son 0,90 % y 0,86% respectivamente.

En cuanto al contenido de K<sub>2</sub>O del compost elaborado a partir de RO domésticos se observa que se alcanzan resultados similares cuando se aplica EM en las dosis de 5 L/m<sup>3</sup> y 20 L/m<sup>3</sup> con valores de 2,11% y 2,55 % respectivamente, dichos valores son cercanos al promedio obtenido con el tratamiento testigo (sin EM) cuyo promedio es 2,29 % y al comparar los valores mencionados con el tratamiento medio (10 L/m<sup>3</sup>) se observa que existe diferencias significativas ya que con dicho tratamiento de obtiene el promedio de 3,08% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

### 5.1.1.3 Micronutrientes (Ca, Mg, Bo, Fe, Na, Cu, Zc y Mn)

La calidad del compost tiene relación directa con el contenido de nutrientes presentes entre ellos los macronutrientes que ya fue abordado y los micronutrientes conformado por calcio, magnesio, boro, sodio, cobre, zinc y manganeso que en pequeñas cantidades proporcionan el equilibrio nutricional a las plantas, los resultados del análisis de micronutrientes del compost elaborado a partir de RO domésticos fue encargado a la Universidad Nacional Agraria La Molina cuyos resultados se analizan a continuación.



**Tabla 6 — Estadísticos descriptivos de los micronutrientes porcentual, presentes en el compost elaborado de RO**

Tratamientos		N	Media	Desviación típica	Intervalo de confianza para la media al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Contenido de calcio (CaO %)	T1. Bajo (5L EM/m <sup>3</sup> RO)	3	6,7733	,57744	5,3389	8,2078
	T2. Medio (10L EM/m <sup>3</sup> RO)	3	6,6400	,50000	5,3979	7,8821
	T3. Alto (20L EM/m <sup>3</sup> RO)	3	7,4467	,23502	6,8629	8,0305
	T4. Testigo (Sin EM)	3	7,2900	,49112	6,0700	8,5100
	Total	12	7,0375	,53399	6,6982	7,3768
Contenido de magnesio (MgO %)	T1. Bajo (5L EM/m <sup>3</sup> RO)	3	,8867	,08145	,6843	1,0890
	T2. Medio (10L EM/m <sup>3</sup> RO)	3	1,0233	,15044	,6496	1,3971
	T3. Alto (20L EM/m <sup>3</sup> RO)	3	1,1800	,23580	,5942	1,7658
	T4. Testigo (Sin EM)	3	1,0800	,09644	,8404	1,3196
	Total	12	1,0425	,17142	,9336	1,1514
Contenido de Hd %	T1. Bajo (5L EM/m <sup>3</sup> RO)	3	37,7867	,30551	37,0278	38,5456
	T2. Medio (10L EM/m <sup>3</sup> RO)	3	38,8033	2,83772	31,7541	45,8526
	T3. Alto (20L EM/m <sup>3</sup> RO)	3	37,1300	2,00367	32,1526	42,1074
	T4. Testigo (Sin EM)	3	39,7033	1,22981	36,6483	42,7584
	Total	12	38,3558	1,87990	37,1614	39,5503
Contenido de sodio (Na)	T1. Bajo (5L EM/m <sup>3</sup> RO)	3	1,3167	,43097	,2461	2,3873
	T2. Medio (10L EM/m <sup>3</sup> RO)	3	1,5667	,58011	,1256	3,0078
	T3. Alto (20L EM/m <sup>3</sup> RO)	3	1,6133	,49085	,3940	2,8327
	T4. Testigo (Sin EM)	3	1,2100	,42884	,1447	2,2753
	Total	12	1,4267	,45072	1,1403	1,7130

### Oxido de calcio (CaO)

Según los resultados de la Tabla 6, el promedio general de la presencia de Óxido de calcio en el compost a partir de RO es de 7,0375%. El tratamiento T3 (20 L/m<sup>3</sup>) induce a mayor contenido de CaO con 7,4467%, luego el tratamiento testigo con 7,2900%, después el tratamiento con la dosis baja (EM 5 L/m<sup>3</sup>) con 6,7733% de óxido de calcio y en último lugar el tratamiento medio (EM 10 L/m<sup>3</sup>) que induce a 6,6400% de CaO, el efecto de cada tratamiento es homogéneo debido a que la desviación típica está representada por valores pequeños que van de  $\pm 0,23502\%$  a  $\pm 0,57744\%$ .

### **Óxido de magnesio (MgO)**

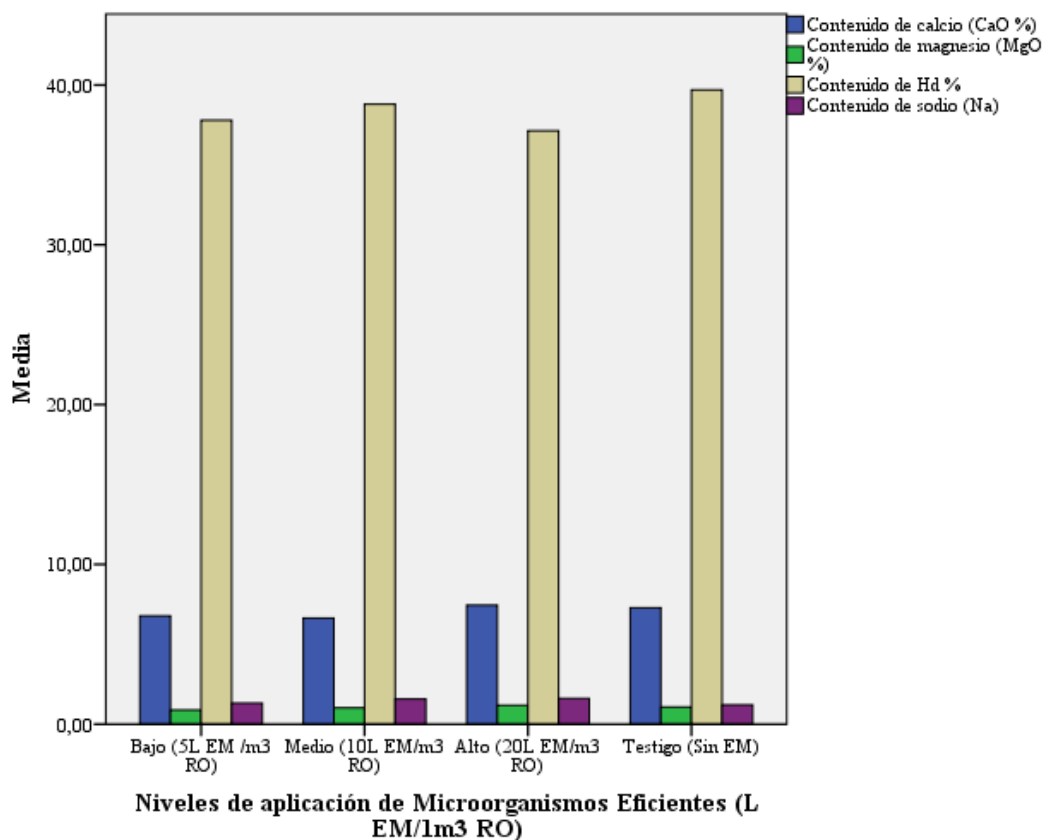
El promedio general de la presencia de Óxido de magnesio en el compost es de 1,0425% y una variabilidad de  $\pm 0,17142\%$ , se observa el mayor efecto para el tratamiento T3 (20 L.m<sup>-3</sup>) con un promedio de 1,18% de MgO,  $\pm 0,2358\%$ , luego el tratamiento T4 (testigo) con el promedio de 1,08%,  $\pm 0,09644$ , después el tratamiento T2 (10 L.m<sup>-3</sup>) con 1,0233%,  $\pm 0,15044\%$  y el último lugar ocupa el tratamiento T1 (5 L.m<sup>-3</sup>) con el promedio de 0,8867% y una variabilidad de  $\pm 0,08145\%$ .

### **Humedad (Hd)**

Según los resultados de la Tabla 6, el tratamiento T4 (testigo) tiene mayor promedio de 39,7033% del contenido de humedad con una dispersión pequeña de  $\pm 1,22981\%$ , luego el tratamiento T1 (5 L.m<sup>-3</sup>) que tiene un promedio de humedad de 37,7867%, con una dispersión de  $\pm 0,30551\%$ , después el tratamiento T2 (10 L.m<sup>-3</sup>) con un promedio de 38,8033% y una desviación de  $\pm 2,83772\%$ , finalmente el tratamiento T3 (20 L.m<sup>-3</sup>) que tiene el menor promedio de 37,13% de humedad con una variabilidad de  $\pm 2,00367\%$  se puede observar que, en todos los tratamientos estudiados el comportamiento de los datos son homogéneos debido a que las variaciones de las desviaciones estándar son pequeños y cercanos a cero.

### **Sodio (Na)**

El promedio general de presencia de sodio en el compost elaborado a partir de RO es de 1,4267% y una variabilidad de  $\pm 0,45072\%$ , se observa el mayor efecto es para el tratamiento T3 (20 L.m<sup>-3</sup>) con un promedio de 1,6133% de Na y una dispersión de  $\pm 0,49085\%$ , luego el tratamiento T2 (10 L.m<sup>-3</sup>) con el promedio de 1,5667%, y una variabilidad de  $\pm 0,58011\%$ , después el tratamiento T1 (5 L.m<sup>-3</sup>) con 1,3167% y  $\pm 0,43097\%$  y el último lugar ocupa el tratamiento T4 (testigo) con el promedio de 1,21% y una variabilidad de  $\pm 0,42884\%$ .



**Figura 3 — Diagrama de barras del contenido de micronutrientes porcentual en el compost elaborado a partir de RO domésticos**

En la figura 3, se observa los promedios de microelementos en el compost elaborado a partir de residuos orgánicos domésticos obtenidos mediante la aplicación de diferentes dosis de microorganismos eficaces (EM). Se aprecia que en el contenido de humedad en el compost para todos los tratamientos son iguales estadísticamente, lo mismo ocurre con el contenido de óxido de calcio (CaO), el contenido de sodio (Na) y el contenido de óxido de magnesio (MgO) que en todos los tratamientos se obtienen promedios muy cercanos entre sí.

Continuando con el análisis del contenido de microelementos en el compost elaborado a partir de RO domésticos, se muestra a continuación los resultados de los microelementos hierro, cobre, zinc, manganeso y zinc los mismos que son presentados en partes por millón (ppm).



**Tabla 7 — Estadísticos descriptivos de microelementos presentes en ppm en el compost elaborado a partir de RO domésticos**

Tratamientos		N	Media	Desviación típica	Intervalo de confianza para la media al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Contenido de hierro (Fe ppm)	T1. Bajo (5L EM /m <sup>3</sup> RO)	3	12651,3333	668,12075	10991,6294	14311,0373
	T2. Medio (10L EM/m <sup>3</sup> RO)	3	12390,6667	1156,30503	9518,2457	15263,0876
	T3. Alto (20L EM/m <sup>3</sup> RO)	3	12906,0000	538,23043	11568,9615	14243,0385
	T4. Testigo (Sin EM)	3	12183,3333	518,10552	10896,2879	13470,3788
	Total	12	12532,8333	711,59716	12080,7061	12984,9606
Contenido de cobre (Cu ppm)	T1. Bajo (5L EM /m <sup>3</sup> RO)	3	43,3333	1,52753	39,5388	47,1279
	T2. Medio (10L EM/m <sup>3</sup> RO)	3	41,3333	2,30940	35,5965	47,0702
	T3. Alto (20L EM/m <sup>3</sup> RO)	3	36,0000	1,73205	31,6973	40,3027
	T4. Testigo (Sin EM)	3	37,3333	2,08167	32,1622	42,5045
	Total	12	39,5000	3,50325	37,2741	41,7259
Contenido de Zinc (Zn ppm)	T1. Bajo (5L EM /m <sup>3</sup> RO)	3	255,3333	5,03322	242,8301	267,8366
	T2. Medio (10L EM/m <sup>3</sup> RO)	3	293,0000	6,08276	277,8896	308,1104
	T3. Alto (20L EM/m <sup>3</sup> RO)	3	199,0000	40,63250	98,0633	299,9367
	T4. Testigo (Sin EM)	3	259,3333	4,61880	247,8596	270,8071
	Total	12	251,6667	39,46537	226,5916	276,7418
Contenido de manganeso (Mn ppm)	T1. Bajo (5L EM /m <sup>3</sup> RO)	3	833,0000	1,00000	830,5159	835,4841
	T2. Medio (10L EM/m <sup>3</sup> RO)	3	872,0000	12,12436	841,8814	902,1186
	T3. Alto (20L EM/m <sup>3</sup> RO)	3	905,0000	21,79449	850,8595	959,1405
	T4. Testigo (Sin EM)	3	866,6667	1,52753	862,8721	870,4612
	Total	12	869,1667	28,71437	850,9224	887,4109
Contenido de boro (B ppm)	T1. Bajo (5L EM /m <sup>3</sup> RO)	3	55,6667	,57735	54,2324	57,1009
	T2. Medio (10L EM/m <sup>3</sup> RO)	3	47,6667	1,52753	43,8721	51,4612
	T3. Alto (20L EM/m <sup>3</sup> RO)	3	61,0000	2,64575	54,4276	67,5724
	T4. Testigo (Sin EM)	3	60,3333	2,51661	54,0817	66,5849
	Total	12	56,1667	5,81273	52,4734	59,8599

### **Hierro (Fe ppm)**

Según los resultados de la Tabla 7, el promedio general para el contenido de hierro es de 12532,8333 ppm en el compost a partir de RO. El tratamiento T3 (20 L/m<sup>3</sup>) induce a mayor contenido de Fe con 12906 ppm, luego el tratamiento T1 (5 L/m<sup>3</sup>) con 12651,333 ppm, después el tratamiento con la dosis media (10 L/m<sup>3</sup>) con 12390,6667 ppm de Fe y en último lugar el tratamiento testigo (sin EM) que induce a 12183,333 ppm, el promedio de cada tratamiento es cercano al promedio general por lo que se infiere que los comportamientos de los datos son homogéneos.

### **Cobre (Cu ppm)**

El promedio general de la presencia de cobre en el compost es de 39,5 ppm y una variabilidad de  $\pm 3,50325$  ppm, se observa que el mayor promedio se encuentra en el tratamiento T1 (5 L/m<sup>3</sup>) con 43,333 ppm y una desviación de  $\pm 1,52753$  ppm, luego en orden descendente continúa el tratamiento T2 (10 L/m<sup>3</sup>) con el promedio de 41,3333 ppm y una desviación de  $\pm 2,3094$  ppm, después el tratamiento Testigo (sin EM) con 37,3333 ppm y  $\pm 2,08167$  ppm de variabilidad y el último lugar ocupa el tratamiento T3 (20 L/m<sup>3</sup>) con el promedio de 36 ppm y una variabilidad de  $\pm 1,73205$  ppm.

### **Zinc (Zn)**

Según los resultados de la Tabla 7, el tratamiento T2 (10 L/m<sup>3</sup>) tiene mayor promedio con 293 ppm del contenido de zinc con una dispersión de  $\pm 6,08276$  ppm, luego el tratamiento testigo (sin EM) que tiene un promedio de zinc de 259,3333 ppm, con una dispersión de  $\pm 4,61880$  ppm, después el tratamiento T1 (5 L/m<sup>3</sup>) con un promedio de 255,3333 ppm y una desviación de  $\pm 5,03322$  ppm, finalmente el tratamiento T3 (20 L/m<sup>3</sup>) tiene el menor promedio de 199 ppm de zinc con una variabilidad de  $\pm 40,63250$  ppm.





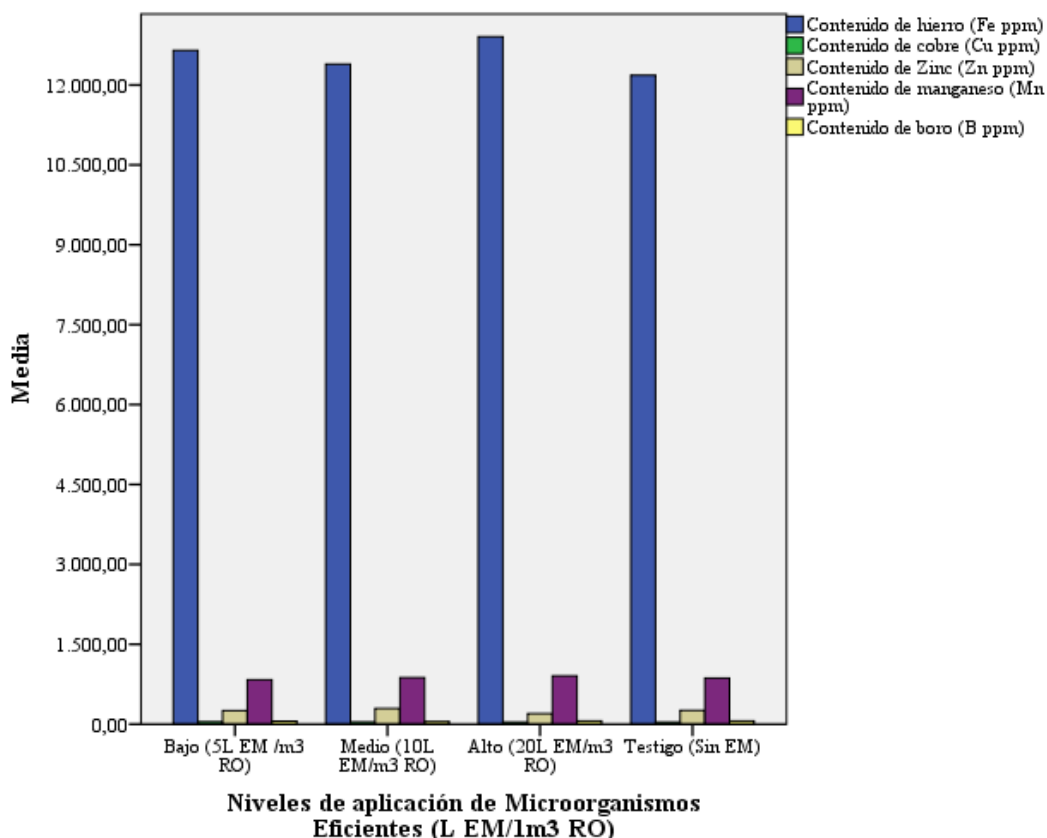
### **Manganeso (Mn)**

El promedio general del contenido de manganeso en el compost elaborado a partir de RO es de 869,1667 ppm y una variabilidad de  $\pm 28,71437$  ppm, observándose mayor efecto en el tratamiento T3 (20 L/m<sup>3</sup>) con un promedio de 905 ppm, luego el tratamiento T2 (10 L/m<sup>3</sup>) con el promedio de 872 ppm, y una variabilidad de  $\pm 12,12436$  ppm, después el tratamiento testigo (sin EM) con 866,6667 ppm y  $\pm 1,52753$  ppm y el último lugar ocupa el tratamiento T1 (5 L/m<sup>3</sup>) con el promedio de 833 ppm y una variabilidad de  $\pm 1$  ppm.

### **Boro (B)**

El promedio general del contenido de boro en el compost es de 56,1667 ppm y una variabilidad de  $\pm 5,81273$  ppm, observándose mayor efecto en el tratamiento T3 (20 L/m<sup>3</sup>) con 61 ppm y en orden descendente continúa el tratamiento testigo (sin EM) con un promedio de 60,3333 ppm de boro, luego el tratamiento T1 (5 L/m<sup>3</sup>) con el promedio de 55,6667 ppm, y una variabilidad de  $\pm 0,57735$  ppm, y el último lugar ocupa el tratamiento T2 (10 L/m<sup>3</sup>) con el promedio de 47,6667 ppm y una variabilidad de  $\pm 1,527$  ppm.





**Figura 4 — Diagrama de barras del contenido de micronutrientes en ppm en el compost elaborado a partir de RO domésticos**

En la figura 4, se observa los promedios de microelementos en ppm en el compost elaborado a partir de residuos orgánicos domésticos obtenidos mediante la aplicación de diferentes dosis de microorganismos eficaces (EM). Se aprecia que en el contenido de hierro para todos los tratamientos son mayores respecto a los microelementos de manganeso, cobre y zinc respectivamente. El contenido de hierro se puede considerar que son iguales técnicamente ya que no se observa amplia variabilidad entre los tratamientos, lo mismo ocurre con el contenido de manganeso y zinc porque en todos los tratamientos se observan promedios muy cercanos entre sí.

#### 5.1.1.4 pH

El pH de los sustratos es muy importante para las plantas debido a que estabiliza la disponibilidad de nutrientes para las plantas y por

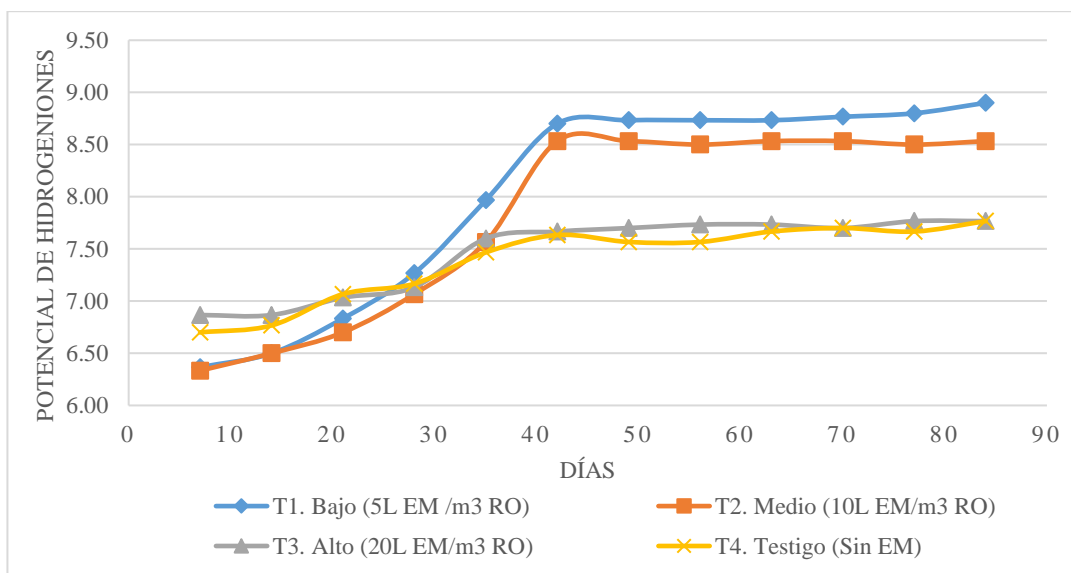


consiguiente el crecimiento de las raíces y la nutrición vegetal. Así, cuando el pH es superior a 6 dificulta la absorción por ejemplo del boro y cobre, pero cuando el pH es inferior a 5 las plantas tienen dificultades para la absorción de nitrógeno y cuando el pH es muy escaso las plantas pueden asimilar rápidamente el manganeso, por tanto, un pH entre 5 a 6 es considerado adecuado para el tratamiento de las plantas. El análisis del pH del compost se encargó a la Universidad Nacional Agraria La Molina cuyos resultados se expresan a continuación.

**Tabla 8 — Estadísticos descriptivos del pH en el compost elaborado a partir de residuos orgánicos**

Tratamientos	N	Media	Desviación típica	Intervalo de confianza para la media al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
T1. Bajo (5L EM /m <sup>3</sup> RO)	3	8,8933	,01528	8,8554	8,9313
T2. Medio (10L EM/m <sup>3</sup> RO)	3	8,6667	,05033	8,5416	8,7917
T3. Alto (20L EM/m <sup>3</sup> RO)	3	7,8767	,03786	7,7826	7,9707
T4. Testigo (Sin EM)	3	7,8667	,01528	7,8287	7,9046
Total	12	8,3258	,48254	8,0192	8,6324

En la Tabla 8, el promedio general para el pH del compost elaborado con RO e incorporación de EM en diferente dosis de aplicación muestra el valor de 8,3258 el cual es considerado ligeramente alcalino, los promedios de pH en los tratamientos testigo y nivel alto de aplicación de EM (20 L.m<sup>-3</sup>) son similares con valores de 7,86 y 7,87 los cuales son considerados neutros, mientras que los niveles de aplicación bajo (5 L.m<sup>-3</sup>) y medio (10 L.m<sup>-3</sup>) tiene pH considerado ligeramente alcalinos ya los valores son de 8,89 y 8,66 respectivamente. El comportamiento del pH en los diferentes tratamientos es homogéneo ya que la desviación típica de todos los tratamientos son valores cercanos a cero (0) y van desde ±0,01528 hasta ±0,05.



**Figura 5 — Perfil histograma del comportamiento del pH según tratamientos**

Según la figura 5, el comportamiento del pH de todos los tratamientos va en aumento a partir del día diez (10) siendo los tratamientos T1. Bajo (5 L.m<sup>-3</sup>) y tratamiento T2. Medio (10 L.m<sup>-3</sup>) los que tienen semejante comportamiento incrementando su valor a partir del día 40 hasta por encima de 8.50 considerándose en el intervalo de ligeramente alcalino (de 8 a 9). Los tratamientos T3. Alto (20 L.m<sup>-3</sup>) y el tratamiento testigo también muestran comportamiento similar incrementándose ambos a partir de día 10, dichos tratamientos alcanzan valores altos de pH a partir del día 35 en adelante con valores por encima de 7,50 considerándose en el intervalo de pH neutro a ligeramente alcalino (de 7 a 8).

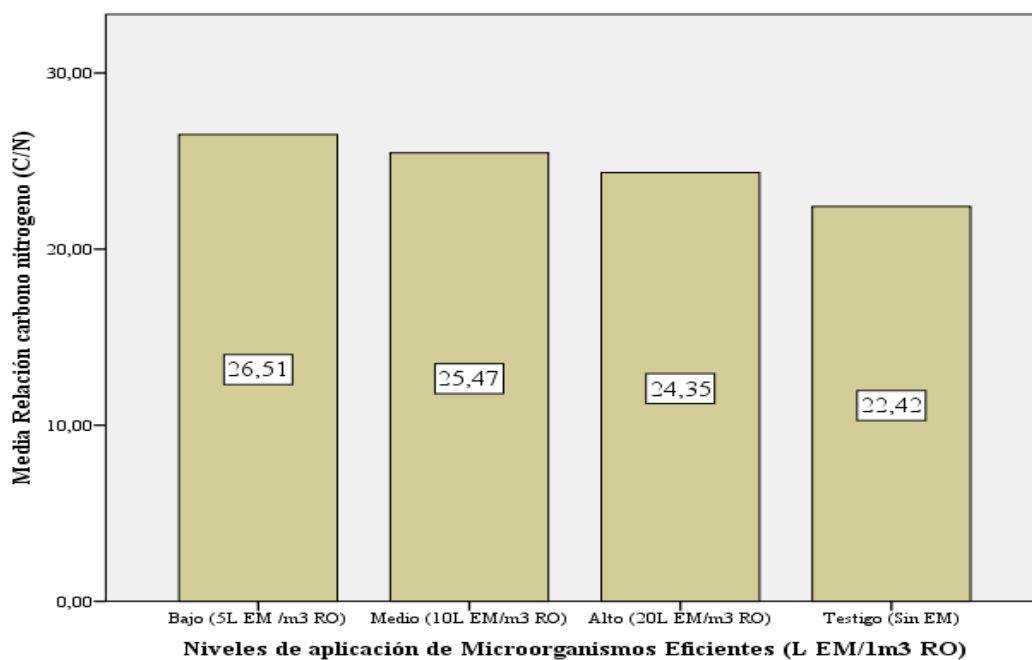
#### 5.1.1.4 Relación C/N

Es un índice de la calidad del compost. Revela la tasa de nitrógeno aprovechable para las plantas; valores por encima de 20 indica que la materia orgánica se desintegra lentamente porque los microorganismos inmovilizan el nitrógeno y no pueden ser absorbidas por las plantas, los valores por debajo de 10 aceleran la descomposición de la materia orgánica, el análisis de la relación C/N fue encargado a la Universidad Nacional Agraria La Molina, cuyos resultados se expresan a continuación.

**Tabla 9 — Estadísticos descriptivos de la relación carbono nitrógeno (C/N) en el compost elaborado a partir de RO**

Tratamientos	N	Media	Desviación típica	Intervalo de confianza para la media al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
T1. Bajo (5L EM /m <sup>3</sup> RO)	3	26,5067	,47343	25,3306	27,6827
T2. Medio (10L EM/m <sup>3</sup> RO)	3	25,4700	,83108	23,4055	27,5345
T3. Alto (20L EM/m <sup>3</sup> RO)	3	24,3500	,20075	23,8513	24,8487
T4. Testigo (Sin EM)	3	22,4200	1,92281	17,6435	27,1965
Total	12	24,6867	1,82995	23,5240	25,8494

Según los resultados de la Tabla 9, el promedio general de la relación Carbono Nitrógeno es de 24.6867 valor superior a 20 lo que indicaría la inmovilización del nitrógeno para la planta y la descomposición de la MO sería muy lenta, los tratamientos T2 y T3 muestran valores cercanos entre sí y son superiores a 20 por lo cual se concluye que el compost elaborado a partir de RO no sería el adecuado para la nutrición de los vegetales ya que el nitrógeno disponible no estaría disponible para las plantas. En general se puede mencionar según los resultados de relación C/N de la Tabla 9, el compost elaborado a partir de RO con aplicación de EM en sus diferentes dosis no sería favorable para la nutrición de las plantas.



**Figura 6 — Diagrama de barras de la relación C/N en el compost elaborado a partir de RO**

En la figura 6, la relación C/N, tiene diferentes valores según el nivel de aplicación de microorganismos eficientes, el nivel bajo ( $5 \text{ L.m}^{-3}$ ) induce a mayor relación de C/N con el valor de 26.51, luego el nivel medio de aplicación ( $10 \text{ L.m}^{-3}$ ) con una relación C/N de 25,47 después el nivel de aplicación alto ( $20 \text{ L.m}^{-3}$ ) con una relación C/N de 24.35 y finalmente el tratamiento testigo que tiene una relación C/N de 22,42.

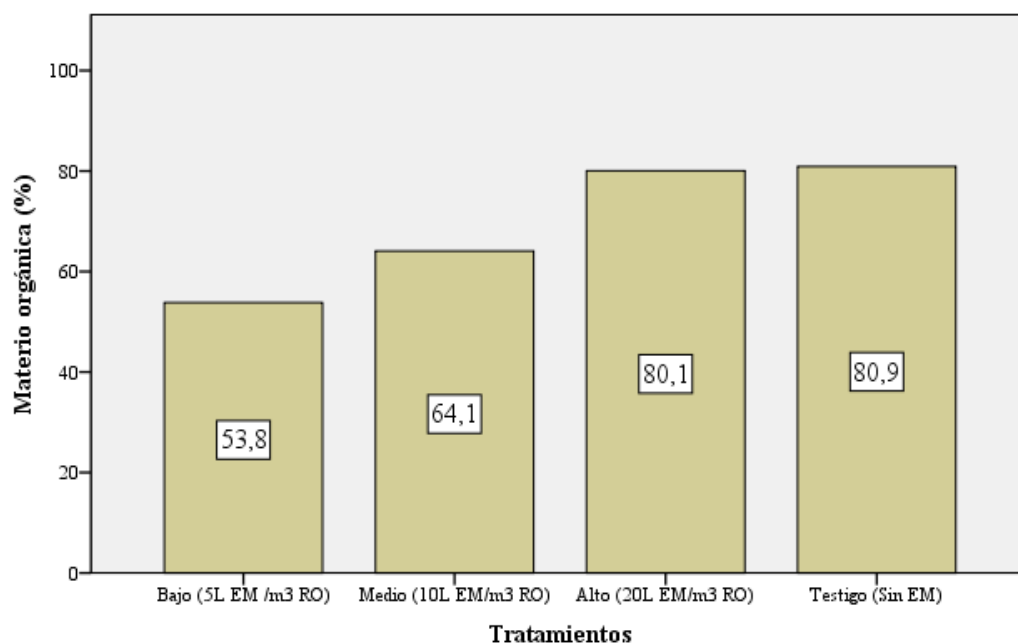
#### 5.1.1.5 Porcentaje M.O

La materia orgánica (MO) es el porcentaje de la materia seca que perdura como MO después de haber sido descompuesto, “ $\text{MO} < 30\%$  indica que el compost este combinado con arena, tierra, cenizas u otro compuesto mineral, mientras que  $\text{MO} > 60\%$  indican que los residuos no están definitivamente compostados” el análisis de la MO se encargó a la Universidad Nacional Agraria La Molina, los resultados se expresan a continuación.

**Tabla 10 — Estadísticos descriptivos del contenido de materia orgánica en el compost elaborado a partir de residuos orgánicos**

	N	Media	Desviación típica	Intervalo de confianza para la media al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
T1. Bajo (5L EM /m <sup>3</sup> RO)	3	53,8067	3,48483	45,1499	62,4635
T2. Medio (10L EM/m <sup>3</sup> RO)	3	64,0900	3,91514	54,3643	73,8157
T3. Alto (20L EM/m <sup>3</sup> RO)	3	80,0533	,40415	79,0494	81,0573
T4. Testigo (Sin EM)	3	80,9267	,46876	79,7622	82,0911
Total	12	69,7192	12,08908	62,0381	77,4002

Según los resultados de la Tabla 10, el promedio general del contenido de MO es de 69,7192% lo que indicaría que en general los residuos de MO en el compost no están suficientemente descompuestos, los tratamientos T3 y T4 muestran valores semejantes de 80,0533% y 80,9267% respectivamente, por tanto en dichos tratamientos, los residuos de MO no se encuentran adecuadamente descompuestos además que su comportamiento es homogéneo debido a que el valor de la desviación típica es cercano a cero (0). En el tratamiento T2 el contenido de MO en el compost es mayor a 60% por tanto, también indica que la materia orgánica no está adecuadamente descompuesta, mientras que en el tratamiento T1 (5 L.m<sup>-3</sup>) de aplicación de EM, se observa que la MO se encuentra por debajo de 60% y por encima de 30% (30<MO<60%) el cual indica que los nutrientes contenidos en la materia orgánica se encuentran disponibles para las plantas.



**Figura 7 — Diagrama de barras del contenido de materia orgánica en el compost elaborado a partir de RO**

Según la figura 7, el tratamiento testigo (T4) es el que tiene mayor contenido de MO en el compost con el valor de 80,9% luego el tratamiento T3 (20 L.m<sup>-3</sup>) con el valor de 80,1% después el tratamiento T2 (10 L.m<sup>-3</sup>) cuyo contenido de MO es de 64,1%. Finalmente, el tratamiento T1 (5 L.m<sup>-3</sup>) conduce a un nivel de MO de 53,8% en el compost elaborado a partir de los RO.

#### 5.1.1.6 Conductividad eléctrica

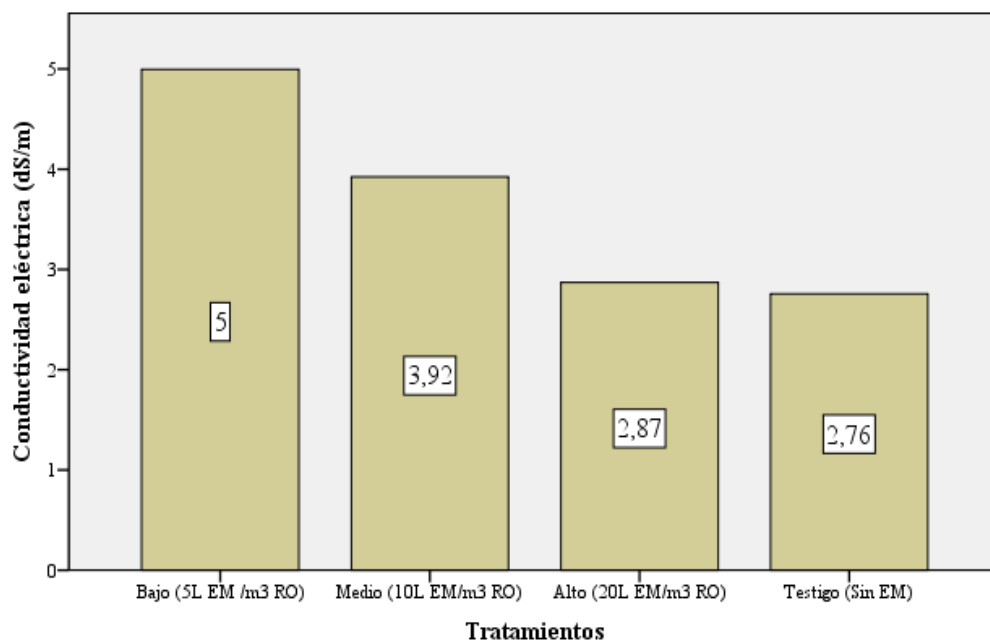
La conductividad eléctrica (C.E.) es el que indica la cantidad de sales presentes, así una mayor C.E. está relacionada inversamente con los rendimientos de la producción de los cultivos, la incorporación de fertilizantes al suelo para la nutrición de los cultivos estará disponibles si la C.E. es pequeño. El análisis de las C.E. del compost fue encargado a la UNALM cuyos resultados se reportan a continuación.



**Tabla 11 — Estadísticos descriptivos de la conductividad eléctrica del compost elaborado a partir de residuos orgánicos**

Tratamientos	N	Media	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
T1. Bajo (5L EM /m <sup>3</sup> RO)	3	4,9967	,11260	4,5122	5,4811
T2. Medio (10L EM/m <sup>3</sup> RO)	3	3,9233	,05239	3,6979	4,1487
T3. Alto (20L EM/m <sup>3</sup> RO)	3	2,8700	,16862	2,1445	3,5955
T4. Testigo (Sin EM)	3	2,7567	,01667	2,6850	2,8284
Total	12	3,6367	,27725	3,0264	4,2469

Los resultados de la Tabla 11, tiene como promedio general el valor de C.E. de 3,6367 ds.m<sup>-1</sup> clasificando en la categoría de ligeramente salino, cuando se aplica el tratamiento T1 (5 L.m<sup>-3</sup>) de EM en el proceso de producción de compost se obtiene como resultado el valor promedio de 4,9967 ds.m<sup>-1</sup> de C.E. clasificando en la categoría de salino, cuando se aplica el tratamiento T2 (10 L.m<sup>-3</sup>) se obtiene en promedio 3,933 ds.m<sup>-1</sup> clasificando en la categoría de ligeramente salino, lo mismo ocurre cuando se aplican los tratamientos T3 (20 L.m<sup>-3</sup>) y T4 (testigo) se obtienen C.E. de 2,87 ds.m<sup>-1</sup> y 2,7567 ds.m<sup>-1</sup> clasificando en la categoría de ligeramente salino respectivamente.



**Figura 8 — Diagrama de barras de la conductividad eléctrica en el compost elaborado a partir de RO**

Según la figura 8, la C.E. en el compost elaborado a partir de RO es mayor cuando se aplica el nivel bajo de EM ( $5 \text{ L.m}^{-3}$ ) con el valor de  $5 \text{ ds.m}^{-1}$  y según va aumentando la dosis de EM la C.E. disminuye, así para el tratamiento T2 ( $10 \text{ L.m}^{-3}$ ) la C.E. es de  $3.92 \text{ ds.m}^{-1}$  y para el tratamiento T3 ( $20 \text{ L.m}^{-3}$ ) la C.E. es de  $2,87 \text{ ds.m}^{-1}$  y cuando no se aplica EM en el proceso de compostación de los RO la C.E. es de  $2,76 \text{ ds.m}^{-1}$ , todos los valores son considerados en la categoría de ligeramente salino.

## 5.2 Efecto de los microorganismos eficientes en las propiedades microbiológicas del compost

### 5.2.1 Coliformes totales y fecales

La presencia de coliformes totales es un indicador de presencia de organismos patógenos. Así, a mayor presencia de coliformes totales habrá mayor presencia de organismos patógenos, el número de organismos es establecido por conteo de unidades formadoras de colonias mediante la técnica del número más probable, el análisis de laboratorio se encargó a la Universidad Nacional Agraria La Molina y los resultados se muestran a continuación.

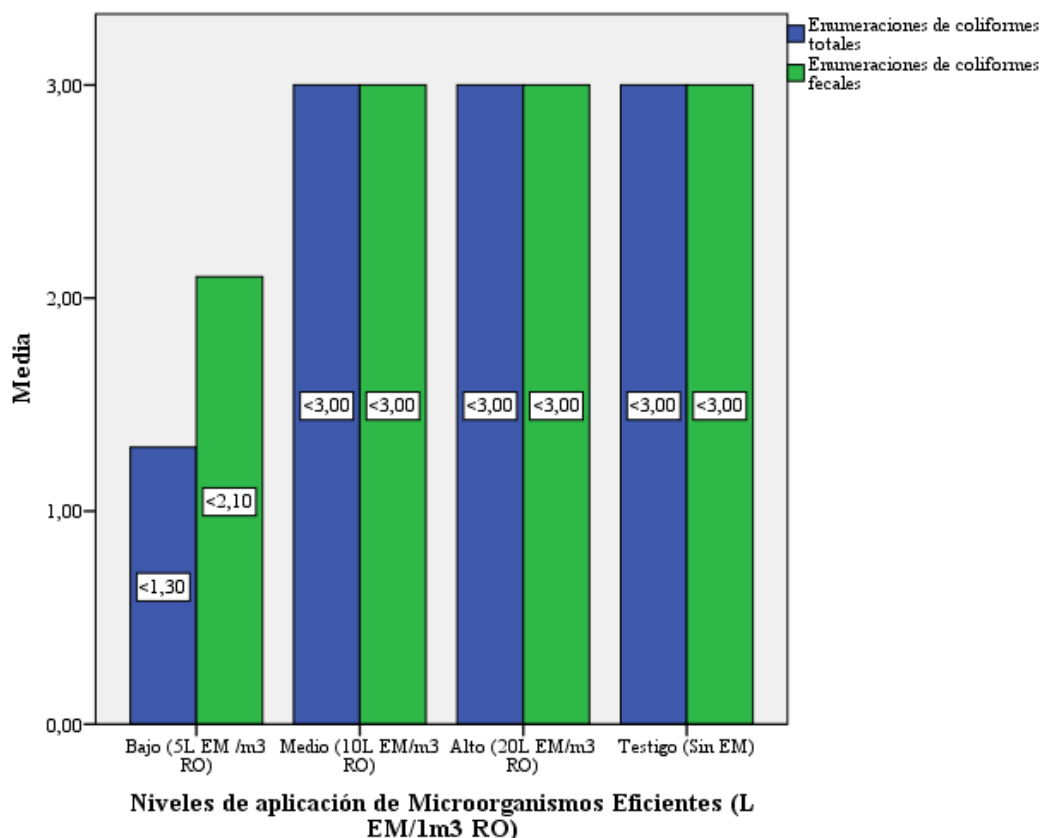
**Tabla 12 — Estadísticos descriptivos del contenido de coliformes totales y fecales en el compost elaborado a partir de residuos orgánicos**

		N	Media	Desviación típica	Intervalo de confianza para la media al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Enumeraciones de coliformes totales	T1. Bajo (5L EM /m <sup>3</sup> RO)	3	<1,3000	1,47986	-2,3762	4,9762
	T2. Medio (10L EM/m <sup>3</sup> RO)	3	<3,0000	,00000	3,0000	3,0000
	T3. Alto (20L EM/m <sup>3</sup> RO)	3	<3,0000	,00000	3,0000	3,0000
	T4. Testigo (Sin EM)	3	<3,0000	,00000	3,0000	3,0000
	Total	12	<2,5750	,99464	1,9430	3,2070
Enumeraciones de coliformes fecales	T1. Bajo (5L EM /m <sup>3</sup> RO)	3	<2,1000	1,55885	-1,7724	5,9724
	T2. Medio (10L EM/m <sup>3</sup> RO)	3	<3,0000	,00000	3,0000	3,0000
	T3. Alto (20L EM/m <sup>3</sup> RO)	3	<3,0000	,00000	3,0000	3,0000
	T4. Testigo (Sin EM)	3	<3,0000	,00000	3,0000	3,0000
	Total	12	<2,7750	,77942	2,2798	3,2702

En la Tabla 12, según los resultados de la evaluación microbiológica el comportamiento de la muestra reporta que el número más probable de bacterias Coliformes Totales para todos los tratamientos tienen valores menores que tres (3) NMP.g<sup>-1</sup> (<3 NMP.g<sup>-1</sup>) dichos valores están muy por debajo del límite máximo permisible según las normas: Norma chilena 2880 Compost-clasificación y requerimientos 2005 y Norma Ambiental para el distrito federal nadf-020-ambt-2011, México cuyo límite para coliformes totales está fijado en <1000 NMP.g<sup>-1</sup>.

Igualmente, la presencia de coliformes fecales para todos los tratamientos se encuentra por debajo de tres (<3 NMP.g<sup>-1</sup>), estos valores indican que el compost elaborado a partir de residuos orgánicos mediante la aplicación de microorganismos eficientes, no cuenta con presencia de microorganismos patógenos.





**Figura 9 — Diagrama de barras del contenido de coliformes totales y fecales en el compost elaborado a partir de RO**

Según la figura 9, la menor concentración de coliformes totales y fecales es para el tratamiento T1, con los valores de  $<1.30$  y  $<2.10$  NMP.g<sup>-1</sup> respectivamente, luego los demás tratamientos incluido el tratamiento testigo tienen igual nivel de coliformes totales y fecales con el valor de  $<3$  NMP.g<sup>-1</sup>.

## 5.2 Contratación de hipótesis

Tiene como propósito probar la afirmación “la aplicación de microorganismos eficientes tienen efectos significativos en la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos domésticos”. Se prueba dicha afirmación en dos partes: 1) en sus propiedades fisicoquímicas del compost y 2) en las propiedades microbiológicas. Para la contrastación de las hipótesis se formuló las siguientes hipótesis estadísticas:



Ho:  $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$  (los promedios de la variable de respuesta son iguales entre los tratamientos aplicados)

H1:  $\mu_i \neq \mu_j$ , para algún i, j (existe al menos un promedio de la variable de respuesta ij que es diferente entre los tratamientos)

La contrastación se efectuó mediante el análisis de variancia (ANOVA) a un nivel de confianza de 95%, siendo el criterio para rechazar la hipótesis nula (Ho) cuando el nivel de la significancia es menor que 0,05 (Sig.< 0,05).

### 5.2.1 Propiedades fisicoquímicas del compost

#### a) Temperatura.

**Tabla 13 — Análisis de Variancia de la temperatura del compost elaborado de residuos orgánicos domésticos**

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	,493	3	,164	1,730	,238
Error	,760	8	,095		
Total	1,253	11			

Si  $\alpha = 0.05$ , el punto crítico que delimita la zona de aceptación y rechazo de la hipótesis nula (Ho) es  $F = 1.730$  con su correspondiente valor de la significancia Sig. = 0.238. Por tanto, se concluye a un nivel de significación del 5%, no existe evidencia estadística suficiente para afirmar que los promedios de las temperaturas del compost por efecto de la aplicación de los tratamientos sean diferentes.

**b) Macronutrientes (NPK).**

**Tabla 14 — Análisis de variancia para el contenido de macronutrientes en el compost elaborado a partir de RO domésticos**

Fuentes de variación		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Contenido de nitrógeno (%)	Tratamientos	,793	3	,264	6,937	,013
	Error	,305	8	,038		
	Total	1,098	11			
Contenido de fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %)	Tratamientos	,116	3	,039	4,211	,046
	Error	,073	8	,009		
	Total	,189	11			
Contenido de potasio (K <sub>2</sub> O %)	Tratamientos	1,580	3	,527	5,778	,021
	Error	,729	8	,091		
	Total	2,309	11			

R<sup>2</sup> = 72.23%, CV = 1.10% Nitrógeno

R<sup>2</sup> = 60.14%, CV = 9.68% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

R<sup>2</sup> = 68.42%, CV = 1.20% K<sub>2</sub>O

**Nitrógeno (N%)**

La Tabla 14 muestra la salida de la variable de respuesta contenido de nitrógeno porcentual en el compost elaborado a partir de residuos orgánicos domésticos, que para 12 observaciones en total el 72.23 % (R<sup>2</sup>) de la variabilidad total se puede expresar conociendo las situaciones experimentales a las que han sido exhibida los RO, el error experimental tiene una magnitud que es equivalente al 1.10% (CV) del valor medio de la variable de respuesta.

El análisis de variancia del cuadro ANOVA indica que sí existe efecto atribuible al factor (dosis de aplicación de microorganismos eficaces) sobre el contenido de nitrógeno en el compost ya que el valor de Fc=6.937 y su correspondiente valor de la significancia (Sig. = 0.013) caen en la zona de rechazo de la distribución F de Fisher-Snedecor, lo que conlleva a concluir que existe diferencias significativas entre los promedios de contenido de nitrógeno por efecto de la aplicación de diferentes dosis de microorganismos eficaces.



### **Fósforo ( $P_2O_5$ )**

El 60.14% de la variabilidad total del contenido de fósforo ( $P_2O_5$ ) porcentual en el compost elaborado a partir de residuos orgánicos domésticos se puede explicar por la incorporación de microorganismos eficaces a los RO, el error experimental representado con el valor de 9.68% (CV) indica que el comportamiento del conjunto de datos es homogéneo en relación al valor medio de la variable de respuesta.

El análisis de variancia del cuadro ANOVA indica que sí existe efecto atribuible al factor (dosis de aplicación de microorganismos eficaces) sobre el contenido de  $P_2O_5$  en el compost ya que el valor de  $F_c=4.211$  y su correspondiente valor de la significancia (Sig. = 0.046) caen en la zona de rechazo de la distribución F de Fisher-Snedecor, lo que conlleva a concluir que existe diferencias significativas entre los promedios de contenido de fósforo por efecto de la aplicación de diferentes dosis de microorganismos eficaces.

### **Potasio ( $K_2O$ )**

De un total de 12 datos, el 68.42% de la variabilidad total del contenido de potasio porcentual en el compost, es explicado por la aplicación de microorganismos eficaces en los RO, el error experimental cuyo valor es de 1.20% (CV) indica que el comportamiento del conjunto de datos es homogéneo en relación al valor medio de la variable de respuesta.

El análisis de variancia del cuadro ANOVA indica que sí existe efecto atribuible al factor (dosis de aplicación de microorganismos eficaces) sobre el contenido de potasio en el compost ya que el valor de  $F_c=5.778$  y su correspondiente valor de la significancia (Sig. = 0.021) caen en la zona de rechazo de la distribución F de Fisher-Snedecor, lo que conlleva a concluir que existe diferencias significativas entre los promedios de contenido de potasio por efecto de la aplicación de diferentes dosis de microorganismos eficaces en los RO domésticos.

Con el objetivo de determinar cuáles dosis de aplicación de EM induce a mayor contenido de macroelementos en el compost elaborado a partir de RO domésticos, se realizó la prueba de Dunnett que permite comparar los promedios de los tratamientos activos con el testigo, los resultados se expresan a continuación.



**Tabla 15 — Comparaciones múltiples de promedios de los macronutrientes con el testigo mediante el estadístico de Dunnett**

t de Dunnett (bilateral) <sup>a</sup>								
Variable dependiente	(I) Niveles de aplicación de Microorganismos Eficientes (L EM/1m <sup>3</sup> RO)	(J) Niveles de aplicación de Microorganismos Eficientes (L EM/1m <sup>3</sup> RO)	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
						Límite inferior	Límite superior	
Contenido de nitrógeno (%)	T1. Bajo (5L EM /m <sup>3</sup> RO)	T4. Testigo (Sin EM)	-,54333*	,15943	,023	-1,0024	-,0842	
	T2. Medio (10L EM/m <sup>3</sup> RO)	T4. Testigo (Sin EM)	-,65333*	,15943	,009	-1,1124	-,1942	
	T3. Alto (20L EM/m <sup>3</sup> RO)	T4. Testigo (Sin EM)	-,23667	,15943	,370	-,6958	,2224	
Contenido de fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %)	T1. Bajo (5L EM /m <sup>3</sup> RO)	T4. Testigo (Sin EM)	-,22667*	,07810	,048	-,4516	-,0018	
	T2. Medio (10L EM/m <sup>3</sup> RO)	T4. Testigo (Sin EM)	-,18667	,07810	,103	-,4116	,0382	
	T3. Alto (20L EM/m <sup>3</sup> RO)	T4. Testigo (Sin EM)	-,02667	,07810	,972	-,2516	,1982	
Contenido de potasio (K <sub>2</sub> O %)	T1. Bajo (5L EM /m <sup>3</sup> RO)	T4. Testigo (Sin EM)	-,18000	,24652	,809	-,8899	,5299	
	T2. Medio (10L EM/m <sup>3</sup> RO)	T4. Testigo (Sin EM)	,78333*	,24652	,032	,0734	1,4932	
	T3. Alto (20L EM/m <sup>3</sup> RO)	T4. Testigo (Sin EM)	,25333	,24652	,626	-,4566	,9632	

a. Las pruebas t de Dunnett tratan un grupo como control y lo comparan con todos los demás grupos.

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

### Nitrógeno

Según los resultados de la Tabla 15, el tratamiento testigo (sin aplicación de microorganismos eficaces) reporta mayor nivel de concentración de nitrógeno en el compost frente a los tratamientos T1 (5 L/m<sup>3</sup>) y T2 (10 L/m<sup>3</sup>) respectivamente ya que el valor de la significancia es de 0,023 y 0,009 respectivamente (Sig. < 0,05), lo que ratifica los hallazgos encontrados en la Tabla 5 cuyo promedio para el testigo fue de 2,1367% frente a 1,5933% del tratamiento T1 y 1,4833 del tratamiento T2, mientras que, al comparar el promedio del tratamiento T3 (20 L/m<sup>3</sup>) con el testigo no se han detectado diferencias estadísticas lo que se ratifica con el valor de la significancia de 0,370 (Sig.> 0,05) de la Tabla 15.

### Fósforo

En cuanto al contenido de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), los resultados indican que no existe evidencia estadística suficiente para afirmar que los promedios de los tratamientos



T2 y T3 sean diferentes con el promedio del tratamiento testigo. Por tanto, se afirma que causan el mismo efecto en el contenido de fósforo del compost de RO, Al comparar el tratamiento T1 (5 L/m<sup>3</sup>) con el testigo se observa que existe diferencia significativa entre los promedios en comparación debido a que el valor -P (Sig.<0,05) siendo el tratamiento testigo que tiene mayor efecto sobre el contenido de fósforo en el compost elaborado a partir de RO domésticos.

### Potasio

Se identificó diferencias significativas entre el promedio del tratamiento T2 (10 L/m<sup>3</sup>) y el promedio del tratamiento testigo, (Sig.=0,032 < 0,05) siendo el tratamiento T2 que induce a mayor contenido de potasio en el compost, los efectos de los tratamientos T1 y T3 son iguales con el testigo debido a que el nivel de la significancia es de 0,809 y 0,626 (Sig.> 0,05).

### c) Micronutrientes (Ca, Mg, Bo, Fe, Na, Cu, Zc y Mn).

**Tabla 16 — Análisis de variancia para el contenido de microelementos porcentual en el compost elaborado a partir de Ro domésticos**

Fuentes de variación		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Contenido de calcio (CaO %)	Tratamientos	1,377	3	,459	2,087	,180
	Error	1,760	8	,220		
	Total	3,137	11			
Contenido de magnesio (MgO %)	Tratamientos	,135	3	,045	1,910	,206
	Error	,188	8	,024		
	Total	,323	11			
Contenido de Hd %	Tratamientos	11,528	3	3,843	1,124	,395
	Error	27,346	8	3,418		
	Total	38,874	11			
Contenido de sodio (Na)	Tratamientos	,340	3	,113	,479	,706
	Error	1,894	8	,237		
	Total	2,235	11			

R<sup>2</sup> = 43,90%, CV = 6,66% (CaO)

R<sup>2</sup> = 41,73%, CV = 14,86% (MgO)

R<sup>2</sup> = 29,65%, CV = 4,82% (Hd)

R<sup>2</sup> = 15,24%, CV = 34,12% (Na)

### Óxido de calcio (CaO%)

La Tabla 16, muestra la salida de la variable de respuesta contenido de óxido de calcio porcentual en el compost elaborado a partir de residuos orgánicos domésticos, que para 12 observaciones en total el 43,90% (R<sup>2</sup>) de la variabilidad

total se puede aclarar por los contextos experimentales a las que han sido exhibidas los RO, el error experimental tiene un valor equivalente al 6,66% (CV) del valor medio de la variable de respuesta.

El análisis de variancia del cuadro ANOVA indica que no existe efecto atribuible al factor (dosis de aplicación de microorganismos eficaces) sobre el contenido de óxido de calcio en el compost ya que el valor de  $F_c=2,087$  y su correspondiente valor de la significancia (Sig. = 0,180) caen en la zona de aceptación de la distribución F de Fisher-Snedecor, lo que conlleva a concluir que no existe diferencias significativas entre los promedios de contenido de CaO por efecto de la aplicación de diferentes dosis de microorganismos eficaces.

### **Magnesio (MgO%)**

El 41,73% de la variabilidad total del contenido de óxido de magnesio porcentual en el compost elaborado a partir de residuos orgánicos domésticos se puede explicar por la incorporación de microorganismos eficaces a los RO, el error experimental representado con el valor de 14,86% (CV) indica que el comportamiento del conjunto de datos es homogéneo en relación al valor medio de la variable de respuesta.

El análisis de variancia del cuadro ANOVA indica que no existe efecto atribuible al factor (dosis de aplicación de microorganismos eficaces) sobre el contenido de MgO en el compost ya que el valor de  $F_c=1,910$  y su correspondiente valor de la significancia (Sig. = 0,206) caen en la zona de aceptación de la distribución F de Fisher-Snedecor, lo que conlleva a concluir que no existe diferencias significativas entre los promedios de contenido de óxido de magnesio por efecto de la aplicación de diferentes dosis de microorganismos eficaces.

### **Humedad (Hd%)**

De un total de 12 datos, el 29,65% de la variabilidad total del contenido de humedad porcentual en el compost, es explicado por la aplicación de microorganismos eficaces en los RO, el error experimental cuyo valor es de 4,82% (CV) indica que el comportamiento del conjunto de datos es homogéneo en relación al valor medio de la variable de respuesta.



El análisis de variancia del cuadro ANOVA indica que no existe efecto atribuible al factor (dosis de aplicación de microorganismos eficaces) sobre el contenido de humedad en el compost ya que el valor de  $F_c=1,124$  y su correspondiente valor de la significancia (Sig. = 0,395) caen en la zona de aceptación de la distribución F de Fisher-Snedecor, lo que conlleva a concluir que no existe diferencias significativas entre los promedios de contenido de humedad por efecto de la aplicación de diferentes dosis de microorganismos eficaces en los RO domésticos.

### **Sodio (Na)**

De un total de 12 datos, solo el 15,24% de la variabilidad total del contenido de sodio porcentual en el compost, es explicado por la aplicación de microorganismos eficaces en los RO, el error experimental cuyo valor es de 34,12% (CV) indica que el comportamiento del conjunto de datos fue heterogéneo en relación al valor medio de la variable de respuesta.

El análisis de variancia del cuadro ANOVA indica que no existe efecto atribuible al factor (dosis de aplicación de microorganismos eficaces) sobre el contenido de sodio en el compost ya que el valor de  $F_c=0,479$  y su correspondiente valor de la significancia (Sig. = 0,706) caen en la zona de aceptación de la distribución F de Fisher-Snedecor, lo que conlleva a concluir que no existe diferencias significativas entre los promedios de contenido de sodio por efecto de la aplicación de diferentes dosis de microorganismos eficaces en los RO domésticos.

**Tabla 17 — Análisis de variancia para el contenido de microelementos en ppm en el compost elaborado a partir de Ro domésticos**

Fuentes de variación		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Contenido de hierro (Fe ppm)	Tratamientos	886971,667	3	295657,222	,505	,689
	Error	4683104,000	8	585388,000		
	Total	5570075,667	11			
Contenido de cobre (Cu ppm)	Tratamientos	105,000	3	35,000	9,333	,005
	Error	30,000	8	3,750		
	Total	135,000	11			
Contenido de Zinc (Zn ppm)	Tratamientos	13663,333	3	4554,444	10,502	,004
	Error	3469,333	8	433,667		
	Total	17132,667	11			
Contenido de manganeso (Mn ppm)	Tratamientos	7819,000	3	2606,333	16,672	,001
	Error	1250,667	8	156,333		
	Total	9069,667	11			
Contenido de boro (B ppm)	Tratamientos	339,667	3	113,222	28,306	,000
	Error	32,000	8	4,000		
	Total	371,667	11			

R<sup>2</sup> = 15,92%, CV = 6,10% (Fe)

R<sup>2</sup> = 77,78%, CV = 4,90% (Cu)

R<sup>2</sup> = 79,75%, CV = 8,27% (Zn)

R<sup>2</sup> = 86,21%, CV = 1,44% (Mn)

R<sup>2</sup> = 91,39%, CV = 3,56% (B)

### Hierro (Fe ppm)

Según los resultados de la Tabla 17, para 12 observaciones en total el 15,92% (R<sup>2</sup>) de la variabilidad total se puede expresar por las situaciones experimentales a las que han sido exhibidas los RO, el error experimental tiene un valor equivalente al 6,10% (CV) del valor medio de la variable de respuesta.

El análisis de variancia del cuadro ANOVA indica que no existe efecto atribuible al factor (dosis de aplicación de microorganismos eficaces) sobre el contenido de hierro en el compost ya que el valor de Fc=0,505 y su correspondiente valor de la significancia (Sig. = 0,689) caen en la zona de aceptación de la distribución F de Fisher-Snedecor, lo que conlleva a concluir que no existe diferencias significativas entre los promedios de contenido de hierro por efecto de la aplicación de diferentes dosis de microorganismos eficaces.

### **Cobre (Cu ppm)**

El 77, 78% ( $R^2$ ) de la variabilidad total se puede explicar por las situaciones experimentales a las que han sido exhibidas los RO, el error experimental tiene un valor equivalente al 4,90% (CV) del valor medio de la variable de respuesta.

El análisis de variancia del cuadro ANOVA indica que existe efecto atribuible al factor (dosis de aplicación de microorganismos eficaces) sobre el contenido de cobre en el compost ya que el valor de  $F_c=9,333$  y su correspondiente valor de la significancia (Sig. = 0,05) caen en la zona de rechazo de la distribución F de Fisher-Snedecor, lo que conlleva a concluir que existe diferencias significativas entre los promedios de contenido de cobre por efecto de la aplicación de diferentes dosis de microorganismos eficaces a un nivel de confianza de 95%.

### **Zinc (Zn).**

El 79, 75% ( $R^2$ ) de la variabilidad total se puede explicar por las situaciones experimentales a las que han sido exhibidas los RO, el error experimental tiene un valor equivalente al 8,27% (CV) del valor medio de la variable de respuesta.

El cuadro ANOVA indica que existe efecto significativo a la aplicación de microorganismos eficaces sobre el contenido de zinc en el compost ya que el valor de  $F_c=10,502$  y su correspondiente valor de la significancia (Sig. = 0,04) caen en la zona de rechazo de la distribución F de Fisher-Snedecor, lo que conlleva a concluir que existe diferencias significativas entre los promedios de contenido de zinc a un nivel de confianza de 95%.

### **Manganeso (Mn).**

El 86,21% ( $R^2$ ) de la variabilidad total es explicada por las situaciones experimentales a las que fueron exhibidas los RO, el error experimental tiene un valor equivalente al 1,44% (CV) del valor medio de la variable de respuesta.

El cuadro ANOVA indica que existe efecto significativo a la aplicación de microorganismos eficaces sobre el contenido de manganeso en el compost ya que el valor de  $F_c = 16,672$  y su correspondiente valor de la significancia (Sig. = 0,01) caen en la zona de rechazo de la distribución F de Fisher-Snedecor, lo que conlleva



a concluir que existe diferencias significativas entre los promedios de contenido de manganeso a un nivel de confianza de 95%.

**Boro (B)**

El 91,39% ( $R^2$ ) de la variabilidad total es explicada por las situaciones experimentales a las que fueron exhibidas los RO, el error experimental tiene un valor equivalente al 3,51% (CV) del valor medio de la variable de respuesta.

El cuadro ANOVA indica que existe diferencias significativas en el contenido de boro por efecto de la aplicación de microorganismos eficaces ya que el valor de  $F_c = 28,306$  y su correspondiente valor de la significancia (Sig. = 0,000) caen en la zona de rechazo de la distribución F de Fisher-Snedecor a un nivel de confianza de 95%.

**Tabla 18 — Comparaciones múltiples de promedios de los microelementos en ppm según tratamientos con el testigo mediante el estadístico de Dunnett**

t de Dunnett (bilateral) <sup>a</sup>								
Variable dependiente	(I) Niveles de aplicación de Microorganismos Eficientes (L EM/1m <sup>3</sup> RO)	(J) Niveles de aplicación de Microorganismos Eficientes (L EM/1m <sup>3</sup> RO)	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
						Límite inferior	Límite superior	
Contenido de hierro (Fe ppm)	T1. Bajo (5L EM /m3 RO)	T4. Testigo (Sin EM)	468,00000	624,70686	,798	-1330,9444	2266,9444	
	T2. Medio (10L EM/m3 RO)	T4. Testigo (Sin EM)	207,33333	624,70686	,974	-1591,6110	2006,2777	
	T3. Alto (20L EM/m3 RO)	T4. Testigo (Sin EM)	722,66667	624,70686	,547	-1076,2777	2521,6110	
Contenido de cobre (Cu ppm)	T1. Bajo (5L EM /m3 RO)	T4. Testigo (Sin EM)	6,00000*	1,58114	,013	1,4469	10,5531	
	T2. Medio (10L EM/m3 RO)	T4. Testigo (Sin EM)	4,00000	1,58114	,084	-,5531	8,5531	
	T3. Alto (20L EM/m3 RO)	T4. Testigo (Sin EM)	-1,33333	1,58114	,742	-5,8865	3,2198	
Contenido de Zinc (Zn ppm)	T1. Bajo (5L EM /m3 RO)	T4. Testigo (Sin EM)	-4,00000	17,00327	,990	-52,9637	44,9637	
	T2. Medio (10L EM/m3 RO)	T4. Testigo (Sin EM)	33,66667	17,00327	,188	-15,2970	82,6303	
	T3. Alto (20L EM/m3 RO)	T4. Testigo (Sin EM)	-60,33333*	17,00327	,019	-109,2970	-11,3697	
Contenido de manganeso (Mn ppm)	T1. Bajo (5L EM /m3 RO)	T4. Testigo (Sin EM)	-33,66667*	10,20893	,027	-63,0649	-4,2684	
	T2. Medio (10L EM/m3 RO)	T4. Testigo (Sin EM)	5,33333	10,20893	,914	-24,0649	34,7316	
	T3. Alto (20L EM/m3 RO)	T4. Testigo (Sin EM)	38,33333*	10,20893	,014	8,9351	67,7316	
Contenido de boro (B ppm)	T1. Bajo (5L EM /m3 RO)	T4. Testigo (Sin EM)	-4,66667	1,63299	,052	-9,3691	,0358	
	T2. Medio (10L EM/m3 RO)	T4. Testigo (Sin EM)	-12,66667*	1,63299	,000	-17,3691	-7,9642	
	T3. Alto (20L EM/m3 RO)	T4. Testigo (Sin EM)	,66667	1,63299	,955	-4,0358	5,3691	

a. Las pruebas t de Dunnett tratan un grupo como control y lo comparan con todos los demás grupos.  
 \*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Según la Tabla 18, se observa que el valor de la significancia para todos los promedios del contenido de hierro es mayor que 0,05 por tanto se concluye que



no existe efecto a los tratamientos aplicados en el contenido de hierro del compost elaborado a partir de RO.

En cuanto al contenido de cobre, al comparar los promedios entre los tratamientos respecto al testigo, se observa que la aplicación de 5 L.m<sup>-3</sup> de EM (nivel bajo de EM) es la que induce a mayor contenido de cobre en el compost elaborado de RO debido a que el valor de la significancia es menor que el nivel de confianza, (Sig. = 0,013 < 0.05). Los niveles de aplicación de 10 y 20 L.m<sup>-3</sup> de EM, tienen igual efecto en el nivel de contenido de cobre en el compost. (Sig.= 0,084 y 0,742) respectivamente, se observa que a mayor nivel de aplicación de EM tiene como respuesta menor nivel de concentración de cobre en el compost.

Al comparar los tratamientos nivel bajo de aplicación de EM (5 L.m<sup>-3</sup>) y nivel medio de aplicación (10 L.m<sup>-3</sup>) con el testigo, se observa que las diferencias de los promedios son de -4 y 33,667 ppm respectivamente induciendo a igual nivel de contenido de zinc en el compost (Sig.>0.05) y, al comparar el promedio del nivel alto de aplicación de EM (20 L.m<sup>-3</sup>) con el testigo, se observa una diferencia de -60,333 ppm y en términos de valor absoluto el promedio obtenido en el tratamiento testigo es superior al promedio obtenido en el tratamiento de nivel alto por tanto se concluye que el tratamiento testigo induce a mayor concentración de Zn en el compost elaborado a partir de RO.

Cuando se comparan los promedios obtenidos en el contenido de manganeso en el compost, se observa que existe diferencia apreciable cuando se compara el nivel bajo de aplicación de EM (5 L.m<sup>-3</sup>) con el testigo (Sig.<0,05), siendo el tratamiento testigo que induce a mayor concentración de Mn en el compost. Por el contrario, al comparar los promedios del nivel alto de aplicación de EM (20 L.m<sup>-3</sup>) con el testigo se observa una diferencia significativa (Sig.<0,05) siendo el tratamiento de nivel alto que induce a mayor contenido de manganeso en el compost con una diferencia entre promedios de 38,333 ppm. Finalmente, al comparar el tratamiento de nivel medio (10 L.m<sup>-3</sup>) con el tratamiento testigo se observa que no existe diferencia significativa (Sig.>0,05) entre los promedios de contenido de manganeso a un nivel de confianza de 95% de probabilidades.

En el caso del contenido de boro en el compost elaborado a partir de RO, se muestra que existe diferencia significativa entre el promedio del tratamiento de



nivel medio (10 L.m<sup>-3</sup>) con el testigo (Sig.<0,05) siendo el testigo el que induce a mayor contenido de boro en el compost. Cuando se comparan los niveles bajo (5 L.m<sup>-3</sup>) y alto (20 L.m<sup>-3</sup>) con el testigo se observa que no hay diferencia significativa entre los promedios en comparación (Sig.>0,05), induciendo a igual nivel de concentración de boro en el compost.

**d) Potencial de hidrogeniones (pH).**

**Tabla 19 — Análisis de variancia del pH**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	2,552	3	,851	767,647	,000
Error	,009	8	,001		
Total	2,561	11			

R<sup>2</sup> = 99,65%

CV = 0,40%

Según los resultados de la Tabla 19, para un total de 12 observaciones se explica que en un 99.65% de los casos (R<sup>2</sup>) la variabilidad total depende de las situaciones experimentales a las que fueron exhibidas los RO, el error experimental tiene un valor equivalente a 0,40% (CV) del valor medio de la variable de respuesta.

El valor de F calculado (Fc=767,647) y su correspondiente valor de la significancia (Sig. = 0,000) indica que existe efecto atribuible a los tratamientos en los valores promedios de pH del compost y con la finalidad de establecer cuales pH son diferentes se realizó el análisis post hoc mediante el método de Dunnet a un nivel de significancia de 95% para la prueba, los resultados se expresan a continuación.





**Tabla 20 — Comparación de promedios múltiples del pH mediante el método de Dunnett**

t de Dunnett (bilateral) <sup>a</sup>						
(I) Niveles de aplicación de Microorganismos Eficientes (L EM/1m <sup>3</sup> RO)	(J) Niveles de aplicación de Microorganismos Eficientes (L EM/1m <sup>3</sup> RO)	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
T1. Bajo (5L EM /m <sup>3</sup> RO)	T4. Testigo (Sin EM)	1,02667*	,02718	,000	,9484	1,1049
T2. Medio (10L EM/m <sup>3</sup> RO)	T4. Testigo (Sin EM)	,80000*	,02718	,000	,7217	,8783
T3. Alto (20L EM/m <sup>3</sup> RO)	T4. Testigo (Sin EM)	,01000	,02718	,966	-,0683	,0883

a. Las pruebas t de Dunnett tratan un grupo como control y lo comparan con todos los demás grupos.  
 \*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Al comparar el promedio de pH del tratamiento T1, con el tratamiento T4 (testigo) se observa que existe diferencia significativa (Sig.<0,05) siendo el tratamiento T1 (nivel bajo de aplicación de EM) el que induce a mayor incremento de pH, también al comparar el promedio de pH obtenido con el tratamiento T2 con el testigo se observa diferencia significativa (Sig.<0,05) siendo el tratamiento T2 el que induce a mayor nivel de pH que el testigo. Finalmente, no se encuentra diferencia significativa (Sig.>0,05) entre los promedios de pH de los tratamientos T3 y el testigo ya que la diferencia entre los promedios de dichos tratamientos es de 0,01 < a la DMS de Dunnett.

**e) Relación C/N.**

Para probar la afirmación que existen diferencias significativas en la relación C/N según los tratamientos aplicados se han realizado el análisis de variancia con un nivel de significancia de 95% los resultados se expresan a continuación.

**Tabla 21 — Análisis de variancia de la relación C/N**

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	27,531	3	9,177	7,890	,009
Error	9,305	8	1,163		
Total	36,836	11			

R<sup>2</sup> = 74,74%

CV = 4,37%

De acuerdo con la Tabla 21, para un total de 12 observaciones se explica que el 74,74% de los casos (R<sup>2</sup>) la variabilidad total depende de las situaciones



experimentales a las que fueron exhibidas los RO, el error experimental tiene un valor equivalente a 4,37% (CV) del valor medio de la variable de respuesta.

El valor de F calculado ( $F_c=7,890$ ) y su correspondiente valor de la significancia (Sig. = 0,009) indica que existe efecto atribuible a los tratamientos en los valores promedios de la relación C/N del compost elaborado a partir de RO.

Con el objetivo de identificar cuales tratamientos tiene efecto diferente en el promedio de relación C/N se realizó el análisis post hoc mediante el método de Dunnett a un nivel de significancia de 95% para la prueba, los resultados se expresan a continuación.

**Tabla 22 — Comparación de promedios múltiples de la relación C/N mediante el método de Dunnett**

t de Dunnett (bilateral) <sup>a</sup>						
(I) Niveles de aplicación de Microorganismos Eficientes (L EM/1m3 RO)	(J) Niveles de aplicación de Microorganismos Eficientes (L EM/1m3 RO)	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
T1. Bajo (5L EM /m3 RO)	T4. Testigo (Sin EM)	4,08667*	,88056	,004	1,5509	6,6224
T2. Medio (10L EM/m3 RO)	T4. Testigo (Sin EM)	3,05000*	,88056	,021	,5143	5,5857
T3. Alto (20L EM/m3 RO)	T4. Testigo (Sin EM)	1,93000	,88056	,138	-,6057	4,4657

a. Las pruebas t de Dunnett tratan un grupo como control y lo comparan con todos los demás grupos.

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

El promedio de relación C/N obtenido con la aplicación del tratamiento T1 comparado con el testigo se observa una diferencia de 4,08667 cuyo valor de la significancia es 0,004 (Sig.<0.05) por tanto la aplicación del tratamiento T1 induce a mayor relación C/N respecto al testigo, al comparar los promedios de los tratamientos T2 y T4 (testigo) se observa una diferencia de 3,05 y su correspondiente valor de la significancia de 0,021 (Sig.<0,05) por tanto, la relación C/N obtenido con la aplicación del tratamiento T2 es significativamente mayor que el promedio obtenido mediante el tratamiento testigo (T4). Finalmente, cuando se compara el promedio del tratamiento T3 con el promedio del tratamiento T4 (testigo) se observa una diferencia de 1,93 cuyo valor de la significancia es 0,138 (Sig.>0,05) por tanto se concluye que el tratamiento T3 y T4 inducen a igual relación C/N en el compost elaborado a partir de RO.



## f) Porcentaje materia orgánica (MO).

**Tabla 23 — Análisis de variancia del contenido de materia orgánica en el compost elaborado a partir de residuos orgánicos.**

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	1551,895	3	517,298	74,283	,000
Error	55,711	8	6,964		
Total	1607,605	11			

$$R^2 = 96,53\%$$

$$CV = 3,79\%$$

Con los resultados de la Tabla 23, para un total de 12 observaciones el 96,53% de los casos se explica que la variabilidad total depende de las condiciones experimentales a las que fueron expuestas los RO, el error experimental tiene un valor equivalente a 3,79% (CV) del valor medio de la variable de respuesta.

El valor de F calculado ( $F_c=74,283$ ) y su correspondiente valor de la significancia (Sig. = 0,000) caen en la zona de rechazo de la hipótesis nula, por lo tanto, indica que existe efecto atribuible a los tratamientos en los valores promedios del contenido de materia orgánica y es como efecto de la aplicación de los tratamientos evaluados.

Con el objetivo de identificar cuales tratamientos tiene efecto diferente en el promedio de materia orgánica se realizó el análisis post hoc mediante el método de Dunnet a un nivel de significancia de 95% para la prueba, los resultados se expresan a continuación.

**Tabla 24 — Comparación de promedios múltiple del contenido de materia orgánica en el compost elaborado a partir de residuos orgánicos**

t de Dunnett (bilateral) <sup>a</sup>						
(I) Niveles de aplicación de Microorganismos Eficientes (L EM/1m <sup>3</sup> RO)	(J) Niveles de aplicación de Microorganismos Eficientes (L EM/1m <sup>3</sup> RO)	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
T1. Bajo (5L EM /m <sup>3</sup> RO)	T4. Testigo (Sin EM)	-27,12000*	2,15466	,000	-33,3247	-20,9153
T2. Medio (10L EM/m <sup>3</sup> RO)	T4. Testigo (Sin EM)	-16,83667*	2,15466	,000	-23,0414	-10,6320
T3. Alto (20L EM/m <sup>3</sup> RO)	T4. Testigo (Sin EM)	-,87333	2,15466	,956	-7,0780	5,3314

a. Las pruebas t de Dunnett tratan un grupo como control y lo comparan con todos los demás grupos.

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

En la Tabla 24, al comparar el tratamiento T1 (5 L.m<sup>-3</sup>) con el tratamiento testigo (T4) se obtiene una diferencia de promedios de -27,120% el cual es significativo (Sig.<0,05) lo que a su vez indica que el tratamiento testigo (T4) induce a mayor nivel de MO en el compost (80.9%) lo que indicaría que la presencia de MO en el compost no estaría adecuadamente descompuesto. Al comparar los promedios de los tratamientos T2 (10 L.m<sup>-3</sup>) con el tratamiento testigo (T4) se observa que existe diferencia significativa (Sig.<0,05), lo mismo ocurre cuando se compara los promedios de los tratamientos T3 (20 L.m<sup>-3</sup>) con el testigo. En general se puede concluir que cuando no se aplica microorganismos eficaces el contenido de MO no se descompone adecuadamente.

**g) Conductividad eléctrica.**

**Tabla 25 — Análisis de variancia de la conductividad eléctrica del compost elaborado a partir de residuos orgánicos**

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	9,882	3	3,294	99,515	,000
Error	,265	8	,033		
Total	10,147	11			

R<sup>2</sup> = 97,39%  
CV = 5%

Con los resultados de la Tabla 25, el 97,39% de la variabilidad total depende de las situaciones del experimento a las que fueron expuestas los RO, el error



experimental tiene un valor equivalente a 5% (CV) del valor medio de la variable de respuesta.

El valor de F calculado ( $F_c=99,515$ ) y su correspondiente valor de la significancia (Sig. = 0,000) caen en la zona de rechazo de la hipótesis nula, por tanto, indica que existe efecto atribuible a los tratamientos en los valores promedios de la conductividad eléctrica y es como efecto de la aplicación de los tratamientos evaluados.

Con el objetivo de identificar cuales tratamientos tiene efecto diferente en el promedio de conductividad eléctrica se realizó el análisis post hoc mediante el método de Dunnett a un nivel de significancia de 95% para la prueba, los resultados se muestran a continuación.

**Tabla 26 — Comparación de promedios múltiple de la conductividad eléctrica del compost elaborado a partir de residuos orgánicos**

t de Dunnett (bilateral) <sup>a</sup>						
(I) Niveles de aplicación de Microorganismos Eficientes (L EM/1m <sup>3</sup> RO)	(J) Niveles de aplicación de Microorganismos Eficientes (L EM/1m <sup>3</sup> RO)	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
T1. Bajo (5L EM /m <sup>3</sup> RO)	Testigo (Sin EM)	2,24000*	,14855	,000	1,8122	2,6678
T2. Medio (10L EM/m <sup>3</sup> RO)	Testigo (Sin EM)	1,16667*	,14855	,000	,7389	1,5944
T3. Alto (20L EM/m <sup>3</sup> RO)	Testigo (Sin EM)	,11333	,14855	,790	-,3144	,5411

a. Las pruebas t de Dunnett tratan un grupo como control y lo comparan con todos los demás grupos.

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Según la Tabla 26, al comparar los tratamientos T1 y T2 con el tratamiento testigo (T4); se observa que existen diferencias significativas en los promedios de conductividad eléctrica, con diferencia de promedios de 2,24 ds.m<sup>-1</sup> y 1,16667 ds.m<sup>-1</sup> respectivamente (Sig.<0,05) siendo el tratamiento testigo (T4) el de menor conductividad eléctrica pero considerado en la categoría ligeramente salino.

Cuando se compara el promedio del tratamiento T3 (20 L.m<sup>-3</sup>) con el tratamiento testigo se observa que no existe diferencia significativa (Sig. >0,05) entre los promedios comparados.



## 5.2.2 Propiedades microbiológicas del compost.

### a) Coliformes totales y fecales.

**Tabla 27 — Análisis de variancia del contenido de coliformes totales y fecales en el compost elaborado a partir de residuos orgánicos.**

Fuentes de variación		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Enumeraciones de coliformes totales	Tratamientos	6,502	3	2,167	3,959	,053
	Error	4,380	8	,548		
	Total	10,882	11			
Enumeraciones de coliformes fecales	Tratamientos	1,822	3	,607	1,000	,441
	Error	4,860	8	,608		
	Total	6,683	11			

$R^2 = 59.75\%$ ,  $CV = 28.84\%$  Coliformes totales

$R^2 = 27.27\%$ ,  $CV = 26.77\%$  Coliformes fecales

De acuerdo con los resultados mostrados en la Tabla 27, se prestar atención que el 59.75% de la variabilidad de la presencia de coliformes totales están relacionados con las condiciones experimentales establecidas, y el 27.27% de la variabilidad de coliformes fecales es explicada por las condiciones experimentales a las cuales fueron expuestas las unidades experimentales.

El valor F calculado ( $F_c=3,959$ ) y su correspondiente valor de la significancia ( $Sig.= 0,053$ ) de la variable de respuesta, enumeraciones de coliformes totales cae en la zona de aceptación de la hipótesis nula, por lo tanto, se afirma a un nivel de significancia de 95% de probabilidades que no existe diferencias significativas entre la presencia de coliformes totales en el compost elaborado a partir de RO y con aplicación de diferentes dosis de microorganismos eficaces.

El valor de F calculado ( $F_c=1,000$ ) y su correspondiente valor de la significancia ( $Sig. = 0,441$ ) caen en la zona de aceptación de hipótesis nula, por lo tanto, indica que no existe efecto atribuible a los tratamientos en los valores promedios del contenido de coliformes fecales.

**Tabla 28 — Comparación de promedios de las enumeraciones de coliformes totales y fecales entre los tratamientos con el testigo**

t de Dunnett (bilateral) <sup>a</sup>							
Variable dependiente	(I) Niveles de aplicación de Microorganismos Eficientes (L EM/1m3 RO)	(J) Niveles de aplicación de Microorganismos Eficientes (L EM/1m3 RO)	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Enumeraciones de coliformes totales	T1. Bajo (5L EM /m3 RO)	Testigo (Sin EM)	-1,70000	,60415	,055	-3,4398	,0398
	T2. Medio (10L EM/m3 RO)	Testigo (Sin EM)	,00000	,60415	1,000	-1,7398	1,7398
	T3. Alto (20L EM/m3 RO)	Testigo (Sin EM)	,00000	,60415	1,000	-1,7398	1,7398
Enumeraciones de coliformes fecales	T1. Bajo (5L EM /m3 RO)	Testigo (Sin EM)	-,90000	,63640	,404	-2,7326	,9326
	T2. Medio (10L EM/m3 RO)	Testigo (Sin EM)	,00000	,63640	1,000	-1,8326	1,8326
	T3. Alto (20L EM/m3 RO)	Testigo (Sin EM)	,00000	,63640	1,000	-1,8326	1,8326

a. Las pruebas t de Dunnett tratan un grupo como control y lo comparan con todos los demás grupos.

Según la Tabla 28, los valores de la significancia son superiores a 0,05 (Sig.>0,05) para todos los promedios de tratamientos tanto para la enumeración de coliformes totales y fecales lo cual ratifica los hallazgos encontrados en el análisis de variancia de la Tabla 27.

### 5.3 Discusión

**De acuerdo con las hipótesis contrastadas se tiene:**

#### a) Propiedades fisicoquímicas:

Las temperaturas para un periodo de 90 días tienen igual comportamiento en todos los tratamientos (Sig.>0,05), aumentando a partir de la segunda semana hasta llegar a más de 60°C a los 35 días, luego disminuye y se estabiliza a los 84 días entre 20°C a 18°C, este comportamiento se explica mediante Faverial et al. (2016) quien indica que la temperatura en la producción de compost se incrementa por actividad microbiana y se relaciona con la calidad del compost ya que por encima de 30°C favorecen la descomposición de la materia orgánica (MO), por su parte Ney et al. (2020) y

Stoichkova (2008) mencionan que al ser un proceso biológico la descomposición de la MO el incremento de la temperatura reduce el índice de la relación C/N, el pH, la dimensión de las partículas y la densidad aparente del compost.

Se encontró diferencias significativas (Sig. < 0,05) en el contenido de macroelementos (NPK) con valores máximos de 2,1367% de N, 1,09% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 3,0767% de K<sub>2</sub>O y es para el tratamiento testigo, los hallazgos son superior a los niveles críticos establecidos en los análisis de suelos según Higa y Parr (2013) quienes reportan las escalas: Alto para N > 0.2%, Alto para P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en el intervalo de 15-20 ppm y alto para K<sub>2</sub>O > 175 ppm, a su vez los valores de macroelementos del compost de RO, son superiores a los encontrados por (López-Montañez 2007) quien reporta valores de 1.7% N (adecuado) y 0.7% K<sub>2</sub>O (bajo) para compost elaborados a partir de excretas de vacunos. La baja concentración de nutrientes en el compost es explicado por Naranjo-Pacha (2013) quien dice que las altas temperaturas y alto contenido de humedad (zonas con alta precipitación) provocan la pérdida de carbono y nutrientes en el proceso de compostaje.

Los hallazgos para el contenido de micronutrientes se tienen valores máximos en el T3 (20 L/m<sup>3</sup>) para el contenido de CaO con 7,4467%, 1,18% para el MgO y de 1,6133% para el sodio (Na) dichos resultados comparados con la norma chilena Nch 2880 se tiene que el contenido de Na se encuentra fuera del rango para los compost en la calidad A y B (Tabla 4) lo mismo ocurre con el tratamiento testigo cuyo contenido de humedad fue de 39.7033% superior a los rangos establecidos en la Nch 2880. Los valores máximos en los microelementos fueron alcanzados cuando se aplicó el tratamiento T3 (20 L/m<sup>3</sup>) con 12906 ppm para el hierro (Fe), 43,333 ppm para el Cobre (Cu), 293 ppm para el Zinc (Zn), 905 ppm para el Manganeso (Mn) y 61 ppm para el Boro (B) dichos valores son mucho mayores respecto a los valores de microelementos en los compost elaborado de excreta de vacuno, como reporta López-Montañez (2007), 2164 ppm para el Fe, 4,7 ppm para el Cu, 31,3 ppm para el Zn y 249 ppm para el Mn. Los valores obtenidos en la presente tesis son coherentes con lo que manifiesta Baltodano-Robles (2002) ya que los metales Fe, Mn, Cu y Zn son más abundantes en las cascadas de las frutas y los basaltos, mientras que, el Mo y B están más concentrados en los granitos.

El pH final, obtenido con el tratamiento T3 (20 L.m<sup>-3</sup>) es considerado neutro entre los valores de 7,86 y 7,87, sin embargo, durante el proceso de compostación tuvo un comportamiento ascendente partiendo desde 6 e incrementándose a una escala





ligeramente alcalino de 8,6 a partir del día 40, el valor de pH final (7,86 y 7,87) es similar a los reportes de López-Montañez (2007) quien para un compost de excreta de vacuno indica un pH de 7,9 y para un compost de excreta de gallina y cascarilla de arroz reporta pH de 6.2 y 6.1 respectivamente. Naranjo-Pacha (2013) menciona que la solubilidad de la mayoría de microelementos disminuye según se incrementa el pH. “La solubilidad del Fe disminuye 1000 veces por cada incremento de una unidad en el pH, mientras que para el Mn, Cu y Zn la disminución es de 100 veces, los elementos catiónicos (Fe, Mn, Zn y Cu) presentan mayor disponibilidad a pH ácido” (p. 10). Esto se explica por la menor competencia con cationes, mayor solubilidad y menor adsorción.

Se encontró diferencias significativas (Sig.<0,05) en el índice de C/N siendo los tratamientos, los que obtuvieron mayor índice C/N frente al testigo (C/N > 22), dicho valor pone en evidencia la baja disponibilidad del Nitrógeno y la baja descomposición de la materia orgánica como manifiesta Bohórquez-Páez (2013) “la tasa de nitrógeno aprovechable para las plantas se inmovilizan para una relación C/N > 20 y la acelera para C/N < 10”.

Se encontró diferencias significativas en el contenido de materia orgánica (MO) por efecto de la aplicación de los tratamientos siendo el tratamiento T1 (5 L.m<sup>-3</sup>) el que tiene menor porcentaje de MO con 53,8% frente al tratamiento testigo (T4) con 80,9% dichos valores son muy altos si se compara con los reportes de López-Montañez (2007) que para el compost de vacuno encontró 20,5% de MO, 27,3% para la excreta de gallina y 10% para el compost de cascarilla de arroz, según Ney et al. (2020) valores superiores a 60% de MO, indican que los residuos orgánicos no se encuentran suficientemente compostados y valores menores que 30% muestran que el compost se encuentra mezclado con arena, tierra, cenizas u otro compuesto mineral.

Se encontró diferencias significativas (Sig. < 0,05) en la Conductividad Eléctrica (CE) siendo la dosis de 5 L.m<sup>-3</sup> el que obtiene 4,9967 ds.m<sup>-1</sup> clasificando en la categoría de salino y según se incrementa la dosis a 20 L.m<sup>-3</sup> la CE disminuye a 2,87 ds.m<sup>-1</sup> clasificándose en la categoría ligeramente salino, los valores obtenidos se encuentran dentro del rango de las recomendaciones de la Nch – 2880 que establece un valor menor a 3 ds.m<sup>-1</sup> para las categorías de compost tipo A y B (tabla 4), sin embargo según Belizario-Quispe (2012) valores inferiores a 2 ds.m<sup>-1</sup> es considerado no salino por tanto no afecta la nutrición de ningún cultivo y valores entre 2 a 4 ds.m<sup>-1</sup> es considerado



ligeramente salinos y afectan a los cultivos sensibles. Al respecto considero importante controlar el valor de la CE a fin de que la disponibilidad de los nutrientes presentes en el compost sea asimilable por la planta y permitan el incremento en los rendimientos de los cultivos.

**b) Propiedades microbiológicas:**

No se halló evidencia estadística suficiente para afirmar que el número más probable de la presencia de coliformes totales y fecales sean diferentes, según la aplicación de los tratamientos se tiene un valor menor a 3 NMP.g<sup>-1</sup> de compost, dicho valor pone en evidencia que no existe microorganismos patógenos por lo cual cumple ampliamente las recomendaciones de la Nch-2880 que fija en un valor menor a 1000 NMP.g<sup>-1</sup>. Los valores muy pequeños del NMP de coliformes totales y fecales se explica en base a los hallazgos de Baltodano-Robles (2002) quien reporta la tabla 29.

**Tabla 29 — Temperatura a la que mueren algunas bacterias patógenicas**

<b>Bacterias patógenas</b>	<b>Temperatura</b>
<i>Salmonella typhosa</i>	Muere en 30 minutos a 55 – 60 °C
<i>Salmonella sp</i>	Muere en 1 hora a 55 °C
<i>Shigella sp</i>	Muere en 1 hora a 55 °C
<i>Eschericia coli</i>	Desaparece en 20 minutos a 60 °C y 1 hora a 55 °C
<i>Estamoeba histolytica</i>	Muere en pocos minutos a 45 °C
<i>Taenia saginaria</i>	Muere en pocos minutos a 55 °C
<i>Trichinella spiralis</i>	Muere al instante a 60 °C
<i>Streptococcus pyrogenes</i>	Muere en 10 minutos a 55 °C
<i>Var hominis</i>	Muere en 15 – 20 minutos a 60 °C

Extraído de (Baltodano-Robles 2002)

Según la figura 1. La temperatura alcanzada en el proceso de elaboración de compost a partir de RO fue mayor a 60 °C a los 35 días de iniciado el compostaje.



## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

En base a los objetivos se concluye:

- a) Los microorganismos eficientes (EM) ostentan gran capacidad de viabilidad en la materia orgánica y permitiendo así acelerar el proceso natural de desintegración de los residuos orgánicos domiciliarios para obtener un producto final llamado compost con una baja inversión económica que permitió conseguir los resultados esperados.
- b) La variación transitoria de la temperatura en el proceso de compostaje ha manifestado que en todas las pilas evaluadas se ha llegado alcanzar hasta fase termofílica ( $> 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Todo sistema de compostaje debe de alcanzar temperaturas entre  $50^{\circ}$  y  $70^{\circ}$  C, lo que prueba la supresión de agentes patógenos y la esterilización natural de los materiales manipulados.
- c) El nivel de aplicación de  $20\text{ L.m}^{-3}$  de ME mejora las propiedades físico químicas del compost elaborado a partir de residuos orgánicos en las condiciones de clima del distrito de Chuquibambilla debido a que se obtiene un producto que cumple las recomendaciones de la norma chilena Nch – 2880 y es aprovechable en el área agrícola con óptimos niveles de contenido de macronutrientes y micronutrientes. El nivel utilizado para el tratamiento (T3) logró que el compost en el periodo de 3 meses muestre una descomposición al 64% a comparación del tratamiento testigo con 52% de descomposición, a la que se concluye que las propiedades fisicoquímicas y biológicas evaluadas son más estables hasta la fase de maduración para el nivel de aplicación de  $20\text{ L.m}^{-3}$  de ME.
- d) El nivel de aplicación de  $20\text{ L.m}^{-3}$  de ME tiene mejor desempeño para la obtención del compost a partir de residuos orgánicos ya que se consigue un compost con menor contenido materia orgánica ( $\text{MO} < 53\%$ ) y con nula presencia de coliformes totales y fecales ( $<3\text{ NMP.g}^{-1}$ ).

## 6.2 Recomendaciones

- a) A los investigadores, se recomienda utilizar dosis superiores a  $20 \text{ L.m}^{-3}$  de ME y evaluar sus efectos en el tiempo de descomposición de los residuos orgánicos ya que según los hallazgos se tiene como punto de partida que para 90 días, la descomposición de la MO es menor a 64% es decir aún es posible superar dicho porcentaje para mejorar la disposición de nutrientes para las plantas, adicionalmente se debe encontrar el valor óptimo del índice C/N para mejorar la disponibilidad del nitrógeno y los micronutrientes para las plantas, el punto de partida para dicho índice es  $C/N > 22$  dicho hallazgo pone en evidencia la lenta descomposición de la MO impactando en la inmovilización del nitrógeno.
- b) A los agricultores del distrito de Chuquibambilla, se recomienda la utilización del compost a partir de RO debido a que en su composición no contiene bacterias patógenas y es adecuado para el abonamiento de los diferentes cultivos.
- c) A los docentes y estudiantes de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, se recomienda realizar investigaciones aislando microorganismos nativos a partir del rumen de las especies pecuarias y comparar la eficiencia en la descomposición de los RO.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**aguilar-Cava, G. y Bravo-Cubas, K.N., 2015.** *Efectividad del compost mediante métodos de pilas dinámicas y compostera giratoria, obtenidas de los residuos orgánicos de la Universidad Peruana Unión* [en línea]. S.l.: Universidad Peruana Unión. Tesis Pregrado (Ingeniería Ambiental). Disponible en:

[https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/3378/Geidy\\_Tesis\\_Licenciatura\\_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/3378/Geidy_Tesis_Licenciatura_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**Albanesi, A., 2013.** *Microbiologa Agrícola* [en línea]. 2. S.l.: s.n. ISBN 978-987-1726-17-2. [Fecha de consulta: 9 de abril de 2019]. Disponible en:

[https://www.mendeley.com/catalogue/b3e9782b-c5af-3055-b2f6-2d9fef49520f/?utm\\_source=desktop&utm\\_medium=1.19.4&utm\\_campaign=open\\_catalog&userDocumentId=%7Ba09e3bad-75d4-41f9-8f76-18dec4ed9969%7D](https://www.mendeley.com/catalogue/b3e9782b-c5af-3055-b2f6-2d9fef49520f/?utm_source=desktop&utm_medium=1.19.4&utm_campaign=open_catalog&userDocumentId=%7Ba09e3bad-75d4-41f9-8f76-18dec4ed9969%7D).

**Anicua Sánchez, R., Gutiérrez-Castorena, M., Sánchez García, P., Ortiz Solorio, C., Volke Haller, V. y Rubiños Panta, J., 2009.** Tamaño de partícula y relación micromorfológica en propiedades físicas de perlita y zeolita. *Agricultura Técnica en México* [en línea], vol. 35, no. 2, pp. 147-156. ISSN 0568-2517. [Fecha de consulta: 28 de setiembre de 2019]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/agritm/v35n2/v35n2a2.pdf>.

**Baltodano-Robles, M., 2002.** *Evaluación de manejo de desechos orgánicos domésticos en la EARTH* [en línea]. S.l.: Universidad EARTH. Tesis Pregrado (Ingeniería Agronomica).

Disponible en: [http://www.sidalc.net/cgi-](http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=earth.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=001703)

[bin/wxis.exe/?IsisScript=earth.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=001703](http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=earth.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=001703).



**Barradas Rebolledo, A., 2009.** Gestión integral de residuos sólidos municipales. Estado del arte. *Instituto Tecnológico de Minatitlán* [en línea], pp. 167. [Fecha de consulta: 14 de octubre de 2019]. Disponible en: [http://oa.upm.es/1922/1/Barradas\\_MONO\\_2009\\_01.pdf](http://oa.upm.es/1922/1/Barradas_MONO_2009_01.pdf).

**Belizario-Quispe, N., 2012.** *Microorganismos eficaces (EM) en la descomposición del estiércol de Alpaca para el abonamiento de los bofedales altoandinos* [en línea]. S.I.: Universidad Nacional del Altiplano. Tesis (Maestría agricultura andina) Disponible en: <http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/477/EPG524-00524-01.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**BID, 2009.** *Manual práctico de uso de EM* [en línea]. 1. Uruguay: s.n. [Fecha de consulta: 14 de octubre de 2019]. Disponible en: [http://www.emuruguay.org/images/Manual\\_Practico\\_Uso\\_EM\\_OISCA\\_BID.pdf](http://www.emuruguay.org/images/Manual_Practico_Uso_EM_OISCA_BID.pdf).

**Bohórquez-Páez, A., 2013.** *Evaluación de la calidad del compost producido a partir de la molienda de caña de azúcar en la compañía Riopaila Castilla, Valle del Cauca, Colombia* [en línea]. S.I.: Universidad Nacional de Colombia. Tesis (Maestría en ciencias agrarias) Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/24599/1/7010005.2013.pdf>.

**Cajahuanca-Figueroa, S.A., 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* [en línea]. S.I.: Universidad de Huánuco. Tesis Pregrado (Ingeniería Ambiental). [Fecha de consulta: 1 de noviembre 2020]. Disponible en: [http://200.37.135.58/bitstream/handle/123456789/58/TESIS\\_SARA\\_CAJAHUANCA\\_FIGUEROA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://200.37.135.58/bitstream/handle/123456789/58/TESIS_SARA_CAJAHUANCA_FIGUEROA.pdf?sequence=1&isAllowed=y).



**Chauvet, A., 1996.** PCR Methods for Identification and Specific Detection of Probiotic Lactic Acid Bacteria. *Current Microbiology* [en línea], vol. 33, no. 2, pp. 100-103. ISSN 0343-8651. DOI 10.1007/s002849900082. [Fecha de consulta: 11 de octubre de 2019]. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s002849900082>.

**Colunche-Díaz, J.L., 2019.** *Gestión de residuos sólidos en la empresa acuícola acuacultura y pesca S.A.C.. Guaynuna* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de Trujillo. [Fecha de consulta: 8 de setiembre de 2019]. Disponible en: [http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/11769/Colunche Díaz Jorge Luis.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/11769/Colunche%20Díaz%20Jorge%20Luis.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**Cooperband, L., 2002.** The Art and Science of Composting A resource for farmers and compost producers. *University of Wisconsin-Madison, Center for Integrated Agricultural Systems* [en línea], pp. 1-14. [Fecha de consulta: 13 de agosto de 2019]. Disponible en: <http://www.cias.wisc.edu/wp-content/uploads/2008/07/artofcompost.pdf>.

**Dellaglio, F., Felis, G.E., Castioni, A., Torriani, S. y Germond, J.E., 2005.** *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *indicus* subsp. nov., isolated from Indian dairy products. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* [en línea], vol. 55, no. 1, pp. 401-404. ISSN 14665026. DOI 10.1099/ijs.0.63067-0. [Fecha de consulta: 14 de octubre de 2019]. Disponible en: <https://www.microbiologyresearch.org/docserver/fulltext/ijsem/55/1/401.pdf?expires=1604268905&id=id&accname=guest&checksum=EF2B5609DAB2E6F6B312C135475EE9F9>.

**Dimas, J., Mtz, L., Estrada, A.D., Rubin, E.M., Cepeda, R.D.V.,** Latinoamericana, T., Mexicana, S., Ciencia, D., Del, Q., Rendimiento, S. Y., Maiz, E.N. y Cepeda, D.V., 2001. Effect of Organic Fertilizers on Physical-Chemical Soil Properties and Corn Yield. *Sociedad*



*Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C.* [en línea], vol. 19, pp. 293-299. [Fecha de consulta: 8 de setiembre de 2019]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/artículo.oa?id=57319401>.

**Faverial, J., Boval, M., Sierra, J. y Sauvart, D., 2016.** End-product quality of composts produced under tropical and temperate climates using different raw materials: A meta-analysis. *Journal of Environmental Management* [en línea], vol. 183, pp. 909-916. ISSN 10958630. DOI 10.1016/j.jenvman.2016.09.057. [Fecha de consulta: 8 de setiembre de 2019]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.09.057>.

**Foley, B.J. Y Cooperband, L.R., 2002.** Paper Mill Residuals and Compost Effects on Soil Carbon and Physical Properties. *Journal of Environmental Quality* [en línea], vol. 31, no. 6, pp. 2086-2095. DOI 10.2134/jeq2002.2086. [Fecha de consulta: 14 de octubre de 2019]. Disponible en: <https://sci-hub.se/https://doi.org/10.2134/jeq2002.2086>.

**Haug, R., 2017.** *The Practical Handbook of Compost Engineering* [en línea]. S.l.: s.n. [Consulta: 1 noviembre 2020]. ISBN 9780873713733, 0-87371-373-7, 9780203736234, 0203736230. [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2019]. Disponible en: [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=i0taDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT21&dq=HAUG,+R.,+\(1993\).+The+Practical+Handbook+of+Compost+Engineering.+Lewis+Publishers.+Boca+Raton.+Florida&ots=M96YKZNgzh&sig=g2645NzZh5mVCzI-TbxdaE5nd80#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=i0taDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT21&dq=HAUG,+R.,+(1993).+The+Practical+Handbook+of+Compost+Engineering.+Lewis+Publishers.+Boca+Raton.+Florida&ots=M96YKZNgzh&sig=g2645NzZh5mVCzI-TbxdaE5nd80#v=onepage&q&f=false).

**Hidalgo-Falcón, R.W., 2018.** *Procesos constructivos del relleno sanitario para mejorar y reutilizar los residuos sólidos en la ciudad de Huacho, Lima -2018* [en línea]. S.l.: Universidad César Vallejo. Tesis Pregrado (Ingeniería Civil). Disponible en: [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/34711/Hidalgo\\_FRW.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/34711/Hidalgo_FRW.pdf?sequence=1&isAllowed=y).





**Higa, T. y Parr, J., 2013.** Microorganismos benéficos y efectivos para una agricultura y medio ambiente sostenible. *Fundases* [en línea], vol. 13, pp. 1- 14pp. [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2019]. Disponible en:

[http://fundases.com/userfiles/file/MicroorG\\_Benef\\_Efect.pdf](http://fundases.com/userfiles/file/MicroorG_Benef_Efect.pdf).

**Higa, T. y Parr, J.F., 2014.** Controlling the soil microflora: Principles and strategies. *Environmental Chemistry Letters* [en línea], vol. 12, no. 3, pp. 429-434. ISSN 16103661. DOI 10.1007/s10311-014-0465-3. [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2019]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10311-014-0465-3>.

**Jaramillo-Henao, G. y Zapata-Márquez, L.M., 2008.** *Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en colombia* [en línea]. S.l.: Universidad de Antioquia. [Fecha de consulta: 24 de octubre de 2019]. Disponible en:

<http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/45/1/AprovechamientoRSOUenColombia.pdf>.

**Kutzner, H.J., 2002.** *Biotechnology valuation* [en línea]. segunda. S.l.: s.n. [Consulta: 1 noviembre 2020]. ISBN 9783527283361, 9783527620968. [Fecha de consulta: 11 de agosto de 2019]. Disponible en:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/9783527620968.ch2>.

**Labrador-Moreno, J., 1996.** *La materia orgánica en los agrosistemas* [en línea]. S.l.: s.n. [Fecha de consulta: 1 de enero de 2020]. Disponible en: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=AGRISUM.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=000175>.



**López-Montañez, R., 2007.** Manejo de fertilizantes y abonos orgánicos para la agricultura competitiva. . Lima: Preparación de abonos orgánicos.

**Mendoza-Ticona, K.P., 2018.** Implementación de un sistema de manejo integral y la disposición final de los residuos sólidos generados en el mercado Túpac Amaru de la ciudad de Juliaca. *Tesis*, pp. 1-13.

**Miyashiro, I., 2014.** *Calidad de seis formulaciones de compost enriquecido con guano de islas.* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Agraria La Molina. Tesis Pregrado (Ingeniería Ambiental). Disponible en:

[http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1879/F04\\_M59 - T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1879/F04_M59 - T.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**Moral, R., 2012.** Introducción a la Agroecología Práctica: Suelo, Materia Orgánica y Compostaje. [en línea]. [Fecha de consulta: 11 de agosto de 2019]. Disponible en: <http://www.compostandociencia.com/2013/04/charla-sobre-compostaje-en-agroecologia-html-2/>.

**Muñoz-Trochez, J.S., 2005.** *Compostaje en pescador, Cauca: Tecnología apropiada para el manejo de residuos orgánicos y su contribución a la solución de problemas mediambientales* [en línea]. Cauca- Colombia: s.n. [Fecha de consulta: 05 de agosto de 2020]. Disponible en: [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos\\_Ciat/ipra/Compostaje\\_Pescador.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/ipra/Compostaje_Pescador.pdf).

**Naranjo-Pacha, E.I., 2013.** *Aplicación de microorganismos para acelerar la transformación de desechos orgánicos en compost* [en línea]. Ambato - Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Tesis Pregrado (Ingeniería Agronomica). Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/5310/1/Tesis-52> Ingeniería Agronómica -



CD 173.pdf.

**Ney, L., Franklin, D., Mahmud, K., Cabrera, M., Hancock, D., Habteselassie, M., Newcomer, Q. y Dahal, S., 2020.** Impact of inoculation with local effective microorganisms on soil nitrogen cycling and legume productivity using composted broiler litter. *Applied Soil Ecology* [en línea], vol. 154, no. February 2019, pp. 103567. ISSN 09291393. DOI 10.1016/j.apsoil.2020.103567. [Fecha de consulta: 08 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2020.103567>.

**Nivela-Orozco, C.J., 2017.** *Gestión integral y manejo ambiental de los residuos sólidos en la ciudad de Babahoyo* [en línea]. S.l.: Universidad Internacional del Ecuador. [Fecha de consulta: 05 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2020.101607%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.ijisu.2020.02.034%0Ahttps://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/cjag.12228%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104773%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.jinf.2020.04.011%0Ahttps://doi.o>

**Ocampo-Pomareda, J.L., Robles-Ganoza, D. y Wu-Yi, A.M., 2002.** *El compostaje como método de biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Agraria La Molina. [Fecha de consulta: 05 de agosto de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3563/huanca-bizarro-antoni-fernando.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**Peña, E., Carión, M., Martínez, F., Rodríguez, A. y Companioni, N., 2002.** Manual para la producción de abonos orgánicos en la agricultura urbana. *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)*. [en línea], pp. 1-65. [Fecha de consulta: 15 de agosto de 2019]. Disponible en: [http://redmujeres.org/wp-content/uploads/2019/01/manual\\_abonos\\_agricultura\\_urbana.pdf](http://redmujeres.org/wp-content/uploads/2019/01/manual_abonos_agricultura_urbana.pdf).



**Pereira, C., Maycotte, C., Restrepo, B., Mauro, F., Montes, A. y Esther, M.J., 2011.**

*Edafología* [en línea]. 1. Caldas - Colombia: s.n. [Fecha de consulta: 25 de setiembre de 2019].

Disponible en: <https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4776/edafologia.pdf>.

**Portocarrero Tantavilca, L.K., Palacios Vallejo, J. y Jaulis Cancho, J.C., 2019.** Producción

de césped Bermuda (*Cynodon dactylon*) bajo sistema de tepes en sustratos provenientes del reciclaje de residuos urbanos e industriales. *Análes Científicos* [en línea], vol. 80, no. 2, pp.

533-545. DOI 2519-7398. [Fecha de consulta: 2 de noviembre de 2020]. Disponible en:

<http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/index%0AProducción>.

**Ramos-Lopez, J.W., 2019.** *Producción de fosfo compost a partir de heces humanas y solidos orgánicos del mercado de Chanin distrito y provincia de Acobamba-Huancavelica* [en línea].

S.l.: Universidad Nacional de Huancavelica. Tesis Pregrado (Ingenierio Agronomo).

Disponible en:

[http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2117%0Ahttp://repositorio.untumbes.edu.pe/bitstream/handle/UNITUMBES/1042/QUILICHE CABANILLAS%20](http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2117%0Ahttp://repositorio.untumbes.edu.pe/bitstream/handle/UNITUMBES/1042/QUILICHE%20CABANILLAS%20IRMA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[IRMA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2117%0Ahttp://repositorio.untumbes.edu.pe/bitstream/handle/UNITUMBES/1042/QUILICHE CABANILLAS%20IRMA.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**Ramos, D. y Terry, E., 2014.** Generalidades De Los Abonos Orgánicos: Importancia Del

Bocashi Como Alternativa Nutricional Para Suelos Y Plantas. *Cultivos Tropicales* [en línea],

vol. 35, no. 4, pp. 52-59. ISSN 1819-4087. [Fecha de consulta: 8 de setiembre de 2019].

Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v35n4/ctr07414.pdf>.

**Röben, E., 2002.** Manual de Compostaje para Municipios. *Ilustre Municipio de Loja* [en línea],

pp. 68. [Fecha de consulta: 18 de noviembre de 2018]. Disponible en: [www.ded.org.ec](http://www.ded.org.ec).



**Rojas-Valencia, M.N., Ariaza, J.A. y Vaca-Mier, M., 2002.** Selección de un sitio para la instalación de un centro de procesamiento de residuos sólidos urbanos en Hidalgo. *Fundacion atlas* [en línea], no. June 2016, pp. 542. [Fecha de consulta: 8 de setiembre de 2019]. Disponible en: [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/34711/Hidalgo\\_FRW.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/34711/Hidalgo_FRW.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**Sekeran, V., Balaji, C. y Bhagavathipushpa, T., 2005.** Technical Note: Evaluation of Effective Microorganisms (EM) In Solid Waste Management. *Electronic Green Journal* [en línea], vol. 1, no. 21. ISSN 1076-7975. DOI 10.5070/G312110589. [Fecha de consulta: 8 de setiembre de 2019]. Disponible en: <https://escholarship.org/uc/item/56q5g376>.

**Stoichkova, M.S., 2008.** *Impact of home made composts application at maize cultivation* [en línea]. S.l.: Codis, 2008. ISBN 9783037360163. [Fecha de consulta: 12 de setiembre de 2019]. Disponible en: <https://orgprints.org/13135/1/fuchs-et-al-proceedings-codis-2008.pdf#page=43>.

**Stoyancheva, G., Marzotto, M., Dellaglio, F. Y Torriani, S., 2014.** Bacteriocin production and gene sequencing analysis from vaginal Lactobacillus strains. *Archives of Microbiology* [en línea], vol. 196, no. 9, pp. 645-653. ISSN 1432072X. DOI 10.1007/s00203-014-1003-1. [Fecha de consulta: 8 de setiembre de 2019]. Disponible en: [https://www.mendeley.com/catalogue/84793faf-631a-39e3-bad8-ae578fc666c/?utm\\_source=desktop&utm\\_medium=1.19.4&utm\\_campaign=open\\_catalog&userDocumentId=%7B63018d56-47f5-4e26-b98b-3f012dd50533%7D](https://www.mendeley.com/catalogue/84793faf-631a-39e3-bad8-ae578fc666c/?utm_source=desktop&utm_medium=1.19.4&utm_campaign=open_catalog&userDocumentId=%7B63018d56-47f5-4e26-b98b-3f012dd50533%7D).

**Sztern, D. y Pravia, M.A., 2013.** *Manual para la elaboración de compost: Bases conceptuales y procedimientos* [en línea]. 1. S.l.: s.n. ISBN 9583387592. [Fecha de consulta: 25 de agosto de 2019]. Disponible en: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=AMBI1.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mf>



n=000950.

**Tanya Morocho, M. y Leiva-Mora, M., 2019.** Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola* [en línea], vol. 46, no. 2, pp. 93-103. ISSN 0253-5785. DOI 2072-2001. [Fecha de consulta: 2 de enero de 2020]. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v46n2/0253-5785-cag-46-02-93.pdf>.

**Tapia, V., 2010.** *Estudio comparativo de la descomposición aerobia y anaerobia de la materia orgánica para el desarrollo de una metodología de elaboración de compost aplicable en pequeñas comunidades del área de influencia de ENAP SIPETROL* [en línea]. S.l.: Escuela Politécnica Nacional. Tesis Pregrado (Ingeniería Química). Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2233/1/CD-3001.pdf>.

**Tonelli, D., Seeber, R., Ciavatta, C. y Gessa, C., 1997.** Extraction of humic acids from a natural matrix by alkaline pyrophosphate . Evaluation of the molecular weight of fractions obtained by ultrafiltration. *Fresenius J Anal Chem* [en línea], vol. 359, pp. 555-560. [Fecha de consulta: 25 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s002160050631>.

**Vásquez De Díaz, M.C., Prada P., P.A. y Mondragon A., M.A., 2010.** Optimización del proceso de compostaje de productos post-cosecha (cereza) del café con la aplicación de microorganismos nativos. *Nova* [en línea], vol. 8, no. 14, pp. 214. ISSN 1794-2470. DOI 10.22490/24629448.452. [Fecha de consulta: 2 de enero de 2020]. Disponible en: <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/nova/article/view/452/1103>.

**Velarde-Muñoz, P., 2001.** *Influencia de la adición de enmiendas y residuos orgánicos en el comportamiento de los herbicidas dicamba y 2,4-D en suelos.* [en línea]. Sevilla, España: s.n.



ISBN 9788578110796. [Fecha de consulta: 08 de setiembre de 2019]. Disponible en:  
file:///C:/Users/UNDC-AGRONOMÍA-02/Downloads/Influencia\_adicion\_enmiendas.pdf.

**Yáñez-Yáñez, Á.W., 2014.** *Aprovechamiento de los E.M. (Microorganismos eficientes) para mejorar la calidad del abono compost* [en línea]. S.l.: Universidad Técnica de Ambato. Tesis (Maestría en Agroecología y Ambiente). Disponible en:  
[https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6797/1/tesis-006 Maestría en Agroecología y Ambiente - CD 220.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6797/1/tesis-006%20Maestría%20en%20Agroecología%20y%20Ambiente%20-%20CD%20220.pdf).

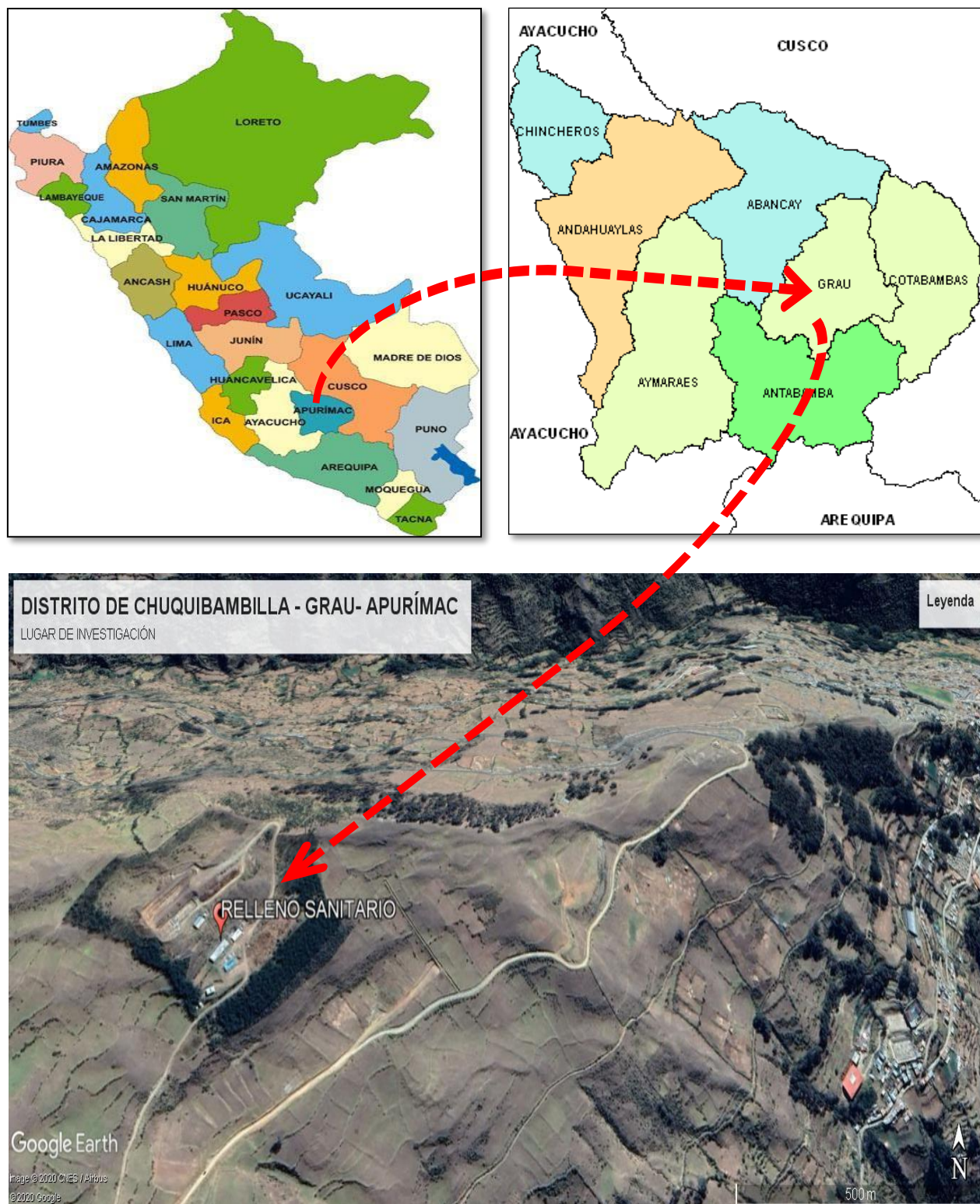


## ANEXOS





### ANEXO 1 UBICACIÓN DEL LUGAR DE INVESTIGACIÓN



**Figura 10 — Ubicación del lugar de investigación**

Extraído de Google Earth. Consultado el 2 de diciembre del 2020

## ANEXO 2 DISEÑO Y DISTRIBUCIONES DE LOS TRATAMIENTOS

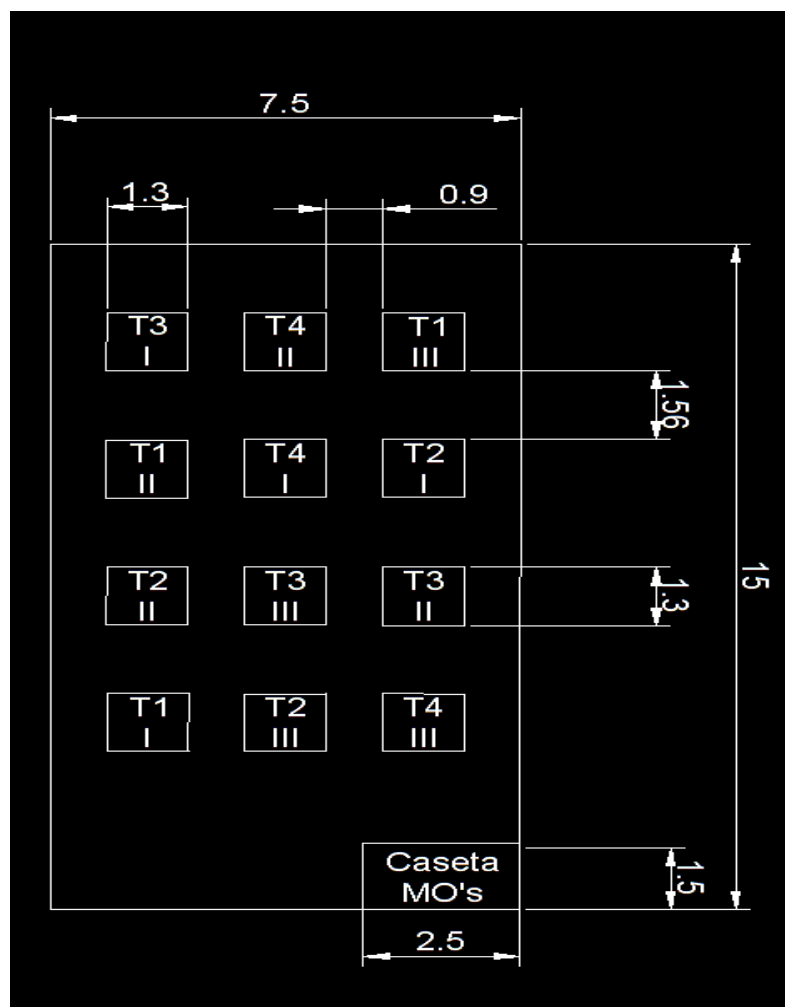


Figura 11 — Diseño y distribuciones de los Tratamientos



### ANEXO 3 FOTOGRAFÍAS



**Figura 12 — Acondicionamiento del lugar de investigación**



**Figura 13 — Insumo biológico (microorganismos eficaces EM-COMPOST), melaza y recipiente para la activación del caldo microbiano**





**Figura 14 — Activación del caldo microbiano**



**Figura 15 — Preparación de los lotes composteros para los tratamientos planteados**





**Figura 16 — Aplicación de caldo microbiano activado en cada capa de materia orgánica**



**Figura 17 — Tratamientos en lotes composteros distribuidos aleatoriamente**



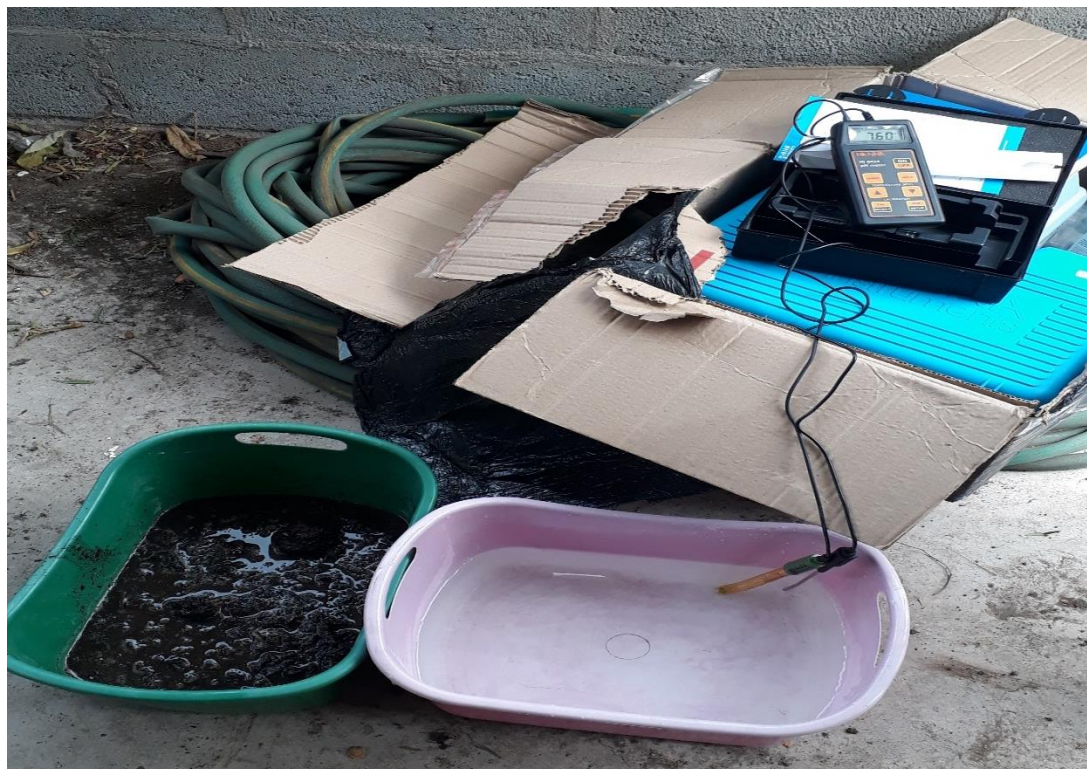


**Figura 18 — Presencia de esporas de hongos en los lotes composteros**



**Figura 19 — Volteo y riego de los lotes composteros**





**Figura 20 — Medición de pH**



**Figura 21 — Medición de temperatura**





**Figura 22 — Extracción de muestras de compost para analisis en laboratorio**



**Figura 23 — Cosecha y ensacado del compost**



**ANEXO 3 FICHA DE EVALUACIÓN DE TEMPERATURA Y PH**

<b>FICHA DE EVALUACION: TEMPERATURA (°C) y pH</b>																									
Nombre del Evaluador: RENE LEO PORTILLA																									
<b>MICROORGANISMOS EFICIENTES EN LA PRODUCCIÓN DE COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN CHUQUIBAMBILLA - GRAU</b>																									
Fechas experimentales		NOVIEMBRE				DICIEMBRE								ENERO						FEBRERO					
		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12	
Tratamientos	Repetición	23/11/19		30/11/19		07/12/19		14/12/19		21/12/19		28/12/19		04/01/20		11/01/20		18/01/20		25/01/20		01/02/20		08/02/20	
		Temp. °C	pH	Temp. °C	pH	Temp. °C	pH	Temp. °C	pH	Temp. °C	pH	Temp. °C	pH	Temp. °C	pH	Temp. °C	pH	Temp. °C	pH	Temp. °C	pH	Temp. °C	pH	Temp. °C	pH
		1	I	28.3	6.3	37.2	6.5	45.8	6.9	56.6	7.2	62.3	7.8	49.2	8.7	42.3	8.8	28.4	8.7	22.8	8.8	22.1	8.9	19.4	9
II	28.7		6.5	37.6	6.6	45.6	6.8	56.7	7.3	63.2	7.9	49.8	8.6	42.8	8.6	28.4	8.7	23.3	8.6	23.2	8.6	18.3	8.6	18.2	8.8
III	28.4		6.3	37.3	6.4	45.6	6.8	56.3	7.3	62.8	8.2	49.7	8.8	42.5	8.8	29.4	8.8	22.7	8.8	22.3	8.8	19.2	8.8	18.3	9
<b>PROMEDIO</b>		<b>28.5</b>	<b>6.37</b>	<b>37.4</b>	<b>6.5</b>	<b>45.7</b>	<b>6.83</b>	<b>56.5</b>	<b>7.27</b>	<b>62.8</b>	<b>7.97</b>	<b>49.6</b>	<b>8.7</b>	<b>42.5</b>	<b>8.73</b>	<b>28.7</b>	<b>8.73</b>	<b>22.9</b>	<b>8.73</b>	<b>22.5</b>	<b>8.77</b>	<b>19</b>	<b>8.8</b>	<b>18.6</b>	<b>8.9</b>
2	I	27.9	6.3	37.8	6.3	45.4	6.8	56.8	7.1	63.3	7.5	50.2	8.5	42.8	8.5	29.1	8.5	22.8	8.5	22.3	8.5	19.3	8.4	18.9	8.5
	II	28.8	6.5	37.7	6.6	45.8	6.6	58.1	7	63.4	7.6	51.3	8.5	43.1	8.6	29.3	8.5	23.4	8.6	22.6	8.6	19.7	8.6	18.7	8.6
	III	28.6	6.2	38.1	6.6	46.2	6.7	57.4	7.1	64.6	7.6	5.4	8.6	42.5	8.5	28.5	8.5	23.3	8.5	23.1	8.5	20.2	8.5	19.2	8.5
<b>PROMEDIO</b>		<b>28.4</b>	<b>6.33</b>	<b>37.9</b>	<b>6.5</b>	<b>45.8</b>	<b>6.7</b>	<b>57.4</b>	<b>7.07</b>	<b>63.8</b>	<b>7.57</b>	<b>35.6</b>	<b>8.53</b>	<b>42.8</b>	<b>8.53</b>	<b>29</b>	<b>8.5</b>	<b>23.2</b>	<b>8.53</b>	<b>22.7</b>	<b>8.53</b>	<b>19.7</b>	<b>8.5</b>	<b>18.9</b>	<b>8.53</b>
3	I	28.3	6.8	38.4	6.9	46.6	7.2	56.4	7.2	66.2	7.6	49.8	7.7	41.4	7.7	29	7.7	22.6	7.7	22.1	7.7	19.9	7.7	18.6	7.7
	II	28.3	6.9	38.6	6.9	46.6	7	57.2	7.1	65.4	7.6	52.3	7.6	42.4	7.7	30.1	7.8	22.6	7.8	21.9	7.7	19.2	7.9	18.6	7.9
	III	28.5	6.9	37.8	6.8	46.8	6.9	56.6	7.1	65.8	7.6	51.4	7.7	41.7	7.7	29.7	7.7	22.7	7.7	22.2	7.7	19.2	7.7	18.5	7.7
<b>PROMEDIO</b>		<b>28.4</b>	<b>6.87</b>	<b>38.3</b>	<b>6.87</b>	<b>46.7</b>	<b>7.03</b>	<b>56.7</b>	<b>7.13</b>	<b>65.8</b>	<b>7.6</b>	<b>51.2</b>	<b>7.67</b>	<b>41.8</b>	<b>7.7</b>	<b>29.6</b>	<b>7.73</b>	<b>22.6</b>	<b>7.73</b>	<b>22.1</b>	<b>7.7</b>	<b>19.4</b>	<b>7.77</b>	<b>18.6</b>	<b>7.77</b>
4	I	29.2	6.9	38.3	6.9	47.2	7.2	57.8	7.3	66.7	7.5	51.8	7.6	42.5	7.6	29.8	7.6	23.3	7.6	22.3	7.6	19.4	7.6	18.9	7.6
	II	29.6	6.5	37.9	6.7	46.8	7.1	58.3	7.1	66.8	7.5	51.8	7.6	43.7	7.5	30.2	7.5	22.8	7.8	21.8	7.9	19.4	7.8	19.1	7.9
	III	28.3	6.7	38.2	6.7	46.2	6.9	58.3	7.1	65.3	7.4	51.7	7.7	42.8	7.6	30.2	7.6	23.2	7.6	21.9	7.6	19.8	7.6	19.6	7.8
<b>PROMEDIO</b>		<b>29</b>	<b>6.7</b>	<b>38.1</b>	<b>6.77</b>	<b>46.7</b>	<b>7.07</b>	<b>58.1</b>	<b>7.17</b>	<b>66.3</b>	<b>7.47</b>	<b>51.8</b>	<b>7.63</b>	<b>43</b>	<b>7.57</b>	<b>30.1</b>	<b>7.57</b>	<b>23.1</b>	<b>7.67</b>	<b>22</b>	<b>7.7</b>	<b>19.5</b>	<b>7.67</b>	<b>19.2</b>	<b>7.77</b>

**ANEXO 4 FICHA DE EVALUACIÓN DE LA FRECUENCIA, NIVELES DE APLICACIÓN DE EM ACTIVADO Y VOLTEO DE LOTES**

MICROORGANISMOS EFICIENTES EN LA PRODUCCIÓN DE COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN CHUQUIBAMBILLA - GRAU															
Nombre del evaluador: René Leo Portilla			Nov. 2019			Dic. 2019			Ene. 2020			Feb. 2020			
Fecha: Inicio de evaluación: 16/11/19			Semanas			Semanas			Semanas			Semanas			
Fecha: Fin de evaluación: 21/12/19															
Tratamientos	Niveles de aplicación de EM	Frecuencia de aplicación	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
			16/11/19	23/11/19	30/11/19	07/12/19	14/12/19	21/12/19	28/12/19	04/01/20	11/01/20	18/01/20	25/01/20	01/02/20	08/02/20
1	5 Lt EM	1	X												
2	10 Lt EM	2	X	X											
3	20 Lt EM	3	X	X	X	X									
4	0 Lt EM	0													
<b>VOLTEO DE LOTES PARA LA AIREACION</b>				X	X	X	X	X							
Observaciones:.....															
.....															
.....															
.....															

**ANEXO 5 DATOS PARA PROCESAR**

Niveles de aplicación de Microorganismos Eficientes (L EM/m <sup>3</sup> RO)	Potencial de hidrogeniones (pH)	Conductividad eléctrica (C.E)	Materia orgánica (M.O)	Contenido de nitrógeno (%)	Contenido de fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %)	Contenido de potasio (K <sub>2</sub> O %)	Contenido de calcio (CaO %)	Contenido de magnesio (MgO %)	Contenido de Hd %
T1. Bajo (5L EM /m <sup>3</sup> RO)	8.89	4.8	49.81	1.74	1.02	2.12	6.15	0.83	37.52
T1. Bajo (5L EM /m <sup>3</sup> RO)	8.88	5.19	56.21	1.52	0.81	2.32	6.88	0.85	38.12
T1. Bajo (5L EM /m <sup>3</sup> RO)	8.91	5	55.4	1.52	0.76	1.9	7.29	0.98	37.72
T2. Medio (10L EM/m <sup>3</sup> RO)	8.66	3.99	62.5	1.65	0.88	3.5	6.64	1.1	37.15
T2. Medio (10L EM/m <sup>3</sup> RO)	8.62	3.82	61.22	1.47	0.85	2.88	6.14	1.12	37.18
T2. Medio (10L EM/m <sup>3</sup> RO)	8.72	3.96	68.55	1.33	0.98	2.85	7.14	0.85	42.08
T3. Alto (20L EM/m <sup>3</sup> RO)	7.92	2.56	79.62	1.58	1.1	2.56	7.68	0.98	38.91
T3. Alto (20L EM/m <sup>3</sup> RO)	7.85	3.14	80.42	2.14	1.12	2.54	7.21	1.44	34.96
T3. Alto (20L EM/m <sup>3</sup> RO)	7.86	2.91	80.12	1.98	0.97	2.54	7.45	1.12	37.52
T4. Testigo (Sin EM)	7.87	2.74	80.58	1.98	1.12	2.14	6.87	0.97	41.12
T4. Testigo (Sin EM)	7.85	2.74	80.74	2.12	1.15	1.96	7.17	1.12	39.08
T4. Testigo (Sin EM)	7.88	2.79	81.46	2.31	1	2.78	7.83	1.15	38.91

Continuación ...

Niveles de aplicación de Microorganismos Eficientes (L EM/1m3 RO)	Contenido de sodio (Na)	Relación carbono nitrógeno (C/N)	Contenido de hierro (Fe ppm)	Contenido de cobre (Cu ppm)	Contenido de Zinc (Zn ppm)	Contenido de manganeso (Mn ppm)	Contenido de boro (B ppm)	Enumeraciones de coliformes totales	Enumeraciones de coliformes fecales	Temperatura del compost (°C)
T1. Bajo (5L EM /m3 RO)	1.65	26.78	11880	42	256	832	55	0.3	3	18.97
T1. Bajo (5L EM /m3 RO)	0.83	26.78	13050	45	250	834	56	3	3	18.93
T1. Bajo (5L EM /m3 RO)	1.47	25.96	13024	43	260	833	56	0.6	0.3	18.8
T2. Medio (10L EM/m3 RO)	1.58	26.14	12360	44	289	886	46	3	3	19.73
T2. Medio (10L EM/m3 RO)	2.14	24.54	13562	40	300	865	49	3	3	18.93
T2. Medio (10L EM/m3 RO)	0.98	25.73	11250	40	290	865	48	3	3	19.33
T3. Alto (20L EM/m3 RO)	1.58	24.14	12654	35	214	890	58	3	3	19.43
T3. Alto (20L EM/m3 RO)	1.14	24.54	12540	35	153	930	63	3	3	18.57
T3. Alto (20L EM/m3 RO)	2.12	24.37	13524	38	230	895	62	3	3	19
T4. Testigo (Sin EM)	1.31	23.56	12360	39	262	865	63	3	3	19.53
T4. Testigo (Sin EM)	1.58	23.5	12590	38	262	868	60	3	3	19.2
T4. Testigo (Sin EM)	0.74	20.2	11600	35	254	867	58	3	3	19.37

**ANEXO 6 CUADRO DE COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y BIOLÓGICO CON LA NORMA CHILENA 2880**

Parámetros			Nch 2880		Parámetros evaluados			
			Calidad A	Calidad B	T1	T2	T3	T4
Relación C/N			10 ≤ a 25	10 ≤ a 25	26.51	25.47	24.35	22.42
Parámetros generales y de Materia Orgánica	pH	-----	5.0 - 8.5	5.0 - 8.5	8.89	8.67	7.88	7.87
	C.E	dS/m	< a 3 dS/m	≤ a 3 dS/m	5.00	3.92	2.87	2.76
	M.O	%	≥ a 20%	≥ a 20%	53.81	64.10	80.05	80.93
	N	%	≥ a 0.5%	≥ a 0.5%	1.59	1.48	1.90	2.14
Microelementos	P2O5	%	-----	-----	0.86	0.90	1.06	1.09
	K2O	%	-----	-----	2.11	3.08	2.55	2.29
	CaO	%	-----	-----	6.77	6.64	7.45	7.29
	MgO	%	-----	-----	0.89	1.02	1.18	1.04
	Na	%	≤ 1%	≤ 1%	1.32	1.57	1.61	1.21
	Hd	%	30% - 45%	30% - 45%	37.79	38.80	37.13	39.70
Metales Pesados	Pb		100 mg/kg	100 mg/kg	-	-	-	-
	Cd		2 mg/kg	8 mg/kg	-	-	-	-
	Cr		120 mg/kg	800 mg/kg	-	-	-	-
Coliformes totales	NMP/g	< a 1000 NMP	< a 1000 NMP	<1.300	<3.000	<3.000	<3.000	
Coliformes fecales	NMP/g	< a 1000 NMP	< a 1000 NMP	<2.100	<3.000	<3.000	<3.000	
Organismos mesófilos totales (UFC/g de compost seco)	Bacterias		-----	-----	-	-	-	-
	Actinomicetos		-----	-----	-	-	-	-
	Hongos		-----	-----	-	-	-	-
Respiración microbiana	mg CO2/g de compost seco/día		-----	-----	-	-	-	-
Biomasa microbiana	mg C/g de compost		-----	-----	-	-	-	-
Bacteria fijadoras de nitrógeno de vida libre y bacterias nitrificantes	Organismos/g compost seco		-----	-----	-	-	-	-

## ANEXO 7 REPORTE DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DEL COMPOST EN ESTUDIO



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
 LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



### INFORME DE ANÁLISIS DE MATERIA ORGÁNICA

SOLICITANTE : RENE LEO PORTILLA  
 PROCEDENCIA : APURÍMAC/GRAU/CHUQUIBAMBILLA  
 MUESTRA : COMPOST  
 REFERENCIA : H.R. 71903  
 BOLETA : 4045  
 FECHA : 02/03/20

Nº LAB.	CLAVES	REPET.	pH	C.E dS/m	M.O. %	N %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	K <sub>2</sub> O %
199	Tratamiento 1	I	8.89	4.8	49.81	1.74	1.02	2.12
		II	8.88	5.19	56.21	1.52	0.81	2.32
		III	8.91	5	55.4	1.52	0.76	1.9
200	Tratamiento 2	I	8.66	3.99	62.5	1.65	0.88	3.5
		II	8.62	3.82	61.22	1.47	0.85	2.88
		III	8.72	3.96	68.55	1.33	0.98	2.85
201	Tratamiento 3	I	7.92	2.56	79.62	1.58	1.1	2.56
		II	7.85	3.14	80.42	2.14	1.12	2.54
		III	7.86	2.91	80.12	1.98	0.97	2.54
202	Tratamiento 4	I	7.87	2.74	80.58	1.98	1.12	2.14
		II	7.85	2.74	80.74	2.12	1.15	1.96
		III	7.88	2.79	81.46	2.31	1	2.78

Nº LAB.	CLAVES	REPET.	CaO %	MgO %	Hd %	Na %	Relación C/N
199	Tratamiento 1	I	6.15	0.83	37.52	1.65	26.78
		II	6.88	0.85	38.12	0.83	26.78
		III	7.29	0.98	37.72	1.47	25.96
200	Tratamiento 2	I	6.64	1.1	37.15	1.58	26.14
		II	6.14	1.12	37.18	2.14	24.54
		III	7.14	0.85	42.08	0.98	25.73
201	Tratamiento 3	I	7.68	0.98	38.91	1.58	24.14
		II	7.21	1.44	34.96	1.14	24.54
		III	7.45	1.12	37.52	2.12	24.37
202	Tratamiento 4	I	6.87	0.97	41.12	1.31	23.56
		II	7.17	1.12	39.08	1.58	23.5
		III	7.83	1.15	38.91	0.74	20.2

Av. La Molina s/n Campus UNALM  
 Teléf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622  
 Celular: 946-506-254  
 E-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe







**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
 LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



Nº LAB.	CLAVES	REPET.	Fe ppm	Cu ppm	Zn ppm	Mn ppm	B ppm
199	Tratamiento 1	I	11880	42	256	832	55
		II	13050	45	250	834	56
		III	13024	43	260	833	56
200	Tratamiento 2	I	12360	44	289	886	46
		II	13562	40	300	865	49
		III	11250	40	290	865	48
201	Tratamiento 3	I	12654	35	214	890	58
		II	12540	35	153	930	63
		III	13524	38	230	895	62
202	Tratamiento 4	I	12360	39	262	865	63
		II	12590	38	262	868	60
		III	11600	35	254	867	58



*Braulio La Torre Martínez*  
 Ing. Braulio La Torre Martínez  
 Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM  
 Teléf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622  
 Celular: 946-506-254  
 E-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe



## ANEXO 8 REPORTE DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE LAS PROPIEDADES MICROBIOLÓGICAS DEL COMPOST EN ESTUDIO



### UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Av. La Molina s/n La Molina – Lima – Perú  
Teléfono: 6147800 anexo 274



### INFORME DE ENSAYO N° 1910476 - LMT

SOLICITANTE : RENE LEO PORTILLA  
DESCRIPCION DEL OBJETO DE ENSAYADO  
MUESTRA : COMPOST  
1910476) TRATAMIENTO 1

PROCEDENCIA : Chuquibambilla – Grau – Apurimac  
TIPO DE ENVASE : Bolsa de plastico  
CANTIDAD DE LA MUESTRA : 03 muestra x 03 unid. x 500 g. aprox.  
ESTADO Y CONDICION : En buen estado y cerrado  
FECHA DE MUESTREO : 2020 – 02 - 29  
FECHA DE RECEPCION : 2020 – 03 - 02  
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2020 – 03 - 04  
FECHA DE TERMINO DE ENSAYO : 2020 – 03 - 06

#### RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA

Tratamiento 1	Analisis Microbiologico	Muestra 1910476
I	<sup>1</sup> Enumeraciones de coliformes totales (NMP/g) <sup>1</sup> Enumeraciones de coliformes fecales (NMP/g)	0.3 < 3
II	<sup>1</sup> Enumeraciones de coliformes totales (NMP/g) <sup>1</sup> Enumeraciones de coliformes fecales (NMP/g)	< 3 < 3
III	<sup>1</sup> Enumeraciones de coliformes totales (NMP/g) <sup>1</sup> Enumeraciones de coliformes fecales (NMP/g)	0.6 0.3

#### Metodos:

<sup>1</sup>International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983 2da Ed. Vol 1 Part. II, (Tred. 1988) Fierop. 2002. Editorial Activa.

#### Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de muestreo laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.

Prohibida la reproduccion total o parcial de este informe, sin nuestra autorizacion escrita.

Validez del documento:

Este documento tiene validez solo para la muestra descrita.

La Molina, 17 de marzo de 2020

DRA. DORIS ZUÑIGA DAVILA

Jefe del laboratorio de Ecología Microbiana  
y Biotecnología "Marino Tabusso"  
Universidad Nacional Agraria La Molina

Telefono: 6147800 anexo 274  
E-mail: [lmb@lamolina.edu.pe](mailto:lmb@lamolina.edu.pe)

LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA "MARINO TABUSSO"

(511) 614-7800 anexo 274 – E-mail: [lmb@lamolina.edu.pe](mailto:lmb@lamolina.edu.pe)

Apartado Postal 456 – Lima 12 - PERU







## UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Av. La Molina s/n La Molina – Lima – Perú  
Teléfono: 6147800 anexo 274



### INFORME DE ENSAYO N° 1910477 - LMT

SOLICITANTE : RENE LEO PORTILLA  
DESCRIPCION DEL OBJETO DE ENSAYADO  
MUESTRA : COMPOST  
1910477) TRATAMIENTO 2

PROCEDENCIA : Chuquibambilla – Grau – Apurímac  
TIPO DE ENVASE : Bolsa de plástico  
CANTIDAD DE LA MUESTRA : 03 muestra x 03 unid. x 500 g. aprox.  
ESTADO Y CONDICION : En buen estado y cerrado  
FECHA DE MUESTREO : 2020 – 02 - 29  
FECHA DE RECEPCION : 2020 – 03 - 02  
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2020 – 03 - 04  
FECHA DE TERMINO DE ENSAYO : 2020 – 03 - 06

#### RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA

Tratamiento 2	Análisis Microbiológico	Muestra 1910477
I	<sup>1</sup> Enumeraciones de coliformes totales (NMP/g) <sup>1</sup> Enumeraciones de coliformes fecales (NMP/g)	< 3 < 3
II	<sup>1</sup> Enumeraciones de coliformes totales (NMP/g) <sup>1</sup> Enumeraciones de coliformes fecales (NMP/g)	< 3 < 3
III	<sup>1</sup> Enumeraciones de coliformes totales (NMP/g) <sup>1</sup> Enumeraciones de coliformes fecales (NMP/g)	< 3 < 3

#### Metodos:

<sup>1</sup>International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983 2da Ed. Vol 1 Part. II, (Tred. 1988) Fierop. 2002. Editorial Activa.

#### Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de muestreo laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento:

Este documento tiene validez solo para la muestra descrita.

La Molina, 17 de marzo de 2020

DRA. DORIS ZUÑIGA DAVILA

Jefe del laboratorio de Ecología Microbiana  
y Biotecnología "Marino Tabusso"  
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 6147800 anexo 274  
E-mail: [lmb@lamolina.edu.pe](mailto:lmb@lamolina.edu.pe)

LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA "MARINO TABUSSO"

(511) 614-7800 anexo 274 – E-mail: [lmb@lamolina.edu.pe](mailto:lmb@lamolina.edu.pe)

Apartado Postal 456 – Lima 12 - PERU



## UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Av. La Molina s/n La Molina – Lima – Perú  
Teléfono: 6147800 anexo 274



### INFORME DE ENSAYO N° 1910478 - LMT

SOLICITANTE : RENE LEO PORTILLA  
DESCRIPCION DEL OBJETO DE ENSAYADO  
MUESTRA : COMPOST  
1910478) TRATAMIENTO 3

PROCEDENCIA : Chuquibambilla – Grau – Apurimac  
TIPO DE ENVASE : Bolsa de plastico  
CANTIDAD DE LA MUESTRA : 03 muestra x 03 unid. x 500 g. aprox.  
ESTADO Y CONDICION : En buen estado y cerrado  
FECHA DE MUESTREO : 2020 – 02 - 29  
FECHA DE RECEPCION : 2020 – 03 - 02  
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2020 – 03 - 04  
FECHA DE TERMINO DE ENSAYO : 2020 – 03 - 06

#### RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA

Tratamiento 3	Analisis Microbiologico	Muestra 1910478
I	<sup>1</sup> Enumeraciones de coliformes totales (NMP/g) <sup>1</sup> Enumeraciones de coliformes fecales (NMP/g)	< 3 < 3
II	<sup>1</sup> Enumeraciones de coliformes totales (NMP/g) <sup>1</sup> Enumeraciones de coliformes fecales (NMP/g)	< 3 < 3
III	<sup>1</sup> Enumeraciones de coliformes totales (NMP/g) <sup>1</sup> Enumeraciones de coliformes fecales (NMP/g)	< 3 < 3

#### Metodos:

<sup>1</sup>International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983 2da Ed. Vol 1 Part. II, (Tred. 1988) Fierop. 2002. Editorial Activa.

#### Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de muestreo laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.

Prohibida la reproduccion total o parcial de este informe, sin nuestra autorizacion escrita.

Validez del documento:

Este documento tiene validez solo para la muestra descrita.

La Molina, 17 de marzo de 2020

DRA. DORIS ZUÑIGA DAVILA

Jefe del laboratorio de Ecología Microbiana  
y Biotecnología "Marino Tabusso"  
Universidad Nacional Agraria La Molina

Telefono: 6147800 anexo 274

E-mail: [imb@lamolina.edu.pe](mailto:imb@lamolina.edu.pe)

LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA "MARINO TABUSSO"

(511) 614-7800 anexo 274 – E-mail: [imb@lamolina.edu.pe](mailto:imb@lamolina.edu.pe)

Apartado Postal 456 – Lima 12 - PERU



## UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Av. La Molina s/n La Molina – Lima – Perú  
Teléfono: 6147800 anexo 274



### INFORME DE ENSAYO N° 1910479 - LMT

SOLICITANTE : RENE LEO PORTILLA  
DESCRIPCION DEL OBJETO DE ENSAYADO  
MUESTRA : COMPOST  
1910479) TRATAMIENTO 4

PROCEDENCIA : Chuquibambilla – Grau – Apurímac  
TIPO DE ENVASE : Bolsa de plástico  
CANTIDAD DE LA MUESTRA : 03 muestra x 03 unid. X 500 g. aprox.  
ESTADO Y CONDICION : En buen estado y cerrado  
FECHA DE MUESTREO : 2020 – 02 - 29  
FECHA DE RECEPCION : 2020 – 03 - 02  
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2020 – 03 - 04  
FECHA DE TERMINO DE ENSAYO : 2020 – 03 - 06

#### RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA

Tratamiento 4	Analisis Microbiologico	Muestra 1910479
I	<sup>1</sup> Enumeraciones de coliformes totales (NMP/g) <sup>1</sup> Enumeraciones de coliformes fecales (NMP/g)	< 3 < 3
II	<sup>1</sup> Enumeraciones de coliformes totales (NMP/g) <sup>1</sup> Enumeraciones de coliformes fecales (NMP/g)	< 3 < 3
III	<sup>1</sup> Enumeraciones de coliformes totales (NMP/g) <sup>1</sup> Enumeraciones de coliformes fecales (NMP/g)	< 3 < 3

#### Metodos:

<sup>1</sup>International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983 2da Ed. Vol 1 Part. II, (Tred. 1988) Fierop. 2002. Editorial Activa.

#### Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de muestreo laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento:

Este documento tiene validez solo para la muestra descrita.

La Molina, 17 de marzo de 2020

DRA. DORIS ZUÑIGA DAVILA

Jefe del laboratorio de Ecología Microbiana  
y Biotecnología "Marino Tabusso"  
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 6147800 anexo 274  
E-mail: [imb@lamolina.edu.pe](mailto:imb@lamolina.edu.pe)

LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA "MARINO TABUSSO"

(511) 614-7800 anexo 274 – E-mail: [imb@lamolina.edu.pe](mailto:imb@lamolina.edu.pe)

Apartado Postal 456 – Lima 12 - PERU