



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**PRODUCCION DE VERMICOMPOST, CON LOMBRICES ROJAS  
CALIFORNIANAS (*Eisenia foetida*) EN DIVERSAS FUENTES DE  
MATERIA ORGANICA Y MICROORGANISMOS EFICACES EN  
EL ALTIPLANO DE PUNO**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. YURI MAMANI SUCASAIRE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**PUNO – PERÚ**

**2022**



## DEDICATORIA

A DIOS, por la vida, la salud, la fuerza y por dirigir siempre mi camino.

Con amor y aprecio a mi querida madre Julia, por ser la razón de mi vida, por su inmenso apoyo y confianza en cada momento de mi vida, por motivarme a seguir adelante para lograr todas mis metas.

A mi querido padre Benjamin por brindarme siempre su inmenso apoyo.

A MIS QUERIDOS HERMANOS Diego, Jhon y Maritza por su compañía, confianza, comprensión y apoyo incondicional que siempre me brindan, para lograr todas mis metas con humildad.

*Yuri Mamani Sucasaire*



## AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional del Altiplano, especialmente a la Escuela Profesional de Ingeniera Agronómica, a todos sus docentes que impartieron sus sabios consejos, conocimientos y enseñanzas para mi desarrollo y formación profesional.

A MI DIRECTOR DE TESIS. Ing. Julio Cesar Sosa Choque por su inmensa paciencia, por su profesionalidad, por sus consejos y el trato que me ha dispensado. Agradezco haberme ayudado y facilitado algunos materiales para el presente trabajo de investigación, sin su colaboración no habría sido posible.

AL JURADO EVALUADOR, D.Sc. Evaristo Mamani Mamani, Dr. Angel Mauricio Holguer Mujica Sanchez y Dr. Felix Alonso Astete Maldonado por las recomendaciones.

Al Dr. Luis Alfredo Palao Iturregui, por la motivación y apoyo de los materiales que ayudaron a que se realice la presente investigación.

A MIS AMIGOS, Roger Enrique Caceres y Victor Hugo Ilaquita por su apoyo para la realización del presente trabajo de investigación.

Gracias.

*Yuri Mamani Sucasaire*



# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>DEDICATORIA</b>	
<b>AGRADECIMIENTO</b>	
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	
<b>ÍNDICE DE ACRÓNIMOS</b>	
<b>RESUMEN .....</b>	<b>16</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>17</b>
<b>CAPITULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>1.1 OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>19</b>
<b>1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>19</b>
<b>CAPITULO II</b>	
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b>	
<b>2.1. ANTECEDENTES .....</b>	<b>21</b>
<b>2.2. RESIDUOS SOLIDOS ORGANICOS.....</b>	<b>25</b>
2.2.1. Compost .....	26
2.2.2. Factores que condicionan el proceso de compost .....	26
2.2.3. Importancia y uso del compost .....	30
2.2.4. Proceso del compostaje .....	32
2.2.5. Fabricación del compost .....	34
2.2.6. Fabricación del compost .....	35



<b>2.3. MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM) .....</b>	<b>39</b>
2.3.1. Historia de los microorganismos eficaces (EM) .....	39
2.3.2. Qué son los microorganismos eficaces (EM) .....	39
2.3.3. Cómo funcionan los microorganismos eficaces (EM) .....	40
2.3.4. Generalidades de los microorganismos eficaces (EM) .....	41
2.3.5. Modo de acción de los microorganismos eficientes autóctonos .....	42
2.3.6. Tipos de organismos presentes en los microorganismos eficaces (EM) ..	43
2.3.7. Activación de microorganismos eficaces (EM) .....	49
2.3.8. Uso de microorganismos eficaces (EM) en la agricultura .....	50
<b>2.4. LOMBRICULTURA .....</b>	<b>57</b>
2.4.1. Referencia historia .....	57
2.4.2. Lombricultura.....	57
2.4.3. Humus de lombriz .....	58
2.4.4. Lombriz Roja Californiana ( <i>Eisenia foetida</i> ).....	59
<b>2.5. PARÁMETROS DE MEDICIÓN BIOMÉTRICOS .....</b>	<b>82</b>
2.5.1. Medición de temperatura .....	82
2.5.2. Medición de humedad .....	82
2.5.3. Medición de pH.....	82
2.5.4. Calidad del vermicompost .....	82
2.5.5. Producción de vermicompost.....	84
2.5.6. Población de lombrices .....	85
2.5.7. Tiempo de elaboración del vermicompost .....	85
2.5.8. Analisis económico .....	85



## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

<b>3.1. MEDIO EXPERIMENTAL .....</b>	<b>88</b>
3.1.1. Ubicación .....	88
3.1.2. Condiciones climáticas .....	88
<b>3.2. MATERIALES EXPERIMENTALES .....</b>	<b>90</b>
3.2.1. Materiales biológicos .....	90
3.2.2. Materiales y equipos de campo .....	91
3.2.3. Materiales de gabinete .....	93
<b>3.3. FACTORES EN ESTUDIO .....</b>	<b>94</b>
<b>3.4. DIMENSIONES DEL CAMPO EXPERIMENTAL .....</b>	<b>95</b>
<b>3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL.....</b>	<b>97</b>
<b>3.6. VARIABLES DE RESPUESTA Y OBSERVACIONES.....</b>	<b>98</b>
3.6.1. Variables de respuesta.....	98
3.6.2. Observaciones .....	99
<b>3.7. CONDUCCIÓN DEL TRABAJO EXPERIMENTAL.....</b>	<b>99</b>
3.7.1. Preparación del terreno .....	101
3.7.2. Preparación de las camas de vermicompostaje .....	101
3.7.3. Activación de microorganismos eficientes (EM).....	102
3.7.4. Preparación de sustratos.....	102
3.7.5. Riego al compost.....	103
3.7.6. Pre compostaje .....	103
3.7.8. Recolección de lombrices .....	103
3.7.9. Adaptación de la muestra recolectada (prueba de supervivencia) .....	104
3.7.10. Colocación de lombrices y manejo .....	104



3.7.11. Manejo de humedad y temperatura y control sanitario del vermicompost .....	104
3.7.12. Incorporacion de sustrato .....	105
3.7.13. Recolección de lombrices y vermicompost .....	105
3.7.14. Secado del vermicompost .....	105
3.7.15. Tamizado del vermicompost.....	105
3.7.16. Pesado del vermicompost.....	106
3.7.17. Almacenado del vermicompost.....	106
<b>3.8. EVALUACIONES REALIZADAS .....</b>	<b>106</b>
3.8.1. Elaboración de proliferación de lombrices roja californianas .....	106
3.8.2. Elaboración de tiempo de bioconversión .....	107
3.8.3. Elaboracion de características de vermicompost .....	108
3.8.4. Elaboración de análisis economico .....	109
<b>CAPITULO IV</b>	
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
<b>4.1. OBJETIVO 01 .....</b>	<b>112</b>
4.1.1. Numero de cocones .....	112
4.1.2. Numero de lombrices juveniles.....	114
4.1.3. Numero de lombrices adultas.....	116
<b>4.2. OBJETIVO 02 .....</b>	<b>119</b>
4.2.1. Compostaje.....	119
4.2.2. Tiempo de bioconvercion.....	123
<b>4.3. OBJETIVO 03 .....</b>	<b>126</b>
4.3.1. Materia organica .....	127
4.3.2. Nitrogeno, fosforo y potasio .....	128



<b>4.4. OBJETIVO 04</b> .....	<b>132</b>
4.4.1. Rendimiento de producción .....	132
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	<b>138</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>140</b>
<b>VII. REFERENCIAS</b> .....	<b>141</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>147</b>
<b>ANEXOS 1. DATOS DE LOS TRATAMIENTOS</b> .....	<b>148</b>
<b>ANEXO 2. PANEL FOTOGRÁFICO</b> .....	<b>164</b>
<b>ANEXO 3. DESCRIPCIÓN DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS,     BIOLÓGICAS Y QUÍMICAS</b> .....	<b>184</b>

**ÁREA :** Ciencias agrícolas

**TEMA:** Manejo Agronómico de Cultivos

**FECHA DE SUSTENTACION:** 25 de octubre de 2022



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> Datos de temp. máxima, mínima, media de noviembre del 2021 a mayo del 2022 .....	89
<b>Tabla 2.</b> Distribución de tratamientos .....	95
<b>Tabla 4.</b> Análisis de variancia (ANVA) .....	98
<b>Tabla 5.</b> Proporción de los sustratos.....	103
<b>Tabla 6.</b> Análisis de variancia para el número de cocones con valor angular.....	113
<b>Tabla 7.</b> Análisis de variancia para el número de lombrices juveniles con valor angular .....	115
<b>Tabla 8.</b> Prueba de significancia de tukey ( $P \leq 0.05$ ) en proporciones de sustratos para el número de lombrices juveniles.....	115
<b>Tabla 9.</b> Análisis de variancia para el número de lombrices adultas con valor angular .....	117
<b>Tabla 10.</b> Prueba de significancia de tukey ( $P \leq 0.05$ ) en proporciones de sustratos para el número de lombrices adultas.....	118
<b>Tabla 11.</b> Análisis de variancia de tiempo de compostaje (días), por efecto diferentes fuentes de materia orgánica y microorganismos eficaces. ....	120
<b>Tabla 12.</b> Prueba de significancia de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) en la aplicación de EM para el tiempo de compostaje en la producción de vermicompost.....	121
<b>Tabla 13.</b> Prueba de significancia de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) en la aplicación de EM en el rendimiento de vermicompost .....	121
<b>Tabla 14.</b> Análisis de varianza del tiempo de bioconversión.....	124
<b>Tabla 15.</b> Prueba de significancia de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) en tipos de sustratos su bioconversión de vermicompost .....	125



<b>Tabla 16.</b> Registro de análisis físico químico de vermicompost.....	127
<b>Tabla 17.</b> Análisis de varianza para el rendimiento de vermicompost.....	133
<b>Tabla 18.</b> Prueba de significancia de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) en la aplicación de EM en el rendimiento de vermicompost .....	133
<b>Tabla 19.</b> Prueba de significancia de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) en tipo de sustrato el rendimiento de vermicompost. ....	134
<b>Tabla 20.</b> Costos de producción y beneficio económico por $27m^3$ .....	136
<b>Tabla 21.</b> Numero de cocones/ 1kg de vermicompost .....	148
<b>Tabla 22.</b> Numero de lombrices juveniles/ 1kg de vermicompost Juveniles .....	148
<b>Tabla 23.</b> Numero de lombrices adultas/ 1kg de vermicompost .....	149
<b>Tabla 24.</b> Tiempo de compostaje.....	149
<b>Tabla 25.</b> Tiempo de bioconvercion.....	149
<b>Tabla 26.</b> Rendimiento en peso del vermicompost obtenido en el tratamiento: M1F1 .....	150
<b>Tabla 27.</b> Rendimiento en peso del vermicompost obtenido en el tratamiento: M1F2 .....	150
<b>Tabla 28.</b> Rendimiento en peso del vermicompost obtenido en el tratamiento: M1F3 .....	151
<b>Tabla 29.</b> Rendimiento en peso del vermicompost obtenido en el tratamiento: M2F1 .....	151
<b>Tabla 30.</b> Rendimiento en peso del vermicompost obtenido en el tratamiento: M2F2 .....	152
<b>Tabla 31.</b> Rendimiento en peso del vermicompost obtenido en el tratamiento: M2F3 .....	152



<b>Tabla 32.</b> Rendimiento en peso del vermicompost obtenido en el tratamiento: M3F1 .....	153
<b>Tabla 33.</b> Rendimiento en peso del vermicompost obtenido en el tratamiento: M3F2 .....	153
<b>Tabla 34.</b> Rendimiento en peso del vermicompost obtenido en el tratamiento: M3F3 .....	154
<b>Tabla 35.</b> Promedio de rendimiento de vermicompost con diferentes fuentes de materia orgánica y microorganismos eficaces (kg de vermicompost/kg de sustrato). .....	154
<b>Tabla 36.</b> Costo de producción y análisis económico del tratamiento: M1F1 .....	155
<b>Tabla 37.</b> Costo de producción y análisis económico del tratamiento: M1F2 .....	156
<b>Tabla 38.</b> Costo de producción y análisis económico del tratamiento: M1F3 .....	157
<b>Tabla 39.</b> Costo de producción y análisis económico del tratamiento: M2F1 .....	158
<b>Tabla 40.</b> Costo de producción y análisis económico del tratamiento: M2F2 .....	159
<b>Tabla 41.</b> Costo de producción y análisis económico del tratamiento: M2F3 .....	160
<b>Tabla 42.</b> Costo de producción y análisis económico del tratamiento: M3F1 .....	161
<b>Tabla 43.</b> Costo de producción y análisis económico del tratamiento: M3F2 .....	162
<b>Tabla 44.</b> Costo de producción y análisis económico del tratamiento: M3F3 .....	163



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Montón de compost de 1m de altura.....	36
<b>Figura 2.</b> Anatomía externa de la lombriz.....	60
<b>Figura 3.</b> Lóbulo frontal de la lombriz.....	60
<b>Figura 4.</b> Parte anterior (cara ventral) de la lombriz.....	61
<b>Figura 5.</b> Corte transversal de un anillo de la lombriz.....	62
<b>Figura 6.</b> Región anterior (cara dorsal) de la lombriz.....	63
<b>Figura 7.</b> Esquema de un nefridio (tubo urinario) de la lombriz.....	64
<b>Figura 8.</b> Parte anterior del sistema nervioso de la lombriz.....	65
<b>Figura 9.</b> Espermatozoides agrupados.....	67
<b>Figura 10.</b> Espermatozoide de lombriz.....	67
<b>Figura 11.</b> Órganos reproductores de la lombriz.....	68
<b>Figura 12.</b> Cópula de lombrices.....	69
<b>Figura 13.</b> Evolución de las temperaturas mínimas, máximas y medias durante el desarrollo del experimento.....	89
<b>Figura 14.</b> Croquis aleatorio de los lechos en el invernadero.....	96
<b>Figura 15.</b> Fases de la producción de vermicompost con fuentes de materia orgánica y microorganismos eficientes de los lechos en el invernadero.....	101
<b>Figura 16.</b> Numero de coconos/ 1 kg de vermicompost.....	113
<b>Figura 17.</b> Numero de lombrices juveniles/1 kg de vermicompost.....	116
<b>Figura 18.</b> Numero de lombrices adultas/ 1 kg de vermicompost.....	118
<b>Figura 19.</b> Días de compostaje con la aplicación de EM y tipos de sustrato.....	122
<b>Figura 20.</b> Tiempo de bioconversión.....	125
<b>Figura 21.</b> Efecto de los sustratos en la Materia Orgánica (%) del vermicompost....	127



<b>Figura 22.</b> Efecto de los sustratos en el nitrógeno (%) del vermicompost.....	129
<b>Figura 23.</b> Efecto de los sustratos en fósforo (%) del vermicompost.....	130
<b>Figura 24.</b> Efecto de los sustratos en la Materia Orgánica (%) del vermicompost ....	131
<b>Figura 25.</b> Kg de vermicompost/10.5 Kg de sustrato.....	134
<b>Figura 26.</b> Obtención de microorganismos eficientes .....	164
<b>Figura 27.</b> Pesado de melaza para la activación de EM .....	164
<b>Figura 28.</b> Pesado de agua hervida de 18 litros .....	165
<b>Figura 29.</b> Mezclado de EM, melaza y agua en un embase hermético.....	165
<b>Figura 30.</b> Activación de microorganismos eficientes durante 30 días.....	166
<b>Figura 31.</b> Obtención de estiércol de vacuno de 10 días .....	166
<b>Figura 32.</b> Pesado de EM activado .....	167
<b>Figura 33.</b> Aplicación de EM activado de 5 y 7.5 % y agua .....	167
<b>Figura 34.</b> Aireación del compost de una compostera a otra .....	168
<b>Figura 35.</b> Aplicación de EM activado de 5 y 7.5 % al compost, a 100 kg .....	168
<b>Figura 36.</b> Aplicación de EM activado de 5 y 7.5 % al compost, a 250 kg .....	169
<b>Figura 37.</b> Aplicación de EM activado de 5 y 7.5 % al compost, a 300 kg .....	169
<b>Figura 38.</b> Incorporación de agujeros 5 mm de diámetro a las camas de vermicompost .....	170
<b>Figura 39.</b> Prueba de filtración en las camas de vermicompost .....	170
<b>Figura 40.</b> Aplicación de malla de polisombra doble.....	171
<b>Figura 41.</b> Incorporación de embase para la obtención de lixiviado de vermicompost .....	171
<b>Figura 42.</b> Picado de residuos vegetales de cáscara de lechuga, tomate y plátano. ...	172
<b>Figura 43.</b> Pesado de residuos vegetales de cáscara de lechuga, tomate y plátano....	172
<b>Figura 44.</b> Pesado de compost de ganado vacuno. ....	173



<b>Figura 45.</b> Mesclado de compost y residuos vegetales en las camas .....	173
<b>Figura 46.</b> Distribución de sustrato en toda en área de la cama de vermicompost.....	174
<b>Figura 47.</b> Aplicación de lombrices en las camas de vermicompost.....	174
<b>Figura 48.</b> Aplicación de 2.5 kg lombrices / 2.5 m <sup>2</sup> .....	175
<b>Figura 49.</b> Aplicación de agua en el vermicompost .....	175
<b>Figura 50.</b> Tapado de la cama de vermicompost con un plástica.....	176
<b>Figura 51.</b> Observación de lixiviado de vermicompost.....	176
<b>Figura 52.</b> Verificación de vermicompost a los 15 días de instalado.....	177
<b>Figura 53.</b> Incorporación de sustrato a los 30 días de sustrato.....	177
<b>Figura 54.</b> Tapado de las vermicomposteras .....	178
<b>Figura 55.</b> Al ver la homogeneidad se prepara la extracion de vermicompost .....	178
<b>Figura 56.</b> Poner trampas de tipo lomo de toro .....	179
<b>Figura 57.</b> Extracción de vermicompost.....	179
<b>Figura 58.</b> Acumulamiento de vermicompost .....	180
<b>Figura 59.</b> Secado de vermicompost, en sombra para un secado homogenio. ....	180
<b>Figura 60.</b> Secado de vermicompost, para su respectivo tamizado.....	181
<b>Figura 61.</b> Preparación de tamizador de 2mm.....	181
<b>Figura 62.</b> Tamizado de vermicompost.....	182
<b>Figura 63.</b> Tamizado de vermicompost y extracion de material no consumido.....	182
<b>Figura 64.</b> Pesado de material no consumido por las lombrices. ....	183
<b>Figura 65.</b> Obtención y pesado de vermicompost. ....	183



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

DRA = Dirección regional agraria

CIP = Centro de investigación y producción

RAS = Reglas para Análisis de Semillas

ISTA = International Seed Testing Association.

AIPS = Asociación Internacional de Pruebas de Semillas

FAO = Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

USDA = United States Department of Agriculture

FAOSTAT = Estadísticas en línea. Sistema de información mundial

C.V. = Coeficiente de variación

C.M. = Cuadrados medios

F.V. = Fuente de variabilidad

F<sub>c</sub> = F calculada

F<sub>t</sub> = F tabular

S.C. = Suma de cuadrados

NMP = Número Más Probable

COL. Tot = Coliformes Totales

n.s. = No significativo

\* = Es significativo

\*\* = Es altamente significativo

ANVA = Análisis de varianza



## RESUMEN

El trabajo de investigación se efectuó en el distrito de Cabanilla, provincia Lampa, región Puno, ubicado en las coordenadas UTM X: 379605 y Y: 8281663 a una altitud 3815 msnm. En el altiplano Puneño las bajas temperaturas y la mayor demanda de alimentos debido al crecimiento poblacional, han conducido al deterioro de los suelos en sus características físicas, químicas y biológicas, causando pérdida de la productividad agropecuaria, en ese marco se planteó los siguientes objetivos: evaluar la prolificidad de cocones, lombrices juveniles y adultas, determinar tiempo de compostaje y tiempo de bioconversión del sustrato, propiedades físicas, químicas y costos de producción e índice de rentabilidad en la elaboración de vermicompost. Se utilizaron sustratos estiércol de vacuno (Ev), aserrín de madera (Am), residuos vegetales (Rv) y la aplicación de microorganismos eficientes (Em), bajo las diferentes proporciones como son: F1: Ev, Am y Rv (2:1:1); F2 = Ev, Am y Rv (4:1:3); F3: Ev y Rv (1:1), M1: 0.00 % Em, M2: 5.00 % Em y M3: 7.50 % Em. El estudio inicio en noviembre del 2021 y finalizo en mayo del 2022, utilizando un diseño completo al azar, en un arreglo factorial de 3x3, que hacen 9 tratamientos con 2 repeticiones para cada tratamiento haciendo un total de 18 unidades experimentales (camas con dimensiones de 250x100x60cm). Los resultados muestran que la mayor proliferación fue el sustrato con F3 fue 2.37 de cocones, 7.03 de lombrices juveniles y 2.43 de lombrices adultas, el mas bajo fue el sustrato con F1 fue 1.93 de cocones, 5.77 de lombrices juveniles y 1.83 de lombrices adultas. La determinación del tiempo de compostaje de acuerdo a la aplicación de EM en el pre compostaje, fue M1 con 43.67 días, seguido por M2 con 41.17 días, por último, fue M3 con 39.67 días, (en función a la temperatura, olor y observación en el cambio de estructura). El tiempo de bioconversión fue F1 con 129.67 días, seguido por F2 con 125.5 días, por último, fue F3 con 119.33 días. La composición física y química con mejor empleo de M3F3 que presentó valores de: M.O: 45.73%, H: 57.46%, N: 2.40%, P2O5: 13.50%, K2O: 4.35%. La mayor rentabilidad fue M3F3 con 114.17 % equivalente a un beneficio costo de 2.14; Debido a que su inversión es menor en los insumos. Mostrando que es posible obtener un abono orgánico con buenas características nutricionales, técnicamente y económicamente rentable.

**Palabras clave:** *Eisenia foetida*, materia orgánica, microorgánicos eficientes, vermicompost.



## ABSTRACT

This The research work was carried out in the district of Cabanilla, Lampa Province, Puno Region, located in the UTM X Coordinates: 379605 and Y: 8281663 at an altitude 3815 meters above sea level. In the Puno Altiplano, the low temperatures and the greatest demand for food due to population growth, have led to the deterioration of soils in their physical, chemical and biological characteristics, causing loss of agricultural productivity, in that framework the following objectives were set: Evaluate the prolificity of cocons, youth and adult worms, bioconversion time of substrate, physical properties, chemicals and production costs and profitability index in the elaboration of vermicompost. Substrates were used beef (EV), wood sawdust (AM), plant waste (RV) and the application of efficient microorganisms (EM), under the different proportions such as: F1: EV, AM and RV (2: 1 :1); F2 = EV, AM and RV (4: 1: 3); F3: EV and RV (1: 1), M1: 0.00 % EM, M2: 5.00 % EM and M3: 7.50 % Em. The study started in November 2021 and ended in May 2022, using a completely complete design, in a factorial arrange 250x100x60cm). The results show that the greatest proliferation was the substrate with F3 was 2.37 of cocons, 7.03 of youth worms and 2.43 of adult worms, the lowest was the substrate with F1 was 1.93 of cocons, 5.77 of youth worms and 1.83 of adult worms. The determination of the composting time according to the application of EM in the pre composting, was M1 with 43.67 days, followed by M2 with 41.17 days, finally, it was M3 with 39.67 days, (depending on the temperature, smell and observation in the change of structure). The bioconversion time was F1 with 129.67 days, followed by F2 with 125.5 days, finally, F3 with 119.33 days. The physical and chemical composition with better use of M3F3 that presented values of: M.O: 45.73%, H: 57.46%, N: 2.40%, P2O5: 13.50%, K2O: 4.35%. The greatest profitability was M3F3 with 114.17 % equivalent to a cost benefit of 2.14; Because your investment is lower in inputs. Showing that it is possible to obtain an organic fertilizer with good nutritional characteristics, technically and economically profitable.

**Keywords:** *Eisenia foetida*, organic matter, efficient microorganic, vermicompost.



# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años en el Perú la demanda de fertilizantes orgánicos, se viene incrementando progresivamente. En la región altiplanica, la lombriz (*Eisenia foetida*), es foránea y aunque no se encuentre en su ambiente no es una limitante para la producción de vermicompost, puesto que se ha ido adaptando a diversos climas y ambientes. (Piza, 2017).

El vermicompost es una tecnología basada en la cría intensiva de lombrices para la producción de humus a partir de un material orgánico. Tiene un enfoque ecológico por el reciclaje que se realiza con los diferentes sustratos empleados en su alimentación provienen de diferentes actividades humanas tales como la agricultura, ganadería y desperdicios industriales, puesto que por separado como no se aprovechan las propiedades que ofrece y a la vez genera contaminación ambiental, si no se trata correctamente. (Sanchez, 2018).

El motivo, del uso de los diferentes materiales. Es demostrar la crianza de Lombrices Rojas Californiana utilizando materiales a disponibilidad en la zona de estudio y así producir un abono orgánico con buenas características nutricionales, técnicamente y económicamente asequible para los agricultores de la zona. Mediante un previo compostaje siendo un proceso de descomposición natural, además de ser atacado por los microorganismos (hongos, bacterias, actinomicetos, levaduras, etc.). Adicionando microorganismos eficientes activados. Con la incorporación bacterias fototrópicas, puesto que son el pivote central de la efectividad del EM que utilizan la luz solar y ácidos orgánicos para multiplicarse. La relación de cooperación y co-prosperidad del EM hace



que los otros microorganismos provean ácidos orgánicos a las bacterias fototróficas. (Garrido, 2014).

El motivo, del uso de los diferentes materiales. Es demostrar la crianza de Lombrices Rojas Californiana utilizando materiales a disponibilidad en la zona de estudio y así producir un abono orgánico con buenas características nutricionales, técnicamente y económicamente asequible para los agricultores de la zona. El contenido de nutrientes del humus resultado del lombricompostaje, varía dependiendo de la composición química y el manejo que se dé a los residuos utilizados para su alimentación. (Piza, 2017)

En tal sentido el presente trabajo de investigación, este ligado al estudio de la producción de vermicompost, conociendo el contenido nutricional de sustratos de origen animal y vegetal, variando el tiempo de bioconversión, proliferación y el contenido de nutrientes y el manejo que se dé a los residuos utilizados para su alimentación en nuestro medio en un ambiente controlado y así producir un abono orgánico. Para ello se planteó los siguientes objetivos:

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

- Determinar la mejor producción de vermicompost, con lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*) en diversas fuentes de materia orgánica y microorganismos eficaces en el altiplano de Puno.

### **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar la prolificidad de cocones, lombrices juveniles y adultas lombrices de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) con diferentes fuentes de materia orgánica y microorganismos eficaces en el altiplano de Puno.



- Determinar el tiempo de bioconversión de la materia orgánica de lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*) con diferentes fuentes de materia orgánica y microorganismos eficaces en el altiplano de Puno.
- Realizar el análisis de las propiedades físicas y químicas de la vermicompost de lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*) con diferentes fuentes de materia orgánica y microorganismos eficaces en el altiplano de Puno.
- Estimar los costos de producción y el índice de rentabilidad en la elaboración de vermicompost que se logaran con las lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*) con diferentes fuentes de materia orgánica y microorganismos eficaces en el altiplano de Puno.



## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES

Ayma (2020), realizó un trabajo de investigación “Análisis comparativo de diferentes fuentes de estiércoles y su efecto combinado en la elaboración de humus de lombriz (*Eisenia foetida*)”. Utilizo el DCA con siete tratamientos con tres repeticiones, evaluándose tres tipos de estiércol para el compost y su combinación en las características físico- químicas del humus de lombriz resultante con los siguientes tratamientos; T1: E. vacuno (50 % testigo), T2: E. de ave, T3: E. de cuy; T4: E. vacuno (25 %) + E. de ave (25 %); T5: E. vacuno (25 %) + E. de cuy (25 %) T6: E. de cuy (25 %) + E. de ave (25 %) y T7: E. vacuno (16,6 %) + E. de ave (16,7 %) + E. de cuy (16,7 %). Los resultados muestran que el pH del humus más alto lo alcanzó el T3 con 8,04 pero la mayoría logra valores dentro del rango ideal (6,5 a 7,5); la CE varía entre 2,6 y 3,3 dS/m; en la CIC encontramos valores de 59,61 a 101,22 meq/100 g de humus y pareciera que la combinación de los estiércoles (Cuy y ave) en su combinación con el de gallina mejoran la CIC; El contenido de nitrógeno oscila entre 1,19 y 1,49 %; el contenido de fósforo con niveles de 2 160 a 3 800 mg.kg-1, destacando la combinación de estiércol de vacuno más el de ave; el contenido de potasio oscila entre 40 500 a 66 667 mg.kg-1; el magnesio presenta niveles de 9 830 y 14 840 mg.kg-1 destacando la combinación de estiércoles de cuy y ave; el contenido de calcio varía de 14 044 a 32 612 mg.kg-1; respecto a rendimiento de humus destaca el T7 (Estiércol vacuno + cuy + ave) Con 6,25 kg. UE-1) conversión de 62,5 % siendo el de menor rendimiento el T1 (Estiércol de vacuno) con 5,93 kg. UE-1 con una conversión de 59,3 %.



Deldago (2011), realizo un trabajo de investigación titulado: El uso de la lombricultura en cultivos de ciclo corto y su incidencia en la conservación del suelo agrícola en el sitio punta y filo del cantón chone”, se encontro que los suelos de esta zona, a pesar de ser productivos, han ido perdiendo su capacidad y calidad de producción, lo que obliga a los agricultores a utilizar abonos sintéticos como la urea y fertilizantes químicos para nutrirlo. Así se tiene que manejar grandes cantidades de esta clase de químicos, especialmente en cultivos de ciclo corto, tales como: maíz, maní, sandía, melón, pepino, tomate, entre otros. La lombricultura una herramienta obligatoria para cada agricultor, para que de manera sustentable y sostenible se pueda mantener estable la funcionalidad del suelo: ya que el humus es un abono orgánico, al ser un producto natural, este se adapta a cualquier tipo de cultivo. La principal ventaja es que el abono de lombriz es que este aumenta la calidad y presenta ácidos húmicos y fúlvicos que mejoran las condiciones del suelo, esto hace que el suelo retenga la humedad y estabilizan el PH del suelo, y entre otras ventajas, desintoxica los suelos contaminados con productos químicos.

Garrido (2014), realizo un trabajo de investigación titulado: Efecto de catorce sustratos para la producción de humus de lombriz roja (*Eisenia foetida*). Los tratamientos evaluados fueron: estiércol de cuy (T1), estiércol de caprino (T2), estiércol de vacuno (T3), estiércol de porcino (T4), aserrín de madera blanda (T5), hojarasca de cacao (T6), aserrín + estiércol de cuy (T7), aserrín + estiércol de caprino (T8), aserrín + estiércol de porcino (T9), aserrín + estiércol de vacuno (T10), hojarasca de cacao + estiércol de vacuno (T11), hojarasca de cacao + estiércol de porcino (T12), hojarasca de cacao + estiércol de caprino (T13), hojarasca de cacao + estiércol de cuy (T14); cada tratamiento tuvo 3 repeticiones. con un (DBCA) y se evaluaron las siguientes variables: número de lombrices, número de cocones, biomasa de lombrices, y calidad del humus producido.



Los resultados indican que en el tratamiento (T7) existe un incremento de la población de lombrices, número de cocones y biomasa de las mismas; según el análisis físico químico del humus producido, el sustrato con mejor calidad correspondió al tratamiento (T1) por su riqueza en materia orgánica y nitrógeno, por lo cual se recomienda su uso en actividades agrícolas; por otra parte, los tratamientos 4 (T4) y 5 (T5), son los menos recomendados por su mínima influencia en la dinámica de las lombrices.

Girón (2005), realizó un trabajo de investigación titulado: Estudio de factibilidad de la producción y comercialización del abono humus orgánico producido por la lombriz roja. Describiendo las etapas del proceso de producción, los materiales, maquinaria, equipo y tipo de edificación que se necesitan para la elaboración de humus de lombriz. También, se detalla la estructura organizacional de la empresa y los aspectos legales de ésta que se requieren para instalarse y operar. Y se enfatiza la importancia que tiene la producción de este producto para el ambiente. Se determinaron todos los costos de producción, administrativos y de ventas; así como la inversión inicial que se necesitará para iniciar el funcionamiento de la empresa, junto con la forma en que se debe obtener el financiamiento de esta inversión y el capital necesario para cubrir los primeros meses de operación de la empresa. Para, finalmente, evaluar la rentabilidad financiera y económica de la empresa. Esto se hizo por medio de los estados financieros, las razones financieras, el valor presente neto y la tasa interna de retorno; mediante un análisis de sensibilidad de las variables: financiamiento e inflación.

Piza (2017), realizó un trabajo de investigación titulado: Determinación de la calidad de humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) a partir de dos procesos en el tratamiento de alimento ofertado. Utilizó el DBCA con tres tratamientos con cuatro repeticiones. Los días a la pre-descomposición del sustrato alimento fueron; de 22 días



para el T1 (100% estiércol ovino), para el T2 (50% residuos frescos de mercado 50% estiércol ovino) fue de 24 días y el T3 (50% residuos deshidratados de mercado, 50% estiércol ovino) fue de 29 días. El volumen final mayor se obtuvo con la aplicación del T1, el volumen de los tratamientos T2 y T3 se reducen a un mínimo, en cuanto al rendimiento en peso promedio alcanza un 53,8 % en tres meses. El tratamiento 2 tiene mayor rendimiento (63,1%) en producción de humus de lombriz. El T3 presento mejores características en cuanto a calidad posee mayor porcentaje de nitrógeno y fósforo, mayor reducción de la conductividad eléctrica y el pH, a pesar de tener bajos valores de nutrientes, se deben principalmente al uso de estiércol lavado y desecado también por el uso de residuo orgánico deshidratado, lo que elevaría el nivel de volatilización sin influir en la actividad normal de las lombrices. La relación C/N indica que los tratamientos: 1, 2, 3, serían inmediatamente asimilados por el suelo y las plantas. El T1, su B/C fue mayor de Bs 1,60 y el T3 no obtuvo beneficios porque se cubrió los costos de inversión (fijos y variables).

Sanchez (2018), realizo un trabajo de investigación titulado: Evaluación del proceso de elaboración de vermicompost con dos especies de lombriz, (*Eisenia foetida*) y *Lumbricus* sp., en la provincia de Arequipa. Utilizó el DBCA con 2 tratamientos con 3 repeticiones, para un total de 6 unidades experimentales. Los parámetros evaluados fueron pH, CE, factores climáticos, M.O, N-P-K, CIC, C/N, tiempo de elaboración y producción de vermicompost. Los resultados muestran que las condiciones del proceso de elaboración del vermicompost con respecto al pH presentaron un incremento en los valores iniciales de pH desde 6,38 hasta 6,66 (*Eisenia foetida*) y 6,58 (*Lumbricus* sp.); en el caso de la conductividad eléctrica hubo disminución en los valores iniciales para ambos tratamientos desde 6,12 dS/m hasta 3,4 dS/m (*Eisenia foetida*) y 3,54 dS/m (*Lumbricus* sp.); mientras que la temperatura media de ambos tratamientos estuvo dentro



del rango ideal, entre 15°C y 20°C, sin embargo hubieron valores mínimos cercanos a 13°C que pudieron afectar a las lombrices. Por otro lado, el vermicompost obtenido mediante el empleo de *E. foetida* presentó valores de pH: 6,66, CE: 3,4 (dS/m), M.O:15,49%, N: 0,73%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 1203,3 ppm, K<sub>2</sub>O: 3036,6 ppm, CIC: 29,05 (meq/100g), C/N: 12,13; mientras que *Lumbricus sp.* presentó valores de pH: 6,58, CE: 3,54 (dS/m), M.O: 16,35%, N: 0,80%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 1296,7 ppm, K<sub>2</sub>O: 3136,98 ppm, CIC: 32,1 (meq/100g), C/N: 11,85; no existen diferencias significativas entre ellos, por lo que ambos tratamientos presentan las mismas características en el vermicompost obtenido para uso agrícola. En el caso de la producción del vermicompost, *Lumbricus sp.* tuvo un menor tiempo de elaboración (14 semanas) comparado con (*Eisenia foetida*) (15 semanas), mientras que en la producción de vermicompost hubo diferencias significativas ya que *Lumbricus sp.* (44,9% de conversión) fue superior a (*Eisenia foetida*) (40,6% de conversión).

## 2.2. RESIDUOS SOLIDOS ORGANICOS

Los residuos sólidos orgánicos son aquellos que provienen de restos de productos de origen orgánico, la mayoría de ellos son biodegradables es decir se descomponen naturalmente. Se pueden desintegrar o degradar rápidamente, transformándose en otro tipo de materia orgánica, se puede mencionar a los restos de comida, frutas, verduras, etc., o pueden tener una degradación mas lento, como el cartón y el papel.

Los residuos sólidos orgánicos de plantas y animales se caracterizan porque generalmente se descomponen con relativa facilidad en el ambiente. Los residuos surgen de las actividades humanas y animales, que normalmente son sólidos domésticos y que se desechan como inútiles o no requeridos. Por sus propiedades intrínsecas, los materiales



residuos desechados a menudo son reutilizables y se pueden considerar como un recurso en otro marco. (Piza, 2017).

### **2.2.1. Compost**

Es una técnica que imita a la naturaleza para transformar de forma más acelerada, todo tipo de restos orgánicos en lo que se denomina compost o mantillo, que tras su aplicación en la superficie de nuestra tierra se irá incorporando al suelo y transformándose en humus, que es la esencia del buen vivir de un suelo saludable, fértil y equilibrado en la naturaleza. Un compostaje adecuado genera suficiente temperatura para matar semillas y bacterias patógenas. El proceso no debe atraer moscas, insectos, roedores ni generar olores desagradables. El producto final es de color marrón oscuro, inodoro o con olor al humus natural. (Emison, 2008).

### **2.2.2. Factores que condicionan el proceso de compost**

El proceso de compostaje se basa en la actividad de microorganismos que viven en el entorno, ya que son los responsables de la descomposición de la materia orgánica. Para que estos microorganismos puedan vivir y desarrollar la actividad descomponedora se necesitan condiciones óptimas de oxigenación, humedad, temperatura, equilibrio del pH, nutrientes y tamaño de partículas. (Tenecela, 2012).

#### **2.2.2.1. Oxigenación (aire y ventilación)**

El oxígeno es uno de los elementos claves para el proceso de compostaje. De hecho, el consumo de oxígeno por parte del montón de compost está estrechamente relacionado con la actividad de organismos aeróbicos. La mayor parte de las bacterias son aeróbicas, es decir necesitan la presencia de aire y oxígeno para vivir, desarrollarse y trabajar. El olor agradable o desagradable de un compost puede indicarnos si está bien o



mal aireado. Cuando la respiración del montón de compost es correcta (inspira oxígeno y expira gas carbónico) y los dos gases pueden circular libremente, tanto la presencia de oxígeno como la actividad de las bacterias aeróbicas desplazan a las anaeróbicas o las eliminan. Cuando se dispone de materiales finos se recomienda mezclarlos con otros groseros como hojas secas, paja o ramas trituradas, a fin de facilitar la buena aireación.

Se recomienda vigilar a menudo la aireación del compost, puesto que un exceso de ventilación lo desecará con rapidez y se paralizará el proceso del compostaje. El buen o mal olor también es un buen indicador (teniendo en cuenta que la ausencia absoluta de olor puede estar señalándonos que la masa está totalmente seca e inactiva). Si vemos que el montón de compost está demasiado aireado podemos compactarlo presionándolo o aplastándolo, y si vemos que está demasiado compactado o excesivamente húmedo (el agua ocupa los espacios de aire) nos veremos obligados a voltearlo, rehaciéndolo el montón, aireándolo e incluso añadiendo material fibroso. (Tenecela, 2012).

#### **2.2.2.2. Humedad**

Sin un mínimo de humedad la mayor parte de los microorganismos no pueden desarrollarse ni estar activos, los niveles óptimos observados se sitúan entre el 40 y 60%, conviene favorecer los niveles de humedad adecuados y evitar los extremos, tanto si el montón está demasiado seco como si está demasiado húmedo, el compostaje fracasará. Hay que tener en cuenta que un exceso de agua produce encharcamiento y ocupa los espacios entre fibras y partículas, desplazando el aire y produciendo asfixia, fermentaciones anaeróbicas y putrefacciones perjudiciales.

Los materiales groseros y fibrosos como; restos de podas residuos forestales, paja, se recomienda utilizar niveles altos de humedad entre (75-85%). Según el tipo de material empleado convendrá o no regar el compost. Si se introduce paja, hojas secas u otros



materiales secos al compost necesariamente habrá que regar hasta que resuma agua por la parte inferior. Para estar seguros del nivel de humedad podemos adquirir un medidor electrónico de riego (higrómetro). Otra de las practicas que podemos aplicar para saber si el compost esta en un nivel optimo de humedad es cogiendo un puñado del mismo y apretándolo en la mano. Si al apretar nos humedece la mano, pero no escurre el agua entre los dedos la humedad es óptima. La mejor agua para el compost es la de la lluvia, porque está saturada de oxígeno y contienen en suspensión polvo y microorganismos que servirán de "activadores" del compostaje. El agua de la red urbana no es el óptimo para el compostaje porque lleva cloro, el mismo que es un gran bactericida y puede ser perjudicial para los procesos fermentativos, en caso de no disponer de otra agua, conviene almacenarla un tiempo en albercas, para que se evapore el cloro y se cargue de energía solar y cósmica. (Tenecela, 2012).

### **2.2.2.3. Temperatura**

La mayoría de población microbiana que forma parte activa de del proceso de compostaje se desarrolla bien con temperaturas que van entre 30 y 55 °C. Otras viven incluso a bajas temperaturas, pero son poco activas (fase criófila). Algunas en cambio solo actúan a temperaturas elevadas que oscilan entre 35-65°C (Fase termófila). Estas se emplean cuando se busca la higienización del compost, ya que consigue eliminar la mayor parte de patógenos, parásitos y semillas de hierbas adventicias. Hay que tener en cuenta que a temperaturas muy elevadas (>75°C) muchas de las poblaciones de microorganismos que intervienen en el proceso de compostaje mueren o permanecen en forma de esporas. La temperatura del compost debe controlarse regularmente con un termómetro de aguja y, en caso de superar los 70-75°C, lo conveniente es enfriarlo volteándolo o regándolo abundantemente.



En caso de que el compost no suba la temperatura antes de una semana, habrá que preguntarse qué sucede. Puede que el montón sea demasiado pequeño para arrancar menos de 700 kg, o que este demasiado seco, o excesivamente húmedo, o que falte nitrógeno para alimentar a las poblaciones microbianas, en caso de que falte nitrógeno, podemos recargarlo con purin de estiércol o purín de ortigas. (Tenecela, 2012).

#### **2.2.2.4. Equilibrio del pH**

La mayoría de bacterias o microorganismos tanto como las lombrices que intervienen en el proceso de fermentación aerobia y en el compostaje de la materia orgánica, se desarrollan bien en un medio poco ácido o neutro, e incluso mejor si es ligeramente alcalino (pH entre 6 y 8), en cambio disminuyen su actividad notablemente en medios ácidos por debajo de un pH de 6. Por ello, el pH neutro o ligeramente alcalino, favorece la rápida degradación de la materia orgánica. El agua pura tiene un pH igual a 7, las soluciones ácidas tienen valores menores a 7 y las alcalinas tienen valores mayores a 7.

La progresiva degradación de la materia orgánica y la liberación de minerales contenidos en los restos vegetales a lo largo de la maduración del compost terminan por crear un medio claramente alcalino. La mayoría de los compost maduros suelen tener un pH de 7,5. Si existe falta de oxígeno y las indeseables putrefacciones en el compost (fermentaciones anaerobias) desciende drásticamente el nivel del pH, por ello, la excesiva acidificación del compost puede ser síntoma de una incorrecta fermentación. Se puede plantear la incorporación de polvos de rocas calcáreas (dolomitas) o cenizas, para que ayuden a equilibrar el pH. (Tenecela, 2012).



### **2.2.2.5. Nutrientes**

Una relación C/N de 20 – 35 es la adecuada al inicio del proceso; pero si esta relación es muy elevada, se disminuye la actividad biológica porque la materia orgánica o composta es poco biodegradable por lo que la lentitud del proceso no se deberá a la falta de nitrógeno sino a la cantidad de carbono. (Tenecela, 2012).

### **2.2.2.6. Tamaño de partículas**

El tamaño de partículas no debe ser ni muy fina ni muy gruesa, si es muy fina, se obtiene un producto apelmazado lo que impide la entrada de aire al interior de la masa y no se llevará a cabo una fermentación aerobia completa. Si las partículas son muy grandes, la fermentación aeróbica tendrá lugar, solamente en la superficie de la masa triturada. Aunque el desmenuzamiento del material facilita el ataque microbiano, no se puede llegar al extremo de limitar la porosidad, es por ello que se recomienda un tamaño de partícula de 1 - 5 cm. (Tenecela, 2012).

## **2.2.3. Importancia y uso del compost**

### **2.2.3.1. Importancia del compost**

El compostaje se ha efectuado desde tiempos remotos y se conoce con diferentes nombres. Hay muchas formas de desarrollarlo. En la actualidad existen grandes plantas industriales de compostaje que se nutren de los residuos de ciudades o zonas altamente pobladas donde se comienza a organizar la recogida selectiva de basuras. En estas grandes plantas de compostaje industrial se utilizan tanto los residuos orgánicos de alimentos, agrícolas, ganaderos, forestales y lodos extraídos de las depuradoras de aguas residuales.



La producción de compost es el resultado final del compostaje. El compost contiene humus, que es la vida del suelo, y de él depende su fertilidad. Un total de sólo un 1-2% es necesario para diferenciar un suelo fértil y otro que no lo es. La fracción superior de la tierra, de color (Tenecela, 2012).

### **2.2.3.2. Materias primas del compost**

Tenecela, 2012. Menciona los siguientes materiales:

#### **2.2.3.2.1. Materiales orgánicos compostables para incorporar sin problema**

- Plantas del huerto o jardín
- Hierbas adventicias o silvestres (mejor antes de que hagan semillas)
- Estiércol y camas de corral
- Ramas trituradas o troceadas procedentes de podas (hasta unos 3cm de grosor)
- Matas, matorrales y plantas medicinales
- Hojas caídas de árboles y arbustos (evitando las de nogal y laurel real)
- Heno y hierba segada
- Césped (en capas muy finas y previamente desecado) Mondas y restos de frutas y hortalizas
- Restos orgánicos de comida en general no cocinados
- Alimentos estropeados o caducados
- Cáscaras de huevo (mejor trituradas)
- Servilletas y pañuelos de papel (no impresos ni coloreados); mejor reciclarlos
- Cortes de pelo (no teñido)
- Lana en bruto o de viejos colchones (en pequeñas capas y mezclado)
- Restos de vino, cerveza o licores



- Restos de vinagre.
- Cáscaras de frutos secos.

#### **2.2.3.2.2. Materiales compostables con reservas o limitaciones**

- Piel de naranja, cítricos o piña (pocos y troceados).
- Restos de carnes, pescados, mariscos, sus estructuras óseas y caparazones.
- Aceites y grasas comestibles (muy esparcidos y en pequeña cantidad)
- Papa estropeadas, podridas o germinadas.
- Cenizas (espolvoreadas y pre humedecidas)
- Virutas de serrín (en capas finas).
- Papel y cartón (sin impresión de tintas en colores); mejor reciclarlos.
- Trapos y tejidos de fibra natural (sin mezclar ni tintes acrílicos).
- Ramas y hojas de ciprés (muy pocas, troceadas y pre humedecidas).

#### **2.2.3.2.3. No añadir nunca al compost**

- Materiales químicos-sintéticos.
- Materiales no degradables (vidrio, metales, plásticos) Aglomerados o contrachapados de madera (ni sus virutas o serrín).
- Tabaco (cigarros, puros, picadura), ya que contiene nicotina y diversos tóxicos.
- Detergentes, productos clorados, antibióticos.

#### **2.2.4. Proceso del compostaje**

Tenecela, 2012. Menciona el proceso de compostaje puede dividirse en cuatro fases, atendiendo a la evolución de la temperatura:



- a) **Mesófila:** Es la primera fase y se caracteriza por la presencia de bacterias y hongos, siendo las primeras quienes inician al proceso por su gran tamaño; ellas se multiplican y consumen los carbohidratos más fácilmente degradables, produciendo un aumento en la temperatura desde la del ambiente a más o menos 40 grados centígrados.
- b) **Termófila:** en esta fase la temperatura sube de 40 a 60°, desaparecen los organismos mesófilos, mueren las malas hierbas, e inician la degradación los organismos termófilos. En los seis primeros días la temperatura debe llegar y mantenerse a más de 40 grados centígrados a efecto de reducción o supresión de patógenos al hombre y a las plantas de cultivo. A temperaturas muy altas, muchos microorganismos importantes para el proceso mueren y otros no crecen por estar esporulados. En esta etapa se degradan ceras, proteínas y hemicelulosas y, escasamente la lignina y la celulosa; también se desarrollan en estas condiciones numerosas bacterias formadoras de esporas y actinomicetos.
- c) **Enfriamiento.** La temperatura disminuye desde la más alta alcanzada durante el proceso hasta llegar a la del ambiente, se va consumiendo el material fácilmente degradable, desaparecen los hongos termófilos y el proceso continúa gracias a los organismos esporulados y actinomicetos. Cuando se inicia la etapa de enfriamiento, los hongos termófilos que resistieron en las zonas menos calientes del proceso realizan la degradación de la celulosa.
- d) **Maduración.** La maduración puede considerarse como complemento final de las fases que ocurren durante el proceso de fermentación disminuyendo la actividad metabólica. El producto permanece más o menos 20 días en esta fase.



## 2.2.5. Fabricación del compost

### 2.2.5.1. Como y donde construir la compostera

La compostera es muy importante que este ubicada dentro de nuestra finca, es decir cerca de los residuos de animales y vegetales, en un lugar sombrado (debajo de un árbol) y protegido de la lluvia, como también tener fácil acceso al agua para proceder de la siguiente manera.

- Limpiamos el suelo de las hierbas silvestres con una dimensión de 1.5m de ancho por el largo que nos convenga hacer, dependiendo de la cantidad de material orgánico que dispongamos.
- Como primera capa debemos colocar paja o cañas secas de maíz (rastrojo) esto permitirá la aireación.
- Luego se incorpora una capa de restos vegetales (picados en trozos pequeños) unos 20cm.
- Luego se coloca una capa de 20cm de desechos de animales, esto puede ser de cualquier animal que disponga en su finca (vaca, chancos, cuyes, conejos, alpacas) si tenemos varias clases de abono es mejor, luego colocamos una pequeña capa (5cm) de tierra del lugar.
- Luego colocamos otra capa de 20cm de vegetales, otra capa de abono de animal, otra de tierra, y así sucesivamente vamos colocando, hasta que la compostera tenga una altura aproximadamente de un metro.
- Todo este proceso y en cada capa de material incorporado debemos ir regando cuidadosamente sin encharcar el montón, ya que sin humedad la descomposición es muy lenta y no da mucho éxito.



- Así mismo luego de cada capa debemos colocar ceniza o cal para desinfectar y favorecer el crecimiento de los microorganismos. Así como para corregir el pH.
- Antes de realizar la compostera, en el medio debemos colocar un palo de un metro y medio de largo por 10cm de diámetro, alrededor del palo se debe incorporar los restos de animales y vegetales, este palo se debe mover para facilitar la aireación y el lugar por donde debemos regar.
- Luego de esto es necesario tapar toda la compostera, con un plástico negro, este plástico impide que germine semillas de plantas que estén mezcladas en la compostera, además conserva muy bien la temperatura y la humedad de nuestra compostera, permitiendo que sea más rápida la descomposición y por ende la obtención del compost.
- Al mes y medio de realizado la compostera, se debe removerla, se puede comenzar a utilizar el compost.

## **2.2.6. Fabricación del compost**

### **2.2.6.1. Compostaje en monton**

Es la técnica más conocida y se basa en la construcción de un montón formado por las diferentes materias primas, y en el que es importante:



**Figura 1.** Montón de compost de 1m de altura

Fuente. Tenecela, 2012.

### **A) Realizar una mezcla correcta**

Los materiales deben estar bien mezclados y homogeneizados, por lo que se recomienda una trituración previa de los restos de cosecha leñosos, ya que la rapidez de formación del compost es inversamente proporcional al tamaño de los materiales.

La mezcla debe ser rica en celulosa, lignina (restos de poda, pajas y hojas muertas) y en azúcares (hierba verde, restos de hortalizas y orujos de frutas). El nitrógeno será aportado por el estiércol, el purín, las fabáceas verdes y los restos de animales de mataderos. Mezclaremos de manera tan homogénea como sean posibles, materiales pobres y ricos en nitrógeno, y materiales secos y húmedos.

### **B) Formar el montón con las proporciones convenientes**

El montón debe tener el suficiente volumen para conseguir un adecuado equilibrio entre humedad y aireación y deber estar en contacto directo con el suelo. Para ello se intercalarán entre los materiales vegetales algunas capas de suelo fértil.



La ubicación del montón dependerá de las condiciones climáticas de cada lugar y del momento del año en que se elabore. En climas fríos y húmedos conviene situarlo al sol y al abrigo del viento, protegiéndolo de la lluvia con una lámina de plástico o similar que permita la oxigenación.

Se recomienda la construcción de montones alargados, de sección triangular o trapezoidal, con una altura de 1,5m, con una anchura de base no superior a su altura. Es importante intercalar cada 20-30 cm de altura una fina capa de de 2-3 cm de espesor de compost maduro o de estiércol para facilitar la colonización del montón por parte de los microorganismos.

### **C) Manejo adecuado del montón**

El montón debe airearse frecuentemente para favorecer la actividad de los microorganismos descomponedores. El volteo garantizará la presencia de oxígeno en el proceso de compostaje, además de homogeneizar la mezcla e intentar que todas las zonas de la pila (montón de residuos en proceso) tengan una temperatura uniforme. La humedad debe mantenerse entre el 40 - 60%.

Si el montón está muy apelmazado, tiene demasiada agua o la mezcla no es la adecuada se pueden producir fermentaciones indeseables que dan lugar a sustancias tóxicas para las plantas.

El manejo del montón dependerá de la estación del año, del clima y de las condiciones del lugar. Normalmente se voltea cuando han transcurrido entre 4-8 semanas, repitiendo la operación dos o tres veces cada 15 días. Así, transcurridos unos 2-3 meses obtendremos un compost joven pero que puede emplearse semienterrado.



#### **2.2.6.2. Compostaje en silos**

Se emplea en la fabricación de compost poco voluminosos. Los materiales se introducen en un silo vertical de unos 2 o 3 metros de altura, redondo o cuadrado, cuyos lados están calados para permitir la aireación. El silo se carga por la parte superior y el compost ya elaborado se descarga por una abertura que existe debajo del silo. Si la cantidad de material es pequeña, el silo puede funcionar de forma continua: se retira el compost maduro a la vez que se recarga el silo por la parte superior.

#### **2.2.6.3. Compostaje en superficie**

Consiste en esparcir sobre el terreno una delgada capa de material orgánico finamente dividido, dejándolo descomponerse y penetrar poco a poco en el suelo. Este material sufre una descomposición aerobia y asegura la cobertura y protección del suelo, sin embargo, las pérdidas de N son mayores, pero son compensadas por la fijación de nitrógeno atmosférico. (Tenecela, 2012).

#### **2.2.6.4. Compost de detritos de cocina y vegetales**

Los residuos se amontonan, y producen un jugo que se procura no dejar escapar. Para su elaboración cada capa de detritos orgánicos será cubierta con una capa fina de tierra para la tercera capa, se utilizará estiércol de animal y así sucesivamente, tapar y dejar 21 días.

Luego se prepara el compost de malezas, que no hará más que activar el proceso para la fermentación. Este proceso no se realiza con materias vivas, conviene materia no seleccionada, ponerlo en remojo durante 24 horas y mezclar las dos preparaciones. No es un compost muy agradable a causa de los olores que desprende en el momento de su abertura. (Tenecela, 2012).



## **2.3. MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM)**

### **2.3.1. Historia de los microorganismos eficaces (EM)**

Desarrollado por Teruo Higa, Ph. D., profesor de horticultura de la Universidad Ryukyus en Okinawa, Japón. Su descubrimiento consistió, en que al aplicar al suelo una mezcla de cultivos de varios microorganismos que tenía en laboratorio, las plantas crecían más sanas y vigorosas que las plantas vecinas donde no había la mezcla. De ahí nació el interés por conocer más sobre los efectos benéficos de esos microorganismos.

La cita manifiesta que hoy en día EM es usado no solo para producir alimentos de altísima calidad, libres de agroquímicos, sino también para el manejo de desechos sólidos y líquidos. La tecnología EM fue desarrollado como una opción viable y sostenible para la producción agrícola dentro de los parámetros orgánicos y biológicos, para no afectar el medio ambiente, así como para lograr productos de alta calidad con bajo costo y sostenible. Liesel (2015).

### **2.3.2. Qué son los microorganismos eficaces (EM)**

Liesel (2015), menciona que el EM es un producto natural laborado con microorganismos eficientes que aceleran la descomposición natural de materias orgánicas. Los microorganismos contenidos en EM son benéficos y altamente eficientes. Estos microorganismos no son nocivos, ni patógenos, ni genéticamente modificados, ni químicamente sintetizados. Son microorganismos naturales muy conocidos como levaduras y las bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus*), que promueven un proceso de fermentación antioxidante benéfico, aceleran la descomposición de la materia orgánica y promueven el equilibrio de la flora microbiana.



EM significa microorganismos eficaces. Su concepto y tecnología fue desarrollado por el Doctor Teruo Higa. El principio fundamental de esta tecnología fue la introducción de un grupo de microorganismos benéficos para mejorar las condiciones del suelo, suprimir putrefacción (incluyendo enfermedades) microbios y mejorar la eficacia del uso de la materia orgánica por las plantas.

Investigaciones muestran que la inoculación de cultivos de EM al ecosistema del suelo/planta mejora la calidad y salud del suelo, y el crecimiento, producción, calidad de los productos. También en el uso en animales ha demostrado beneficios similares.

El EM puede aumentar significativamente los efectos benéficos en suelos buenos y prácticas agrícolas como rotación de cultivos, uso de enmiendas orgánicas, labranza conservacionista, reciclado de residuos de cultivos y biocontrol de plagas.

El EM ayuda al proceso de descomposición de materiales orgánicos y durante la fermentación produce ácidos orgánicos que normalmente no está disponible como: ácidos lácticos, ácidos acéticos, aminoácidos y ácidos málicos, sustancias bioactivas y vitaminas. Un ingrediente primordial en este proceso es la materia orgánica que es suministrada por el reciclado de residuos de los cultivos, materia verde y desechos animales. Asimismo, este proceso lleva a un incremento de humus en el suelo: Las bacterias ácido lácticas, que es un importante microorganismo en el EM, suprimen microbios patogénicos directa e indirectamente por la producción de actinomicetes. También se conoce que el efecto antioxidante del EM mejora el sistema inmunológico de plantas y animales.

### **2.3.3. Cómo funcionan los microorganismos eficaces (EM)**

Liesel (2015). indica que los microorganismos que se encuentran en el EM pertenecen a 3 grupos bien conocidos; a saber: las bacterias ácido lácticas (usadas en la



elaboración de yogurt, etc.), levaduras (usadas para hacer panes, cervezas, etc.) y bacterias fototróficas o fotosintéticas (presentes en las algas verdes e en cualquier partícula de suelo).

Así como en los procesos de fermentación más conocidos, el EM acelera la ruptura de compuestos como ·proteínas, azúcares, grasas y fibras, promoviendo Ja rápida descomposición deJa materia orgánica. Aunado a esto, el EM trabaja en dos vías primarias: a) por exclusión competitiva de otros microorganismos nocivos y b) por la producción de subproductos beneficiosos como enzimas, ácidos orgánicos, aminoácidos, hormonas, y antioxidantes que promueven la salud del medio ambiente. La cualidad facultativa del EM le permite extender sus beneficios a ambientes anaeróbicos y aeróbicos. Por actuar a través de la fermentación, el uso del EM contribuye con la eliminación de los malos olores.

#### **2.3.4. Generalidades de los microorganismos eficaces (EM)**

Toalombo (2012), manifiesta que los microorganismos eficientes (EM) fueron desarrollados en la década de los 70, por el profesor Teruo Higa de la Facultad de Agricultura de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón. Teóricamente este producto comercial se encuentra conformando esencialmente por tres diferentes tipos de organismos: levaduras, bacterias ácido lácticas y bacterias fotosintéticas, las cuales desarrollan una sinergia metabólica que permite su aplicación en diferentes campos de la ingeniería, según sus promotores. Son una combinación de microorganismos beneficiosos de cuatro géneros principales: Bacterias fototróficas, levaduras, bacterias productoras de ácido láctico y hongos de fermentación.

Estos microorganismos efectivos cuando entran en contacto con materia orgánica secretan sustancias beneficiosas como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales



quelatados y fundamentalmente sustancias antioxidantes. Además, mediante su acción cambian la micro y macroflora de los suelos y mejoran el equilibrio natural, de manera que los suelos causantes de enfermedades se conviertan en suelos supresores de enfermedades, y ésta se transforme a su vez en tierra (suelo) azimogénico. A través de los efectos antioxidantes promueven la descomposición de la materia orgánica y aumentan el contenido de humus.

El EM viene únicamente en forma líquida y contiene microorganismos útiles y seguros. No es un fertilizante, ni un químico, no es sintético y no ha sido modificado genéticamente. Este se utiliza junto con la materia orgánica para enriquecer los suelos y para mejorar la flora y la labranza. Dichos microorganismos se encuentran en estado latente y por lo tanto se utiliza para hacer otros productos secundarios de microorganismos eficientes.

### **2.3.5. Modo de acción de los microorganismos eficientes autóctonos**

Toalombo (2012), manifiesta que los microorganismos eficientes actúan de manera que toman sustancias generadas por otros organismos basando en ello su funcionamiento y desarrollo. Las raíces de las plantas secretan sustancias que son utilizadas por los microorganismos eficientes para crecer, sintetizando aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas, hormonas y otras sustancias bioactivas.

Los efectos antioxidantes promueven la descomposición de la materia orgánica y aumentan el contenido de humus. Los efectos antioxidantes de estos microorganismos pasan directamente al suelo e indirectamente a las plantas, manteniendo así la proporción de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O y C/N. Este proceso aumenta el humus contenido en el suelo, siendo capaz de mantener una elevada calidad de la producción.



### **2.3.6. Tipos de organismos presentes en los microorganismos eficaces (EM)**

#### **2.3.6.1. Bacterias Ácido Lácticas (*Lactobacillus* spp.)**

La bacteria ácido lácticas producen ácido láctico de azúcares y otros carbohidratos, producidos por las bacterias fototróficas y levaduras. Por eso, algunas comidas y bebidas como el yogur y encurtidos son hechas con bacterias Acido lácticas desde tiempos remotos. Sin embargo, el ácido láctico es un compuesto esterilizante fuerte que suprime microorganismos dañinos y ayuda a la descomposición de materiales como la lignina y la celulosa fermentándolos, removiendo efectos no deseables de la materia orgánica no descompuesta.

Las bacterias ácido lácticas tienen la habilidad de suprimir enfermedades incluyendo microorganismos como fusarium, que aparecen en programas de cultivos continuos. En circunstancias normales, especies como fusarium debilitan las plantas, exponiéndolos a enfermedades y poblaciones grandes de plagas como los nemátodos. El uso de bacterias ácido lácticas reducen las poblaciones de nemátodos y controla la propagación y dispersión de fusarium, y gracias a ello induce un mejor ambiente para el crecimiento de los cultivos.

Toalombo (2012), manifiesta que estas bacterias producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos sintetizados por bacterias fototróficas y levaduras. El ácido láctico es un fuerte esterilizador, suprime microorganismos patógenos e incrementa la rápida descomposición de materia orgánica. Las bacterias ácido lácticas aumentan la fragmentación de los componentes de la materia orgánica, como la lignina y la celulosa, transformando esos materiales sin causar influencias negativas en el proceso. Ayuda a solubilizar la cal y el fosfato de roca.



Liesel (2015). manifiesta que estas bacterias producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos sintetizados por bacterias fototróficas y levaduras. El ácido láctico es un fuerte esterilizador, suprime microorganismos patógenos e incrementa la rápida descomposición de materia orgánica. Las bacterias ácido lácticas aumentan la fragmentación de los componentes de la materia orgánica, como la lignina y la celulosa, transformando esos materiales sin causar influencias negativas en el proceso. El ácido láctico ayuda a solubilizar la cal y el fosfato de roca. Algunos microorganismos de este grupo son:

- *Lactobacillus plantarum*
- *Lactobacillus casei*
- *Lactobacillus spp.*
- *Streptococcus lactis.*

#### **2.3.6.2. Bacterias Fotosintéticas (*Rhodospseudomonas spp.*)**

Las bacterias fototróficas son un grupo de microbios independientes y autosuficientes. Estas bacterias sintetizan sustancias útiles de secreciones de raíces, materia orgánica y/o gases dañinos (ej: ácido sulfhídrico) con el uso de luz solar y calor del suelo como fuentes de energía. Estas sustancias útiles incluyen aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, los cuales promueven el crecimiento y desarrollo de la planta.

Los metabolitos hechos por estos microorganismos son absorbidos directamente por las plantas y actúan como sustrato para el incremento poblacional de microorganismos benéficos. Por ejemplo, en la rizósfera las micorrizas vesiculares, arbuscular (VA) se incrementan gracias a la disponibilidad de compuestos nitrogenados (aminoácidos) que son secretados por las bacterias fototróficas. Las micorrizas VA en



respuesta incrementa la solubilidad de fosfatos en el suelo y por ello otorgan fósforo que no era disponible a las plantas. Las micorrizas VA también pueden coexistir con azobacter y rizobiums, incrementando la capacidad de las plantas para fijar nitrógeno de la atmósfera.

Toalombo (2012), indica que son bacterias autótrofas que sintetizan sustancias útiles a partir de secreciones de raíces, materia orgánica y gases dañinos, usando la luz solar y el calor del suelo como fuente de energía. Las sustancias sintetizadas comprenden aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, promoviendo el crecimiento y desarrollo de las plantas. Los metabolitos son absorbidos directamente por ellas, y actúan como sustrato para incrementar la población de otros microorganismos eficientes. Estas bacterias funcionan como un componente importante del EM. Ayudan a mantener el balance con otros microorganismos benéficos, permitiendo a coexistir y funcionar juntamente con los mismos.

Liesel (2015), menciona que las bacterias autótrofas sintetizan sustancias útiles a partir de secreciones de raíces, materia orgánica y gases dañinos, usando la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energía. Las sustancias sintetizadas comprenden aminoácidos, ácidos nucleídos, sustancias bioactivas y azúcares, promoviendo el crecimiento y desarrollo de las plantas. Los metabolitos son absorbidos directamente por ellas, y actúan como sustrato para incrementar la población de otros Microorganismos Eficaces. Algunas bacterias fototrópicas presentes en este grupo son:

- *Rhodospseudomonas palustris*.
- *Rodobacter lactis*.
- *Rodobacter* spp.



### 2.3.6.3. Levaduras (*Saccharomycetes spp.*)

Higa, (2002), las levaduras sintetizan sustancias antimicrobiales y otras útiles, requeridas por las plantas para su crecimiento a partir de aminoácidos y azúcares secretados por las bacterias fototrópicas, materia orgánica y raíces de plantas. Las sustancias bioactivas como las hormonas y las enzimas producidas por las levaduras promueven la división activa celular y radical. Estas secreciones también son sustratos útiles para el EM como las bacterias ácido lácticas y actinomicetes. Las diferentes especies de los microorganismos eficaces (Bacterias fototrópicas, ácido lácticas y levaduras) tienen sus respectivas funciones. Sin embargo, las bacterias fototrópicas se pueden considerar como el núcleo de la actividad del EM. Las bacterias fototrópicas refuerzan las actividades de otros microorganismos. A este fenómeno se lo denomina “coexistencia y coprosperidad”.

El aumento de poblaciones de EM en los suelos promueve el desarrollo de microorganismos benéficos existentes en el suelo. Ya que la microflora del suelo se torna abundante, y por ello el suelo desarrolla un sistema microbiano bien balanceado. En este proceso microbios específicos (especialmente los dañinos) son suprimidos, a su vez reduciendo especies microbianas del suelo que causan enfermedades. En contraste, en estos suelos desarrollados, el EM mantiene un proceso simbiótico con las raíces de las plantas junto a la rizosfera.

Las raíces de las plantas también secretan sustancias como carbohidratos, aminoácidos, ácidos orgánicos y enzimas activas. El EM utiliza estas secreciones para su crecimiento. En el transcurso de este proceso el EM también secreta y provee aminoácidos, ácidos nucleicos, una gran variedad de vitaminas y hormonas a las plantas.



Esto significa que el EM en la rizosfera coexiste con las plantas. Por ello, en suelos dominados por el EM las plantas crecen excepcionalmente bien.

Toalombo (2012), indica que estos microorganismos sintetizan sustancias antimicrobiales y útiles para el crecimiento de las plantas a partir de aminoácidos y azúcares secretados por bacterias fototróficas, materia orgánica y raíces de las plantas. Las sustancias bioactivas, como hormonas y enzimas, producidas por las levaduras, promueven la división celular activa. Sus secreciones son sustratos útiles para microorganismos eficientes como bacterias ácido lácticas y actinomiceto.

EARTH (2008), manifiesta que la levadura ayuda a fermentar la materia orgánica y contiene vitaminas y aminoácidos.

Liesel (2015). afirma que estos microorganismos sintetizan -sustancias antimicrobiales y útiles para el crecimiento de las plantas a partir de aminoácidos y azúcares secretados por bacterias Fototróficas, materia orgánica y raíces de las plantas. Las sustancias bioactivas, como hormonas y enzimas, producidas por las levaduras, promueven la división celular activa. Sus secreciones son sustratos útiles para Microorganismos Eficaces como bacterias ácido lácticas y actinomiceto. Algunas levaduras presentes en este grupo eficaces son:

- *Saccharomyces cerevisiae*.
- *Saccharomyces* spp.
- *Candida utilis*.
- *Aspergillus oryzae*.
- *Mucor hiemalis*.



#### **2.3.6.4. Actinomicetes**

Toalombo (2012), manifiesta que funcionan como antagonistas de muchas bacterias y hongos patógenos de las plantas debido a que producen antibióticos (efectos biostáticos y biácidas). Benefician el crecimiento y actividad del Azotobacter y de las micorrizas

Liesel (2015), señala que los actinomicetos funcionan como antagonistas de muchas bacterias y hongos patógenos de las plantas debido a que producen antibióticos (efectos biostáticos y biocidas). Benefician el crecimiento y actividad del azotobacter y de las micorrizas. Los Algunos actinomicetos presentes en este grupo son:

- *Streptomyces albus*
- *Streptomyces greseus*

#### **2.3.6.5. Hongos de Fermentación**

Toalombo (2012), expresa que los hongos de fermentación como el Aspergillus y el Penicilina actúan descomponiendo rápidamente la materia orgánica para producir alcohol, esteres y sustancias antimicrobianas. Esto es lo que produce la desodorización y previene la aparición de insectos perjudiciales.

Liesel (2015), manifiesta que los hongos de fermentación como el aspergillus y penicilina actúan descomponiendo rápidamente la materia orgánica para producir alcohol, esteres y sustancias antimicrobianas, eliminando de esta manera el desarrollo de malos olores y previene la aparición de insectos perjudiciales y gusanos.



### 2.3.7. Activación de microorganismos eficaces (EM)

El EM-1 está estado latente (inactivo), para conservar a largo plazo, por lo tanto, antes de usarlo, hay que activarlo, quiere decir “productos secundarios” de EM. (EM Activado = EMA). El cual puede obtener mayor población de microorganismos benéficos y también puede minimizar el costo. (Higa, 2002)

Liesel (2015). Indica que los microorganismos presentes en el EM están en estado de latencia, actívelos antes de usarlos.

**PARA ACTIVAR:** use la proporción de una (1) parte de EM (5 %) para una (1) parte de melaza (5 %) de caña o azúcar para dieciocho (18) partes de agua (90 %) limpia (sin cloro, antes de usarla, es necesario colocarla en un recipiente abierto y exponerla a la luz por 24 horas), así, 1 litro de EM le rendirá 20 litros de EM Activado para aplicación.

EM Activado consiste en 5% de EM-1 y 5% de melaza diluidos en 90% de agua limpia en un recipiente herméticamente cerrado. Se deja para que se fermente durante una o cuatro semanas. El EM Activado se conserva en un lugar fresco y oscuro a temperatura ambiente y debe utilizarse antes de los 60 días de activado de lo contrario pierde su efectividad. Un olor agridulce y un pH 3.5 o menos indica que el proceso de activación está completo. la activación es solo una vez, si lo hace más, se pierde equilibrio de los microorganismos, por lo tanto, no hay garantía sobre su cálida y función. También debe usar el mismo materiales y volumen mencionado, si no afectará a su calidad. La calidad de EMA es muy importante y si activa con mala calidad, no trabaja ni actúa bacterianos en el sitio. Por Lo que es mejor consulte a un distribuidor autorizado antes de activación y revise después de activación sobre su calidad cada activación. El EM Activado debe utilizarse durante los 35 días siguientes después de su activación de lo contrario pierde



eficacia. Almacene el EM Activado siempre bien tapado, en un lugar fresco, aireado y fuera del alcance de niños y de animales domésticos.

NOTA: si el olor del EM-Activado recuerda algo podrido y no es agrí dulce y agradable, o si el pH no está abajo de 4,0, entonces hubo contaminación y la solución con el producto debe ser desechado

### **2.3.8. Uso de microorganismos eficaces (EM) en la agricultura**

Liesel (2015). Menciona que el EM tiene una amplia gama de aplicaciones en la agricultura que va desde el acondicionamiento del suelo, el beneficio de la producción, hasta el aprovechamiento final de los residuos provenientes de la industrialización. El uso de la Tecnología EM es simple y totalmente adaptable a las condiciones existentes en los actuales sistemas de producción agrícola.

Toalombo (2012). Manifiesta que el mejor uso de EM en agricultura depende de la zona, la calidad del suelo, el clima, los métodos de cultivo y la irrigación, entre otros factores. Con la aplicación de EM el suelo retiene más agua. Este cambio implica una mejora de los cultivos que incrementan su resistencia al estrés hídrico en épocas de sequía o en suelos más arenosos. Esta mejora viene dada tanto por el incremento de materia orgánica en el suelo, reduciendo la porosidad, como consecuencia de la actividad microbiana, como por el equilibrio iónico que aporta EM al suelo, favoreciendo así la interacción de las cargas superficiales de la estructura física del suelo con las cargas iónicas del agua.

A continuación, le informamos cómo usar el EM y los beneficios que esta tecnología puede brindarle:



### 2.3.8.1. Aplicación en la agricultura

Higa (2002). Menciona que el uso de EM incrementa tanto el crecimiento como la productividad del cultivo. Los principales beneficios para los cultivos se originan en el mantenimiento de la materia orgánica durante la etapa de crecimiento. Los macro y micronutrientes solubles están más disponibles a causa de la rápida descomposición de las macromoléculas que los liberan. Efectivos proporciona amplios beneficios a la agricultura permitiendo mejorar los suelos, aumentar la producción y prevenir o disminuir el ataque de varias plagas y enfermedades.

Los principales efectos del EM en área agrícola son los siguientes:

- Promueve el crecimiento de las raíces y el desarrollo de las plantas
- Mejora la capacidad fotosintética de las plantas
- Ayuda a las plantas a desarrollar resistencia a plagas y enfermedades
- Suprime algunos patógenos que habitan en el suelo
- Incrementa la eficiencia de la materia orgánica como fertilizante
- Solubiliza nutrientes en el suelo
- Mejora las propiedades químicas, físicas y biológicas de los suelos, tanto por aplicación directa de EM como a través de la incorporación de compost o bokashi)
- Acelera la descomposición natural de los residuos de cosecha dejados en el campo

Cuando se emplea EM, en el suelo, en un cultivo o en cualquier otro medio, los microorganismos efectivos entran en competencia con otros microbios autóctonos del medio, por lo cual a medidas que reforzamos su aplicación, a través de un uso integral y repetido del EM, vamos a lograr mejores resultados ya que vamos a contar con una población mayor de microorganismos benéficos actuando.



Debe tenerse en cuenta también que la función del EM previniendo el ataque de enfermedades y plagas en las plantas es preventiva, por lo cual debe comenzarse a utilizar el EM desde el comienzo del cultivo, antes de que aparezcan los problemas. Esto marca una diferencia importante con los agroquímicos, muchos de los cuales se utilizan una vez que los problemas de plagas y enfermedades se presentan.

Otra diferencia del EM con los agroquímicos es que en con el EM se puede ir disminuyendo las dosis con el tiempo, ya que los microorganismos comienzan a colonizar el medio y con menores cantidades pueden causar el mismo efecto.

### **2.3.8.2. Aplicación en suelos**

Liesel (2015), menciona que el EM puede ser utilizado para mejorar las condiciones físico químicas y microbiológicas del suelo; además de que ayuda a acelerar la descomposición natural de los residuos orgánicos dejados en el campo después de la cosecha.

Modo de Usar y Consideraciones de 20 a 40 L por ha de EM-Activado, realizando de 4 a 8 aplicaciones anuales. Para un mejor y rápido resultado, se puede realizar el siguiente esquema de aplicaciones y dosis:

- 1° año - 40 L por ha de EM-Activado, realizando 8 aplicaciones por año.
- 2° año 30 L por ha EM-Activado, realizando 6 aplicaciones por año.
- 3° año en adelante - 20 L por ha de EM-Activado, realizando 4 aplicaciones por año.

Si existe un sistema de irrigación, no hay costo de aplicación ya que el EM-Activado puede ser usado a través del sistema, diluido directamente en el tanque de captación o dosificado en el sistema venturi.



## Beneficios

- Acelera la descomposición natural de los residuos de la cosecha dejados en el campo.
- Aumenta la población de microorganismos benéficos y ayuda a suprimir los microorganismos causantes de enfermedades; incluso contribuye a reducir los nematodos. Consecuentemente, disminuye el uso de fungicidas y nematicidas.
- Aumenta la producción natural de humus y favorece la producción de sustancias orgánicas 'beneficiosas que promueven el crecimiento, mejorando la nutrición de las plantas al estar soluble el fósforo y el potasio.
- Aumenta la viabilidad y ·disponibilidad de los nutrientes y de las fertilizaciones en el suelo.
- Ayuda a limpiar los tubos y aspersores del sistema de irrigación.
- Ayuda a mejorar la estructura y porosidad del suelo.
- Estimula el crecimiento de las raíces, mejorando la capacidad de absorción de agua y nutrientes.
- Maximiza la conversión de materia orgánica en humus.
- Mejora la calidad de producción: tamaño, color y resistencia de la cáscara.
- Promueve la formación de agregados en el suelo y aumenta la resistencia contra la compactación.

### **2.3.8.3. Aplicación en composteras**

La formación de compost es un proceso de fermentación aeróbica y para que la misma sea homogénea es necesario revolver o voltear la pila cada 7 días. En cada volteo se volverá a aplicar la solución de EM. El proceso de compostaje puede durar 1 a 2 meses



dependiendo de la materia prima utilizada, por ejemplo, restos de un cultivo de lechuga se descomponen más rápido que el marlo o la chala de maíz.

El EM – Compost tiene la ventaja con respecto al compost común que el uso de los microorganismos efectivos acelera la descomposición de la materia orgánica y neutralizan los malos olores generados en el proceso. Además, los EM se reproducen en esta materia orgánica por lo que al aplicarlo al suelo estamos haciendo una inoculación de microorganismos beneficiosos.

Si bien el Bokashi es un abono orgánico de mayor calidad, tiene el inconveniente que necesita materias primas más costosas (afrechillo, harina de pescado), que deben ser partículas de tamaño pequeño y que además se necesita bolsas o contenedores para su fabricación. Por esta razón el EM – Compost resulta más práctico si queremos aprovechar grandes cantidades de residuos agrícolas para mejorar los suelos.

Higa, (2002). El procedimiento de elaboración de abono orgánico tipo compost, involucrando los factores expuestos, es:

1. Las instalaciones mínimas recomendadas para iniciar un proceso de compostaje son:
  - Techo o cubierta, evitando el exceso de agua y calor sobre el material compostado.
  - Piso duro, preferiblemente de concreto. Los lixiviados producidos tiene alta contenido de nutrientes, por lo que puede usar como abono líquido, para eso necesita un sistema de captar a los lixiviados.
2. Los residuos sólidos orgánicos que van a ser compostados pueden ser de origen animal o vegetal, derivados de cosecha, postcosecha, procesamiento de alimentos o cría de animales.



3. Una vez determinados los desechos que van a compostarse, se debe homogenizar el tamaño de sus partículas picando los materiales, esto con el objeto de facilitar el intercambio de oxígeno al interior de la pila e incrementar la superficie de contacto de la materia con EM. Si las partículas son muy grandes, se disminuye la superficie de contacto y si son muy pequeñas se compacta el material impidiendo un adecuado intercambio de aire.
4. Una vez caracterizados los materiales y homogenizado el tamaño de los residuos orgánicos, se inicia el armado de la pila. La humedad inicial que deben tener los residuos para iniciar el proceso de compostaje es del 80%.
5. Primero se coloca una cama de una capa de material seco (aserrín, viruta, o un material similar) en la base de la pila con el objetivo de captar los lixiviados (líquidos) que se generan para involucrarlos nuevamente en la pila de compostaje. Esos lixiviados transportan los nutrientes solubilizados, sustancias bioactivas producidas y los microorganismos que están siendo inoculados.
6. Sobre la cama de aserrín, se colocan los materiales a compostar en capas de 20 cm de alto, inoculándolas con la dilución de EM. Por cada tonelada de desechos, en el momento de la instalación de la pila, se utilizan 2 litros de EM diluidos en 18 litros de agua.
7. El tiempo de proceso dura entre 4 a las 6 semanas, eso depende de materiales insumos, y durante proceso aparece mal olores o moscas, eso una señal de proceso putrefacción, por lo que aplicar el EM dilución más concentrada, puede usarlo 1 litro de EM diluido en 10 litros de agua.
8. El seguimiento de la temperatura permite controlar la humedad y la aireación de la pila de compostaje, todas variables importantes para que el proceso se de en el



tiempo indicado y con la calidad esperada. El manejo de la temperatura de la pila recomendable entre 45°C y 65°C.

9. El número de volteos semanales dependen de la frecuencia con que la pila alcance la temperatura de 60°C, mínimo 1 vez a la semana. En uno de esos volteos semanales debe realizarse una reinoculación con 2litros de EM diluido en 18litros de agua. con el objetivo de homogenizar la presencia de microorganismos en toda la masa orgánica, controlar eficientemente la generación de olores e insectos nocivos y generar sustancias bioactivas y liberación de nutrientes. Finalmente, después del tiempo sugerido, el compost, que termina con un contenido del 30 a 40% de humedad, se cosecha para aplicarlo en los cultivos o se empaqueta para su venta.

Los objetivos principales del uso de EM para compost son:

- Inocular y activar a los microorganismos benéficos al suelo a través de materia orgánica compostada.
- Reduciendo el tiempo de compostaje.
- Reducción de la generación de olores ofensivos e insectos nocivos.
- Incrementar la solubilización de nutrientes.
- Generación de sustancias bioactivas como enzimas, hormonas, amino ácidos

#### **2.3.8.4. Aplicación en residuos sólidos**

La experiencia de compost con la tecnología de EM, perfectamente puede aprovechar al manejo de desecho orgánico urbanos con alta calidad de abono orgánico y su proceso más rápido comparado con el manejo convencional, no genera mal olor ni moscas. Por lo que el EM es buena herramienta y estrategia para las autoridades municipales o



industria alimentaria etc, donde genera gran cantidad de desecho orgánicos para manejar desechos sólidos con forma sostenible. (Higa, 2002).

## **2.4. LOMBRICULTURA**

### **2.4.1. Referencia historia**

Las lombrices de tierra tienen una distribución muy amplia y hay aproximadamente 8.000 especies a nivel mundial y de estas pocas son estudiadas. Todas las especies terrestres de lombrices se alimentan de materia orgánica descompuesta y sustancias orgánicas existentes en suelos húmedos que ingieren al excavar. (Sanchez, 2018).

Los orígenes de la lombricultura se remontan a los años 1930, cuando en diferentes países se empezaron a producir lombrices para la pesca en forma comercial. En los últimos años ha tenido gran auge en América latina, EE.UU. y la india (Piza, 2017).

### **2.4.2. Lombricultura**

La lombriz es un organismo que vive en el suelo de forma natural, jugando un papel ecológico porque a través de ella se produce el reciclaje de la materia orgánica, haciendo galerías en el suelo permitiendo que el exceso de agua drene con facilidad, proporcionando mayor aireación en el suelo. El tiempo para que el material consumido pase por el intestino varía en los lumbrícidos, desde ser de sólo 12 horas cuando realizan galerías, hasta de 20 horas cuando sólo se alimentan (Sanchez, 2018).

Los lumbrícidos están ubicados dentro del Phylum Annelida; lo que quiere decir que son animales cuyo cuerpo está formado por una serie de anillos yuxtapuestos



denominados metámeros y cada uno de ellos tiene una organización y anatomía semejantes, donde los órganos se repiten regularmente (Juárez, 2010).

La lombricultura es un método particular de compostaje destinado la producción de abono, en la práctica se ha popularizado el término humus de lombriz o lombricompost para el producto de la lombricultura (Piza, 2017).

### **2.4.3. Humus de lombriz**

Las lombrices ingieren diariamente una cantidad de comida equivalente a su propio peso y expelen el 60 % transformado en humus de lombriz, que es un abono orgánico prácticamente insuperable, que puede incrementar hasta en un 300 % la producción de hortalizas y otros productos vegetales. Una lombriz produce diariamente unos 0.3 gr de humus, con lo que en pequeñas superficies se pueden obtener grandes cantidades de humus. Con un aspecto similar a la tierra, suave, ligero e inodoro, tiene altos contenidos de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y micro elementos en cantidades al menos cinco veces superiores a las de un buen terreno fértil.

En el humus de lombriz también se encuentra enzimas, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, huminas y ulminas, que permiten mejorar la estructura del suelo, debido a que actúan como cementantes de unión entre las partículas del suelo, dando origen a estructuras granulares uniformes que permiten un óptimo desarrollo radicular, mejora el intercambio gaseoso, aumenta la oxidación de la materia orgánica y por ello la disponibilidad de nutrientes en formas asimilables, estimulando así el crecimiento vegetal. Su adecuada relación carbono/nitrógeno lo diferencia de la mayoría de los abonos orgánicos, permitiendo una mejor disponibilidad de nitrógeno para la planta, reduciendo también su lixiviación. (Delgado, 2011).



#### 2.4.4. Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*)

##### 2.4.4.1. Características generales

La cantidad de humus producida por la lombriz roja californiana y otras especies conocidas de lombriz es idéntica. Comen una cantidad equivalente a su propio peso 1 g diario y expulsan el 60 % de la misma en forma de humus, solo se puede conseguir una mayor producción del mismo aumentando el número de individuos presentes, por unidad de habitáculo.

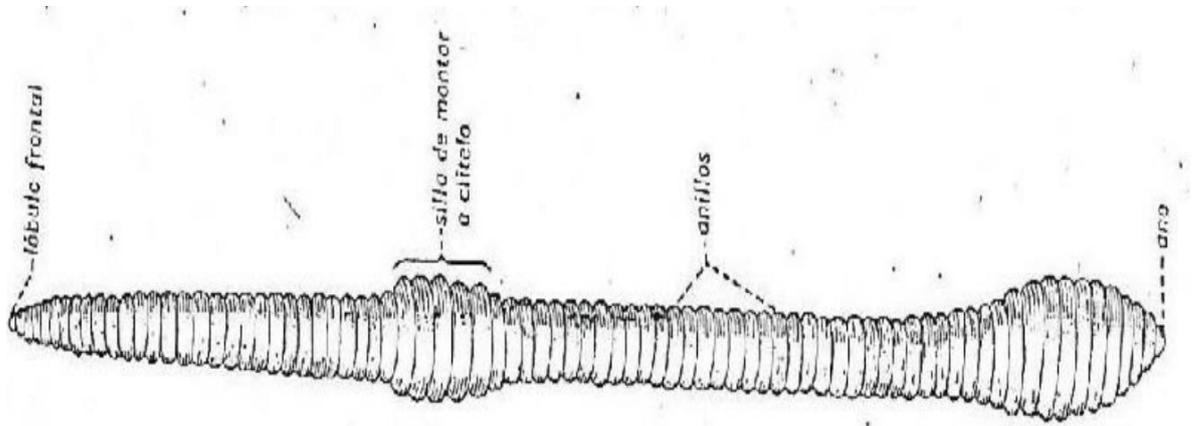
La lombriz (*Eisenia foetida*) es la especie de lombriz hermafrodita incompleta más conocida y empleada en más del 80 % de los criaderos del mundo por adaptarse a diferentes condiciones de clima y altitud, además de ser la más prolífera, con longevidad próxima a los 16 años, posee gran capacidad reproductiva alcanzando su madurez sexual entre los dos y tres meses de vida, copula cada 7 días, duplicando su población entre los 45 y 60 días. Producen dos huevos o cápsulas (uno, de cada lombriz), estas cápsulas se abrirán al cabo de 12 a 21 días según sea la temperatura del medio donde se ubiquen, cada huevo o cápsula contiene de 2 a 20 lombrices (Piza, 2017).

##### 2.4.4.2. Descripción y estructura

De acuerdo a (Villeneuve y Désiré 1965), tenemos lo siguiente:

**a) Anatomía externa:** Presenta cuerpo blando con forma cilíndrica de color rojizo con anillos (100 a 180); la piel es viscosa y húmeda debido al mucus, tiene un aspecto irisado (debido a una capa de quitina transparente llamada cutícula). Presenta dos caras: la cara ventral es aplanada y de menor color y posee filas de ganchos, y la cara dorsal. Se distingue fácilmente la parte anterior (más coloreada y más afilada) de la posterior; en la parte anterior de la cara dorsal hay un hinchamiento cuya parte central ocupa el anillo 35

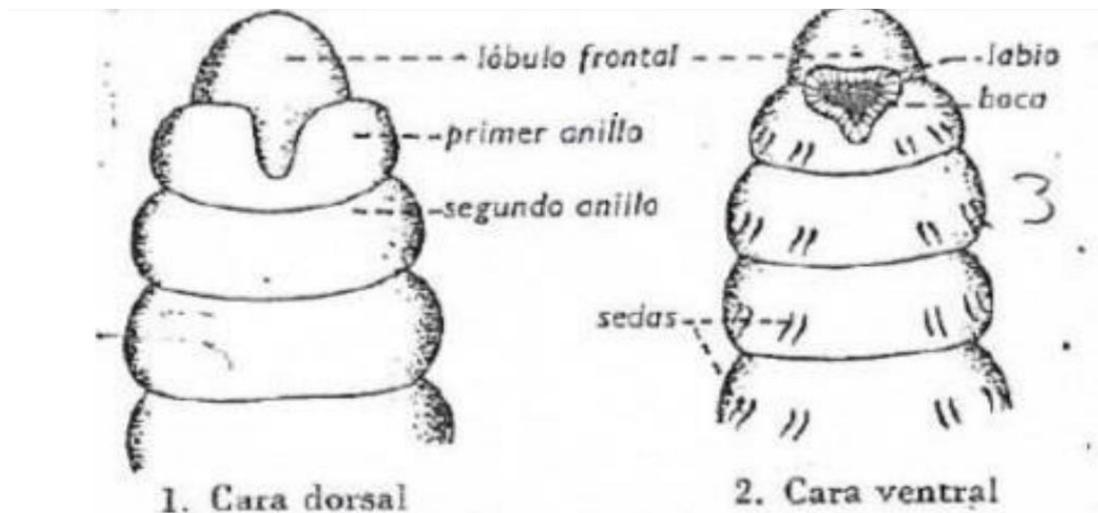
llamado clitelo y en la misma zona en la cara ventral están los órganos genitales bajo el aspecto de masas blanquecinas, (Figura 01).



**Figura 2.** Anatomía externa de la lombriz

Fuente: Villeneuve y Désiré, 1965

En la parte anterior se encuentra el lóbulo frontal seguido por los anillos, en la cara ventral del primer anillo se ubica la boca rodeada por unos gruesos labios (Figura 02).

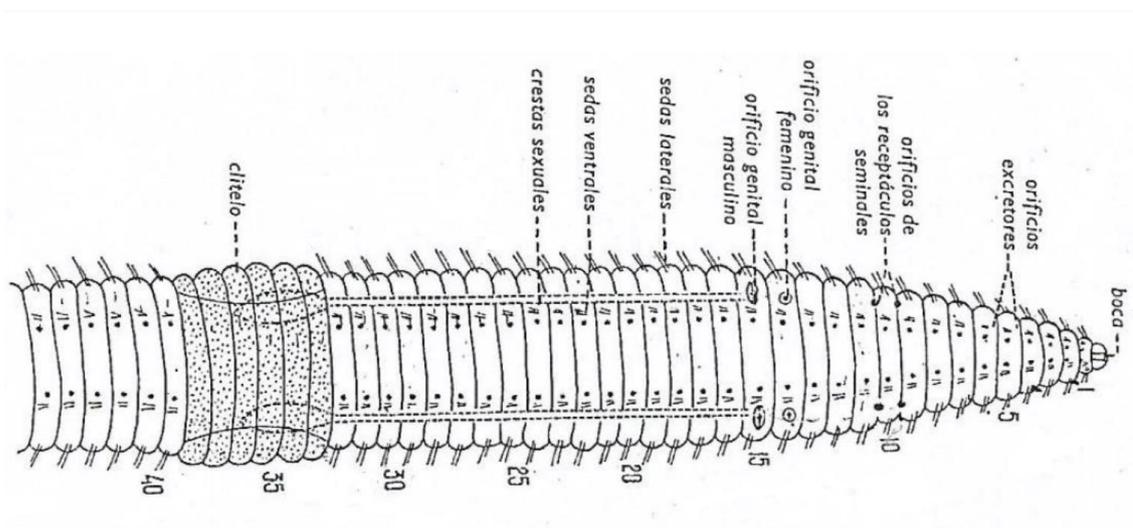


**Figura 3.** Lóbulo frontal de la lombriz

Fuente: Villeneuve y Désiré, 1965

Entre los anillos 10 y 13 de la cara ventral se pueden observar los órganos genitales: a nivel del anillo 14 están los dos orificios genitales femeninos mientras que en

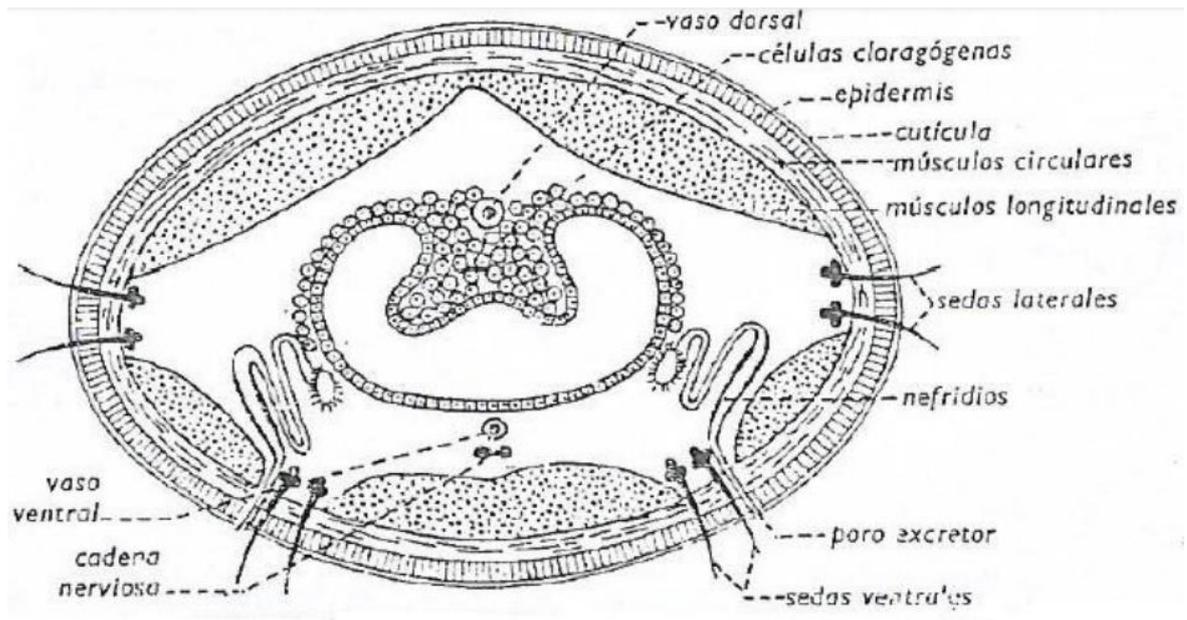
el anillo 15 se encuentran los dos orificios genitales masculinos que presentan bordes más gruesos y más ostensibles que los orificios femeninos. Entre los anillos 33 y 37 de la cara dorsal se ubica el clitelo. Durante la reproducción surgen las crestas sexuales, que son dos líneas claras que unen los orificios genitales masculinos con el clitelo. La parte posterior es más ancha y los anillos más aplanados, en el último anillo (llamado pigidio) se ubica el ano. En cada anillo hay cuatro pares de ganchos pequeños llamados sedas, dispuestos en dos pares laterales y dos pares ventrales. También en cada anillo en la cara ventral se encuentran un par de orificios excretores. (Figura 03).



**Figura 4.** Parte anterior (cara ventral) de la lombriz

Fuente: Villeneuve y Désiré, 1965

**b) Anatomía interna:** La piel y los músculos, en la parte externa de la piel está la epidermis cubierta por la cutícula, la piel también está formada por dos capas musculares superpuestas, siendo una circular y la otra longitudinal, estos músculos forman cuatro bandas: dos laterales, una ventral y la otra dorsal. (Figura 04).



**Figura 5.** Corte transversal de un anillo de la lombriz

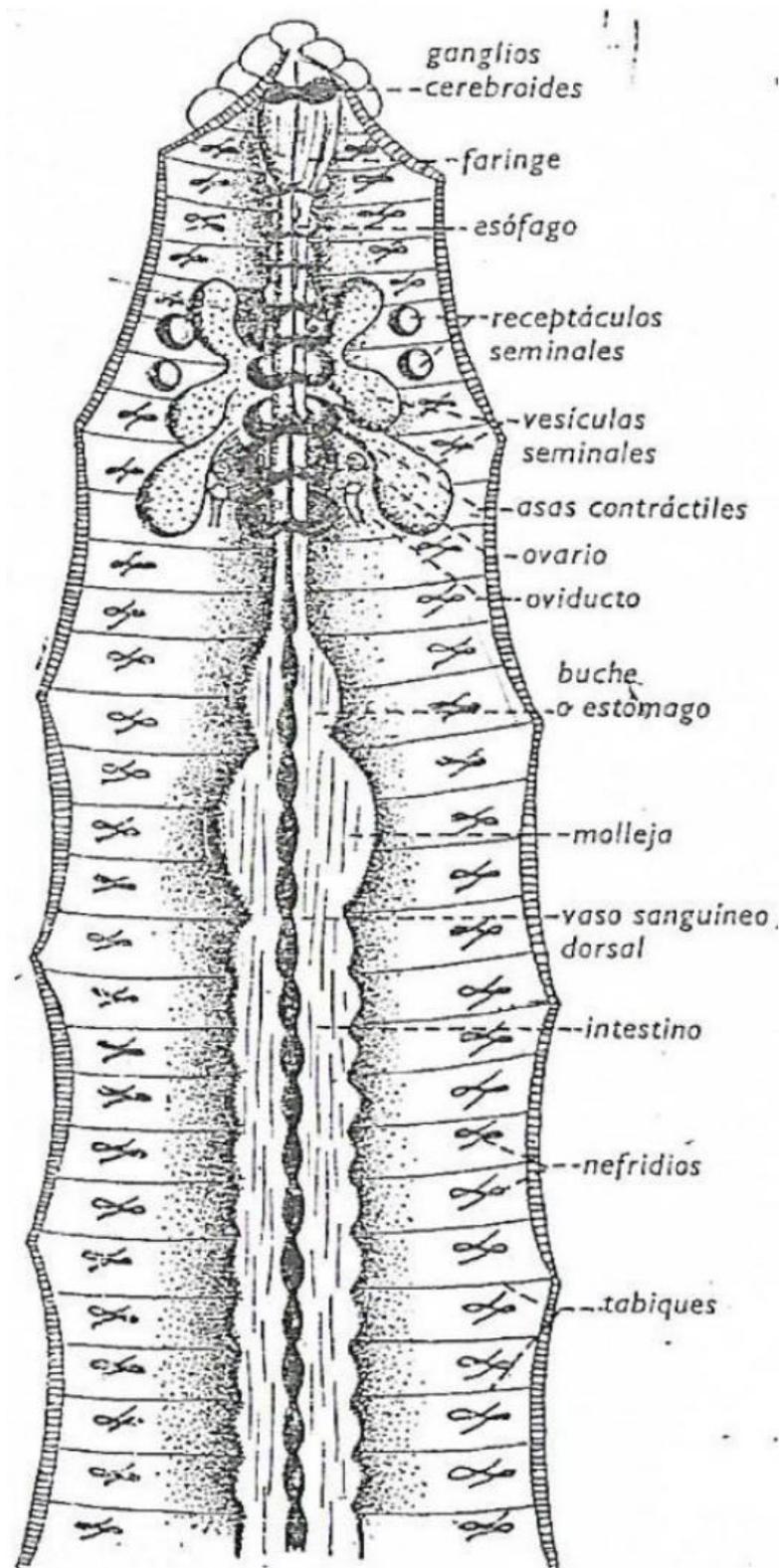
Fuente: Villeneuve y Désiré, 1965

El tubo digestivo, es rectilíneo; después de la boca esta una faringe muscular seguida de un esófago estrecho (donde están las glándulas calcíferas cuya función es eliminar el exceso de calcio y mantener el pH constante en la sangre) que llega al estómago o buche luego sigue la molleja (con paredes de musculatura abundante) y finalmente termina en un largo intestino. Sobre la superficie del tubo digestivo está el órgano cloragógeno (formada por células pardoverdosas) que desempeña un importante papel en la eliminación de los desechos. (Figura. 05).

En la Figura 04 y 05, se muestra el aparato circulatorio es totalmente cerrado, comprende:

- El vaso dorsal ubicado encima del tubo digestivo.
- El vaso ventral ubicado debajo del tubo digestivo.
- En la parte anterior a nivel del esófago hay de 5 a 8 pares de vasos laterales (asas contráctiles) que comunican el vaso dorsal con el vaso ventral. Detrás del esófago

también hay unas asas laterales no contráctiles que también relacionan ambos vasos.



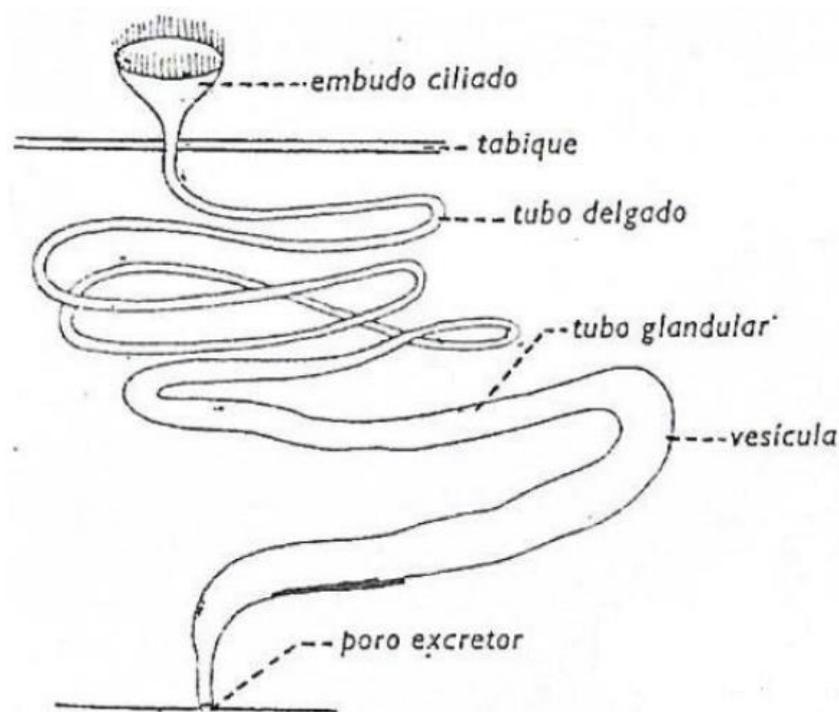
**Figura 6.** Región anterior (cara dorsal) de la lombriz

Fuente: Villeneuve y Désiré, 1965

El aparato excretor, existen tres sistemas diferentes los nefridios, las Glándulas de Morren y las células cloragógenas. (Figura 05 y 06):

Presenta un par de nefridios (tubos urinarios) en cada segmento que se abren al exterior mediante un poro, presenta las siguientes partes:

- Un embudo ciliado que se abre al interior del segmento.
- Un tubo delgado enrollado y ciliado en su cara interior.
- Un tubo glandular de color amarillo y mayor diámetro que el anterior, que se dilata para formar una vesícula y finalmente abrirse en un poro excretor hacia el exterior.
- Las Glándulas de Morren se ubican alrededor del esófago.
- Las células cloragógenas se ubican sobre la superficie del tubo digestivo.

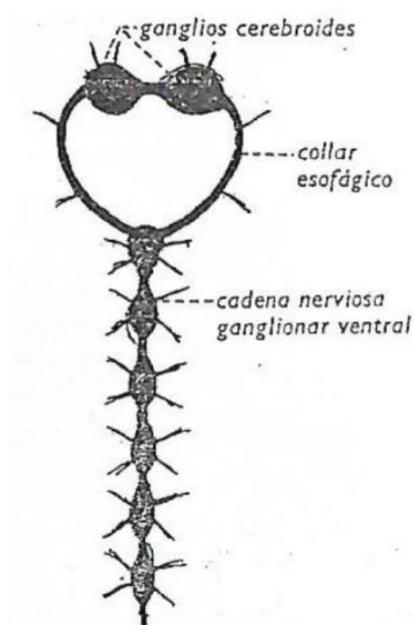


**Figura 7.** Esquema de un nefridio (tubo urinario) de la lombriz

Fuente: Villeneuve y Désiré, 1965

En la Figura 07. Muestra el sistema nervioso, se ubica en la parte ventral y comprende:

- Una cadena nerviosa formada por ganglios que se relacionan entre sí por medio de conectivos nerviosos (cordones longitudinales).
- El collar esofágico, ubicado en el parte esofágico, rodea la primera porción del tubo digestivo y por encima de la cual están dos ganglios cerebroides.



**Figura 8.** Parte anterior del sistema nervioso de la lombriz

Fuente: Villeneuve y Désiré, 1965.

#### 2.4.4.3. Biología

Villeneuve y Désiré 1965. Menciona acerca de la biología lo siguiente:

**Locomoción:** Los movimientos son debido a su musculatura longitudinal y las sedas locomotoras, dando la acción del mucus lubricante segregado por la piel. Al excavar galerías la parte anterior de su cuerpo se hincha y endurece facilitando las galerías.

**Sensibilidad:** En el exterior no se distingue ningún órgano, pero en la epidermis hay células sensoriales aisladas en grupos que son abundantes en la parte anterior del cuerpo que están relacionadas con la cadena nerviosa ventral.



**Circulación:** Tanto el vaso dorsal como los vasos laterales son contráctiles (corazones laterales). Por el vaso dorsal la sangre circula en sentido postero-anterior y mediante los vasos laterales es llevado al vaso ventral, que no es contráctil, en donde se mueve en sentido antero-posterior.

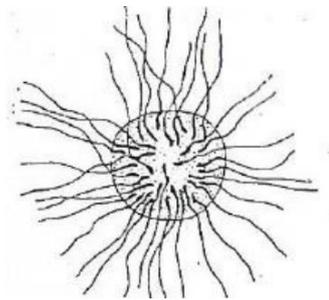
**Nutrición:** La lombriz traga tierra cuando hace sus galerías, y es durante el trayecto por el tubo digestivo que digiere los restos orgánicos que están presentes en la tierra engullida, después las expulsa por el ano en forma de grumos característicos

**Excreción:** Los embudos ciliados de los nefridios son los encargados de extraer las sustancias de desecho, ácido úrico o urea, y arrojarlas al exterior a través de los poros urinarios. Las células cloragógenas, que rodean la superficie del tubo digestivo, acumulan en su citoplasma las granulaciones que son productos de desecho (urea) y al estar llenas estas células se desprenden y son fagocitadas por los leucocitos presentes.

Las Glándulas de Morren se ubican alrededor del esófago y tienen la función de regular los equilibrios iónicos al interior de la lombriz, manteniendo el equilibrio ácido-básico y en presencia de exceso de gas carbónico combinan éste con el calcio de la sangre formando cristales insolubles de carbonato cálcico que son excretados en el esófago y posteriormente por el tubo digestivo.

**Respiración:** El intercambio gaseoso se realiza a través de la piel, y es por este motivo que ésta siempre tiene que estar húmeda ya que ni el oxígeno ni el anhídrido carbónico pueden atravesar una piel seca. Entonces si la lombriz es abandonada fuera de la tierra en un ambiente seco morirá asfixiada, de aquí que sólo salga a la superficie en la noche o después de la lluvia y en periodos de sequía o heladas se hunda profundamente en la tierra.

**Reproducción:** aparato reproductor masculino se muestra en la (Figura 10), formado por dos pares de testículos (ubicados en el anillo 10 y 11) que se comunican con tres pares de vesículas seminales (donde los espermatozoides completan su desarrollo y están agrupados alrededor de una gota de protoplasma (Figura 08). Durante la copula los espermatozoides (Figura 09) se introducen a los espermiductos a través de dos pares de boquillas y llegan al exterior mediante los orificios genitales masculinos (ubicados en el anillo 15).



**Figura 9.** Espermatozoides agrupados

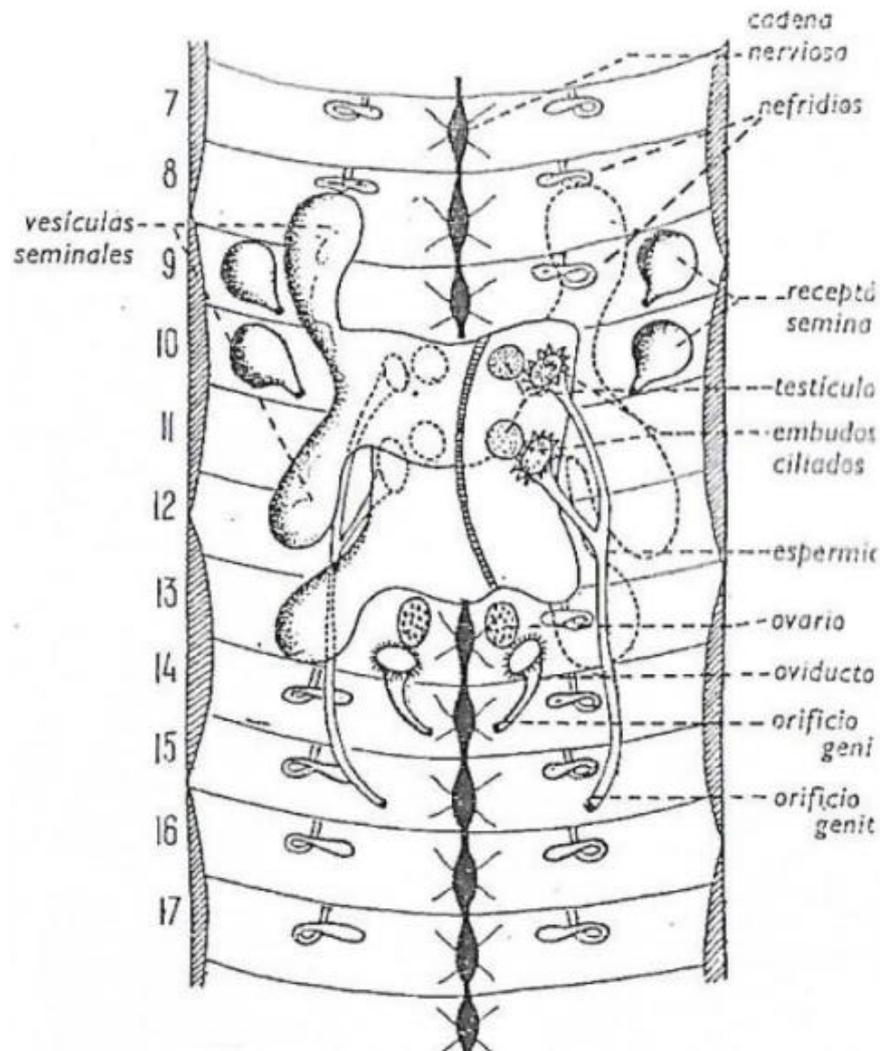
Fuente: Villeneuve y Désiré, 1965.



**Figura 10.** Espermatozoide de lombriz

Fuente: Villeneuve y Désiré, 1965.

En la Figura 10. Se muestra el aparato reproductor femenino, formado por un par de ovarios (ubicados en anillo 13) cuando los óvulos están maduros caen por dos boquillas ciliadas que a través de los oviductos se abren al exterior mediante los orificios genitales femeninos (ubicados en el anillo 14). Los receptáculos seminales son dos vesículas pequeñas (ubicados en los anillos 9 y 10) que durante la copula almacenan los espermatozoides provenientes de la otra lombriz.

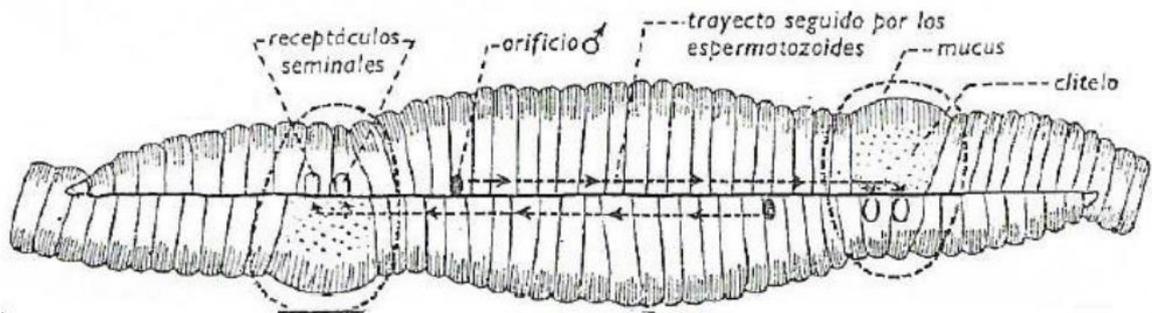


**Figura 11.** Órganos reproductores de la lombriz

Fuente: Villeneuve y Désiré, 1965.

Las características de la época de reproducción son: clitelo desarrollado, órganos genitales muy ostensibles, crestas sexuales son más salientes, las glándulas reproductoras aumentan de volumen. En la copula y fecundación (Figura 11) se unen dos lombrices y el clitelo de una queda a la altura de los receptáculos seminales de la otra, los espermatozoides son liberados y se deslizan a lo largo de la cresta sexual hasta llegar a los receptáculos seminales de la otra, luego se separan. Mientras se realiza la puesta del saco mucoso o mucus, segregado por el clitelo, los óvulos son fecundados por los espermatozoides almacenados en los receptáculos seminales; finalmente los huevos

fecundados están aglomerados y rodeados por el mucus, que a medida se desliza de la lombriz se endurece y forma el capullo.



**Figura 12.** Cópula de lombrices

Fuente: Villeneuve y Désiré, 1965

#### 2.4.4.4. Condiciones ambientales para el desarrollo de la lombriz

Los factores que influyen en el comportamiento de las lombrices en general son:

##### **Materia orgánica:**

Es la base principal de alimentación. (Martínez, 1996).

##### **Humedad:**

El agua es importante para su respiración y en su sistema locomotor, ya que la presión hidráulica del líquido celomático no se da si el contenido de agua del cuerpo se reduce en más de 15 %, la falta de agua reduce el movimiento de la lombriz, afectando directamente la búsqueda del alimento, lo que repercute en una disminución de la población. Hay que recordar que en la lombriz entre el 80 % y 90 % de su peso vivo es agua. (Martínez, 1996).

La lombriz succiona su alimento, por ende, el lecho debe estar siempre húmedo, como referencia la humedad que se requiere para que la lombriz pueda realizar sus procesos vitales es del 70% a 80%. Los sustratos muy húmedos y empantanados hacen que la cama



se compacte y dificulte la aireación, perjudicando a la lombriz, que no tiene mecanismos fisiológicos para tomar el oxígeno del agua (Durán y Henríquez, 2009).

### **Temperatura:**

La temperatura óptima para que la lombriz viva en excelentes condiciones es de 12 a 25 °C, Lo ideal es que el sustrato tenga una temperatura de 20 °C más o menos constante, temperaturas inferiores a 10 °C hacen que la lombriz entre en estado de latencia periodo de aparente inactividad metabólica. Por lo tanto, no debe estar expuesta, durante el día, a la acción directa de los rayos solares. (Piza 2017).

Durante épocas frías y en zonas áridas las lombrices permanecen inactivas, enrollándose sobre su propio cuerpo. (Martínez, 1996).

### **Aireación:**

Su necesidad de oxígeno puede ser satisfecha por las lombrices del aire o del agua. Aunque este factor no ha sido muy estudiado, se conoce que hay mucha variación entre especies en cuanto a mantenerse en suelos con altas o bajas concentraciones de oxígeno. Ya que los riegos frecuentes compactan el sustrato y dificultan la respiración de las lombrices. (Martínez, 1996).

### **Luz:**

Las lombrices necesitan de oscuridad ya que la presencia de luz las afecta directamente; si se exponen por tiempo corto a los rayos ultravioleta se deshidratan y les causa la muerte de manera rápida. Durante la noche la lombriz saca su parte anterior de la galería, para explorar, alimentarse o aparearse. (Martínez, 1996).



La lombriz teme a la luz, los rayos ultravioletas la matan. La iluminación, natural o artificial, no tiene que incidir directamente sobre su habitad. (Ferruzzi 1994).

Se recomienda que las lombriceras estén cubiertas, para evitar su resecamiento y protegerlas de los pájaros. Para el propósito, se pueden utilizar papel, cartón, sacos viejos de fibra natural o materiales que permitan la penetración de agua y con el tiempo serán consumidos por las lombrices. (Edwards, 1988).

## **pH**

La subsistencia de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), el pH óptimo es de 6,5 a 7,5 y el pH que indicaría peligro de muerte para la lombriz estaría entre un pH menor a 4,5 y mayor 8,7 de pH. (Durán y Henríquez, 2009).

### **2.4.4.5. Manejo de plagas y enfermedades en lombrices**

#### **2.4.4.5.1. Plagas**

##### **Pájaros**

Las aves acaban poco a poco con un lombricero, plaga se puede controlar fácilmente poniendo un manto de pasto de 10 cm sobre las camas de lombrices (Ferruzzi, 1994).

##### **Hormigas**

La hormiga es atraída por el azúcar que la lombriz produce al momento de deslizarse por debajo del sustrato. Esta se puede controlar sin químicos, basta que la humedad del sustrato de las lombrices se encuentre con una humedad al 80 %. Entonces



al encontrar hormigas en nuestro criadero es un indicador de baja humedad (Ferruzzi, 1994).

### **Planaria**

Es un gusano plano que puede medir de 5 a 50 mm, de color café oscuro, con rayas longitudinales de color café. Se adhiere a la lombriz por medio de una sustancia cerosa que el platelminto produce, posteriormente introduce en la lombriz un pequeño tubo de color blanco succionando todo el interior de la lombriz hasta matarla. se controla con un buen sustrato regulado el pH de 7.5 a 8, si el pH es bajo las planarias se desarrollan y comienzan su actividad de depredador natural de las lombrices. (Ferruzzi, 1994).

### **Ratones**

Se puede controlar al igual que las hormigas manteniendo la humedad alta, es decir en un 80% de humedad (Piza 2017).

#### **2.4.4.5.2. Enfermedades**

La lombriz es el único animal en el mundo que no transmite ni padece enfermedades, pero existe un síndrome que lo afecta y es conocido como Gozzo ácido o Síndrome Protéico". Se debe a que cuando a la lombriz se le suministran sustratos con altos contenidos en proteína, no son asimilados y se presentan inflamaciones en todo el cuerpo, y muriendo a las pocas horas. (Delgado, 2011).

Los síntomas más frecuentes suelen ser el abultamiento de la zona clitelar, coloración rosada o blanca de las lombrices y una disminución generalizada de su actividad. Como medida de control se debe remover la tierra para favorecer la oxigenación y la aplicación de elevadas dosis de carbonato cálcico. (Sullcata, 2014).



#### 2.4.4.6. Clasificación taxonómica de la lombriz

La clasificación taxonomica según Gardiner 1978.

- Reino : Animal
- Tipo : Anélido (cuerpo anillado)
- Clase : Oligoqueto
- Orden : Opisthoro
- Familia : Lombricidae
- Género : Eisenia
- Especie : foetida

#### 2.4.4.7. Alimento de las lombrices

El alimento o sustrato tiene dos funciones primordiales: la primera, servirle de casa, y la segunda, proporcionarle los nutrientes necesarios para su desarrollo y funcionamiento. La lombriz es selectiva y tiene preferencia por ciertos sustratos de acuerdo con su riqueza nutritiva y su presentación física (Durán y Henríquez, 2009).

Todo alimento debe ser administrado a la lombriz con características que permitan su ingestión como un pH alrededor del neutro, un grado de humedad ideal, no debe existir la presencia de sustancias tóxicas o dañinas para la lombriz, debe ser lo suficientemente desmenuzada y mullida para poder ser succionada por su boca, también prefieren restos vegetales algo descompuestos con una relación C/N relativamente baja. (Piza 2017).

Las lombrices comen casi cualquier sustancia orgánica putrefacta y les encanta los azúcares, consumen residuos orgánicos de mercado que contienen altos contenidos de sacarosa, las sales y la celulosa, aceptan el papel y el cartón, siempre que estén bien humedecidos. (Sánchez, 2012).



#### 2.4.4.7.1. Estiércoles

Garrido (2014). Manifiestan que en el estiércol hay que saber diferenciar la edad del estiércol siendo un factor importante dentro del manejo de las lombrices. El sustrato se puede encontrar en 3 situaciones:

**Estiércol fresco:** El estiércol está acabado de producir por el vacuno, ovino u otro animal, teniendo una consistencia pastosa, de olor insoportable debido a que su pH es altamente alcalino, lo cual no es recomendable para la lombriz.

**Estiércol maduro:** Este estiércol tiene más o menos de 10 a 18 días de haber sido producido por el animal, su consistencia es semipastosa, su olor es soportable, el pH se encuentra estabilizado, calculado de 7 a 8. Este es el sustrato adecuado, puesto que presenta las condiciones óptimas para la crianza de lombrices, aunque a veces le tenemos que agregar agua para estabilizar su humedad y por ende su temperatura.

**Estiércol viejo:** Es un estiércol que tiene más de 20 días de haber sido producido, es de consistencia pastosa y dura, desmoronándose al aplastarse con la mano. No presenta prácticamente ningún olor. Este no es un sustrato que puede ser usado para la crianza de lombrices, puesto que su pH es altamente ácido y pueden entrar las lombrices en un período de dormición y ocurrir el desarrollo de una plaga llamada planaria o lombriz rayada plana. No es conveniente adquirir estiércoles viejos (con más de 20 días de producidos) porque el material tendrá un pH más ácido y favorecerá la aparición de plagas. Se suelen indicar largos períodos para la maduración de los distintos tipos de estiércoles.

El estiércol debe desmenuzarse, mezclar con fibra y posteriormente picar. Si no se mezcla y airea no fermentará, el exceso de proteínas constituye el mayor peligro por la



liberación de gases tóxicos, verificando el alimento, por la presencia del ácido tóxico, cuando el alimento no está descompuesto, causa la muerte de la lombriz. (Sales, 2021).

#### 2.4.4.7.2. Fibras

La fibra (viruta, aserrín, cáscara de arroz, hojarasca, etc.) ayuda a que el estiércol quede más esponjoso y aireado acelerando la fermentación. De esta forma se puede manejar cualquier tipo de estiércol. La viruta de madera clara mezclada con estiércol, es ideal para obtener la suavidad justa del hábitat de la lombriz, la presencia de este tipo de celulosa en el lecho acentúa la glucosa y el % de proteínas. (Garrido, 2014).

El alimento de la lombriz debe contar con contenido de 20 a 25 % de celulosa y una proteína de calidad, que proviene de material vegetal. Además, hace mención que no debe contar con más de 45 % de proteína total, ya que puede resultar peligroso e incluso mortal. (Sales, 2021).

#### 2.4.4.7.3. Incorporación del sustrato

La composición química de los residuos vegetales es muy importante, puesto que va a influenciar en la composición final de humus y en el tiempo en que estos se van a formar. La mezcla de restos orgánicos ingeridos por las lombrices, se ve sometida a diversos procesos durante el paso intestinal y luego evacuada en forma de heces (Velásquez, 1987).

Ulloa (2003). Indica los siguientes cuatro tipos de sustrato que se pueden utilizar para alimento de lombrices:

- **Residuos de animales:** Estiércol de bovino, de oveja, de conejo, gallinaza, etc.
- **Residuos domésticos:** Desechos biodegradables de cocina.



- **Residuos industriales:** Papel, aserrín.
- **Residuos vegetales:** Todo tipo de hojas y procedentes de explotaciones agrícolas.

#### 2.4.4.7.4. Cantidad y periodicidad del alimento

La cantidad de excretas a suministrar, así como la frecuencia está determinada por la concentración de lombrices que contenga el cantero. Como norma general se aplica una capa de excreta de 15 cm de espesor cada 10 días, sin embargo, esto lo determina la densidad de población, ya que a mayores concentraciones de lombrices consumirán el alimento más rápidamente. Además, que la disminución de la materia orgánica afecta la vida de la lombriz, es decir, inician su trabajo y no se reproducen.

En condiciones donde el clima no varía la alimentación se puede distribuir, con la mayor regularidad posible, extendiendo una capa de comida que podría oscilar entre los 5 a 10 cm de espesor al menos una vez por semana, (Piza, 2017).

#### 2.4.4.7.5. Reproduccion

La lombriz (*Eisenia foetida*), es hermafrodita incompleta lo que significa que no está en condiciones de auto fecundarse, debido a un mecanismo fisiológico llamado “protandria”, esto sucede porque las células sexuales masculinas maduran antes que las femeninas por lo que necesita de otra lombriz y como resultado del acoplamiento de ambas lombrices se producirán dos huevos (cápsula), uno de cada lombriz. (Serrano, 2004).

Estas cápsulas se abrirán entre 14 a 21 días, según sea la T° del medio donde se ubiquen. Cada huevo o cápsula contiene de 2 a 21 pequeñas lombrices. Conteniendo un líquido que constituye la fuente alimenticia de las pequeñas lombrices durante el periodo de incubación, hasta que se produzca la apertura de la cápsula.



La lombriz roja vive aproximadamente unos 16 años, durante los cuales se acopla regularmente, cada 7 días, a partir del día 90 de edad, siempre que la temperatura y la humedad del medio sean las adecuadas (Piza, 2017).

#### **2.4.4.8. vermicompostaje**

Se debe tener presente que la lombricultura se divide en dos partes, la vermicultura que es la producción de vermicompost (esta es la que se conoce y se realiza en nuestro medio), y la lombricultura misma que es la de maximizar la producción de lombrices, es común que estos términos confundan muy a menudo (Ruilova y Martínez. 2008).

El vermicompost en sus diferentes acepciones se define como el producto final resultante del proceso de vermicompostaje, que presenta unas óptimas condiciones físicas, un contenido variable de materia orgánica parcialmente humificada, con contenidos variables de nutrientes y sustancias fitoreguladoras del crecimiento y que puede ser almacenado sin posteriores tratamientos ni alteraciones (Saavedra, 2007).

Proceso que consiste en la bio-oxidación y estabilización de los sustratos orgánicos a través de la acción descomponedora conjunta de lombrices y microorganismos, que lo convierten en un material humificado y mineralizado (Durán y Henríquez, 2009).

##### **2.4.4.8.1. Factores para el vermicompostaje**

Existen factores que deben ser tenido en cuenta para una plantación de (*Eisenia foetida*), según Somarriba y Guzmán (2004) son:

**Ubicación de los canteros:** En lugares sombreados evitando con ello la evaporación. La superficie debe ser casi plana, no tener una pendiente mayor de 20% y



no expuesta a inundaciones, con zanjas de drenaje con una muy buena disponibilidad de agua.

**Humedad:** Se debe mantener del 75-80% ya que debajo del 70% son desfavorables para la cría, debajo de 55% son niveles de muerte y mayor a 85% en el alimento provoca la baja producción de cápsulas.

**Temperatura:** La ideal está entre 15-24°C lo más cercano posible a lo corporal de la lombriz que es de 20°C, cuando esta desciende a los 15°C las lombrices dejan de reproducirse y muchas de sus crías mueren, y en temperaturas mayores a 35°C estas huyen o también mueren, por encima de 30°C resiste bien la temperatura, pero lo hace a costa de una menor reproducción y descenso en la producción de vermicompost.

**pH:** Es un factor determinante de una buena plantación, siendo los valores óptimos que se encuentren entre 5.0 y 8.0.

**Aireación:** La garantía de la existencia de una atmósfera intersticial con suficiente oxígeno puede verse reducida por un exceso de agua o por la compactación del material debida a una estructura demasiado densa o por un exceso de peso. Cualquiera de ambas circunstancias provocará la desaparición de los espacios destinados a la presencia de aire; su colmatamiento con agua, y el desarrollo de condiciones anaeróbicas, son causas para la muerte de las lombrices.

**Otros factores:** De acuerdo a Sullcata (2014) son:

- Los escarabajos, moscas, gorgojos, babosas, compiten con las lombrices en el consumo del material alimenticio y alteran las condiciones del medio. No existen medios físicos eficaces para su control, salvo evitando que se instalen las colonias de parásitos mediante un buen manejo de las unidades de cría.



- Cierta tipo de hormigas ingiere los azúcares de los alimentos destinados a las lombrices. Si se las molesta un poco humedeciendo la cama terminan buscándose un sitio más tranquilo.
- Entre los depredadores directos se encuentran las ratas, ratones, serpientes, sapos, pájaros, topes, ciempiés, milpiés, y algunos otros, que pueden causar serios daños en el criadero si no se colocan defensas apropiadas.
- Los pájaros encuentran a las lombrices con facilidad, excavando la tierra con sus patas y pico, por lo que se deberá cubrir el lecho con ramas o redes media sombra.

#### **2.4.4.8.2. Dendidad de poblacion**

Factor muy poco estudiado y que afecta al desarrollo de los procesos de vermicompostaje es la densidad de población de lombrices existente en el medio orgánico, el crecimiento y reproducción de la lombriz (*Eisenia foetida*) en instalaciones de lombricultura mencionado por Sanchez (2018), ha puesto de manifiesto los siguientes hechos:

La abundancia total de lombrices se estabiliza alrededor de un cierto número, indicando la posible existencia de un mecanismo de autorregulación.

A corto plazo se observa que el crecimiento y la tasa reproductiva parecen asociados con la fase de colonización y, una vez que finaliza esta fase, los canteros de lombrices tienden a superpoblarse, disminuyendo la tasa reproductiva; las lombrices son mucho más pequeñas en condiciones de superpoblación, a pesar de que haya abundante alimento, mientras que a bajas densidades las lombrices alcanzan tallas mayores y son mucho más activas.



### 2.4.4.8.3. Pasos para el establecimiento del proceso de vermicompostaje

Somarriba y Guzmán, 2004. Recomienda los pasos para el establecimiento los cuales son:

1. Adquisición de pie de cría de lombrices, equipos y las herramientas adecuadas.
2. Preparación de los canteros (camas), hábitat en la cual las lombrices encontrarán todos sus requerimientos y así no podrán escapar ni por debajo ni por los costados. Su orientación debe permitir la salida del exceso de agua durante el riego ya que el estancamiento de agua mata a las lombrices.
3. Selección y preparación de los sustratos para la alimentación de las lombrices:
  - a) Los sustratos útiles: Estiércol de bovinos, desechos industriales como aserrín y restos vegetales entre otros.
  - b) El sustrato a utilizar debe ser capaz de mantener la humedad.
  - c) El sustrato se puede trabajar cuando haya pasado la fase de descomposición.
  - d) El sustrato a elegir debe conservarse poroso y no producir terrones.
  - e) Evitar proporcionar a las lombrices estiércol de fresco por las altas concentraciones de amoníaco y de altos contenidos de proteínas en estiércol de terneros.
  - f) Los sustratos destinados a la alimentación de la lombriz deben tener una fermentación previa ya que si la fermentación es parcial provocaría afectación en el esófago de las lombrices.
4. Colocado de las lombrices en los canteros: el colocado en cada cantero se tiene que iniciar con densidades poblacionales según el tamaño, lo cual favorece su rápida adaptación y multiplicación en los nuevos sustratos.



5. Alimentación de los canteros (camas) se debe suministrar periódicamente, ya sea semanal o quincenal, dependiendo de la cantidad del alimento y la densidad poblacional de lombrices.

6. Riego de los canteros (camas), teniendo en cuenta que la lombriz succiona los alimentos, se debe mantener húmedos los sustratos entre un 75% y 80% de humedad. Para esto se puede tomar una muestra de sustrato que alcance en el puño de la mano, que, al apretarlo, se desprendan entre 2-6 gotas de agua.

7. Recolección de lombriz: Existen diferentes métodos para la extracción de las lombrices.

- a) Un método es interrumpir el suministro de comida sobre el cantero y hacer cordones de estiércoles por los lados de los canteros las lombrices se introducirán en el nuevo sustrato, luego se separa dicho sustrato del cantero a los 5 días.
- b) Sistema de lomo de toro: Se coloca el sustrato en una capa de 5 cm. en el centro del cantero, dicho cantero no se le ha dado alimentación por 3 a 4 semanas, de esta manera las lombrices están hambrientas dispuestas a colonizar el nuevo sustrato el cual se retira a los 3 días.

8. Cosecha de humus: Al haber retirado las lombrices queda solo el vermicompost con un 3% de lombrices, el vermicompost se retira en carretilla y se lleva a un lugar destinado por el productor donde se orea hasta lograr tener el 50% de humedad, dicho almacenamiento se tendrá que realizar bajo sombra.



## **2.5. PARÁMETROS DE MEDICIÓN BIOMÉTRICOS**

### **2.5.1. Medición de temperatura**

Para medir la temperatura del sustrato se debe introducir el termómetro a varias profundidades, dando prioridad el medio donde viven las lombrices, que es de 5-10 cm. por debajo de la superficie. El uso del termómetro es indispensable para un buen manejo (Sanchez, 2018).

### **2.5.2. Medición de humedad**

El método manual de medición de humedad de los sustratos es a través de la prueba del puño, que consiste en agarrar una cantidad de mezcla uniforme con el puño y apretar, y si salen de 5 a 10 gotas la humedad se encuentra en un 80% aproximado. (Sanchez, 2018).

### **2.5.3. Medición de pH**

Para controlar el pH de una sustancia orgánica existen dos métodos: los papelitos de tornasol y el potenciómetro. Para la prueba de papelito tornasol se coge una muestra muy húmeda con la mano, se introduce una tira de papel tornasol en medio, luego se comprueba el color con los diferentes “colores muestra” que están representados en la caja que contiene el papel tornasol. Para el uso del potenciómetro se introduce el electrodo en el lecho, posteriormente repetir las operaciones a distintos puntos y profundidades, como también al transcurso de unos días de efectuar tratamientos. (Sanchez, 2018).

### **2.5.4. Calidad del vermicompost**

El conjunto de características químicas, físicas, y microbiológicas, son las que determinarán la calidad final del producto. Desde el punto de vista microbiológico, se



tiene presente que el vermicompost posee una gran riqueza de microorganismos, así como un efecto supresor sobre algunos patógenos del suelo. (Durán y Henríquez, 2009).

El vermicompost de lombriz está compuesto por C, O, N, así como macro y micro nutrimentos en diferentes proporciones, tales como Ca, K, Fe, Mn y Zn entre otros. Las propiedades nutricionales del vermicompost pueden variar mucho entre sí. Esto se debe a los tipos de desecho utilizados, las proporciones de cada uno, el estado de descomposición de estos materiales, las condiciones en las cuales se lleve a cabo el vermicompostaje y el tiempo de almacenamiento (Durán y Henríquez, 2009).

Por otra parte, estas hormonas son sustancias producidas por el metabolismo secundario de las lombrices; y que resulta ser rico en elementos nutritivos, rindiendo en fertilidad orgánica varias veces más que el estiércol común (Pineda, 2006).

Según Sanchez, 2018 los principales macronutrientes son:

- **Nitrógeno (N):** Entre sus funciones están alimentar a los microorganismos del suelo y favorecer la descomposición de la materia orgánica, contribuyendo al incremento de la biomasa vegetal.
- **Fósforo (P):** Es el componente esencial en las enzimas vegetales implicadas en la transferencia de energía de los procesos metabólicos, favorece el desarrollo radicular. Cuando éste es deficiente, la planta es más débil, no crece al mismo ritmo, no desarrolla sus raíces y las plantas son menos resistentes al frío. Un efecto notorio de la deficiencia de fósforo es la reducción en la expansión celular, razón por la cual, las plantas pueden presentar enanismo.
- **Potasio (K):** Aumenta la resistencia de las plantas a enfermedades, parásitos y heladas. Cuando el potasio es deficiente, toda la planta está flácida, las plantas suelen romperse por culpa de la flacidez y son más propensas a enfermedades.



- **Calcio (Ca):** Es un nutriente necesario para que la planta pueda absorber otros nutrientes. Forma parte de la estructura de la pared celular vegetal, de enzimas vegetales y fitohormonas. Favorece la resistencia a altas temperaturas. También mejora la resistencia a enfermedades.
- **Magnesio (Mg):** Participa en todas las reacciones químicas del metabolismo de las plantas. También forma parte de la pared celular vegetal, es un componente esencial de la clorofila, es necesario para la formación de azúcar, ayuda a la asimilación de otros nutrientes.
- **Carbono Orgánico (CO) y relación Carbono/Nitrógeno (C/N):** El carbono es un elemento presente en la materia orgánica del suelo, que comprende un 48% a 58% del peso total. Por muchos años el factor Van Bemmelen de 1.724 ha sido utilizado, basado en asumir que la materia orgánica contenía 58% de C orgánico.
- Según el valor de la relación C/N, podremos determinar si un material orgánico está descompuesto en poca o gran medida. Para valores de C/N=50–80, existe elevada materia orgánica y hay poca actividad microbiana. Para valores entre 15 y 40, la degradación está próxima al equilibrio, y se incorpora al suelo parte del nitrógeno liberado. Para valores próximos a C/N=10, se considera que la descomposición de la materia orgánica ha entrado en equilibrio, lo que significa que las cantidades de carbono y nitrógeno son las adecuadas para que el proceso no se retarde ni acelere.

### 2.5.5. Producción de vermicompost

La vermicomposta es la excreta de la lombriz que se alimenta de desechos en descomposición, asimilando una parte (40%) para cubrir sus necesidades fisiológicas y la



otra parte (60%) es la excreta. Este material es conocido también como lombriabono y humus de lombriz (Díaz, 2002).

### **2.5.6. Población de lombrices**

Si hay condiciones ideales durante todo el proceso, la población de lombrices californianas puede llegar a duplicarse mensualmente. Se acoplan regularmente en promedio cada 7 días depositando cada una de ellas una cápsula o cocón que puede albergar hasta 9 lombrices; con un promedio de 2 a 4 lombricitas/cocón. Generalmente la cantidad de lombrices se triplica y hasta se cuadruplica cuando se hace la cosecha final que abarca hasta un 90% de las lombrices. (Sanchez, 2018).

### **2.5.7. Tiempo de elaboración del vermicompost**

La duración del proceso varía según el número de lombrices con que se trabaja, a mayor número de lombrices menor es el tiempo de producción de vermicompost. El tiempo promedio es de 12 semanas, ya que este es el tiempo que demoran las lombrices para llegar a su estado adulto, además de sustrato suministrado a las lombrices. Un parámetro importante es el color del vermicompost que varía entre el negro, café oscuro y gris, y depende del desecho usado para alimentar a las lombrices, además de no presentar olor y ser granulado. (Díaz, 2002).

### **2.5.8. Analisis económico**

#### **2.5.8.1. Costos**

Los costos son los gastos o valores de los recursos naturales, financieros humanos utilizados para la producción de bienes y/o servicios, en un periodo dado que puede ser en un mes, un año o más, según el requerimiento del proyecto. (Arbulú, 2000).



El costo es el desembolso que origina el consumo de recursos (materia prima, mano de obra, etc.) para realizar actividades relacionadas directamente con la producción de un bien o servicio con la intención de obtener un beneficio ahora o en el futuro (Rojas, 2009).

### **2.5.8.2. Clasificación de los costos de producción**

Existen dos tipos de costos en una empresa; costos variables (CV) y costos fijos (CF), por su carácter específico; se agrupa alguno de los costos fijos en rubros distintos, tales como los costos financieros, los costos de capital y los costos personales. (Arbulú, 2000).

### **2.5.8.3. Costos fijos**

Cotacallapa (2000), define que los costos son como el pago realizado por una empresa por los servicios de los factores de la producción; en este sentido nos habla de costo fijo y costos variables; (a) donde los costos fijos son aquellos que no se pueden modificar durante cierto periodo y son totalmente independientes de la cantidad de producción, estos costos son generados por la existencia de los factores de producción que no se pueden modificar en el corto plazo; (b) los costos variables a diferencia de los costos fijos y tal como su nombre lo indica, aumentan con cada unidad adicional de producto; estos son generados por los factores de producción que se pueden modificar en el corto plazo, finalmente el costo total (CT) de corto plazo se define como la suma de los costos fijos y los costos variables.

$$\text{Costo Total} = \text{Costo fijo} + \text{Costo variable.}$$



#### **2.5.8.4. Costos variables**

Cotacallapa (2000), afirma que los costos variables son los gastos que varían con los cambios en la producción a mayor producto mayor costo; es decir son función del producto o cantidad producida.

#### **2.5.8.5. Costos totales**

Arbulú (2000), indica que los costos totales de producción son todos los gastos en lo que incurre el agricultor, durante el proceso productivo de las diferentes actividades de producción de un bien o servicio; incluye los valores de los recursos reales o financieros utilizados en el proceso de producción de un periodo dado.

#### **2.5.8.6. Rendimiento**

Andrade (2002), señala que este índice es conocido como coeficiente beneficio / costo, y es aquella operación que resulta de dividir la sumatoria de los beneficios actualizados entre la sumatoria del costo total. La relación beneficio / costo debe ser como mínimo 1, cualquier valor menor es motivo para rechazar la inversión, ya que los beneficios serían menores que los costos.



## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. MEDIO EXPERIMENTAL

##### 3.1.1. Ubicación

La investigación se desarrollo condiciones de invernadero, tuvo una duración de 7 meses, es decir, entre el 03 de noviembre del 2021 al 31 de mayo del 2022, para evaluar los parámetros establecidos según los objetivos propuestos en el estudio experimental.

##### UBICACIÓN POLÍTICA

- País : Perú
- Región : Puno
- Provincia : Lampa
- Distrito : Cabanilla (Comunidad: Tancuaña (Sector: Coje))

##### UBICACIÓN GEOGRÁFICA (Coordenadas UTM)

- Este : 356316.7 m E.
- Norte : 8274810.9 m S.
- Altitud : 3815 m.s.n.m.

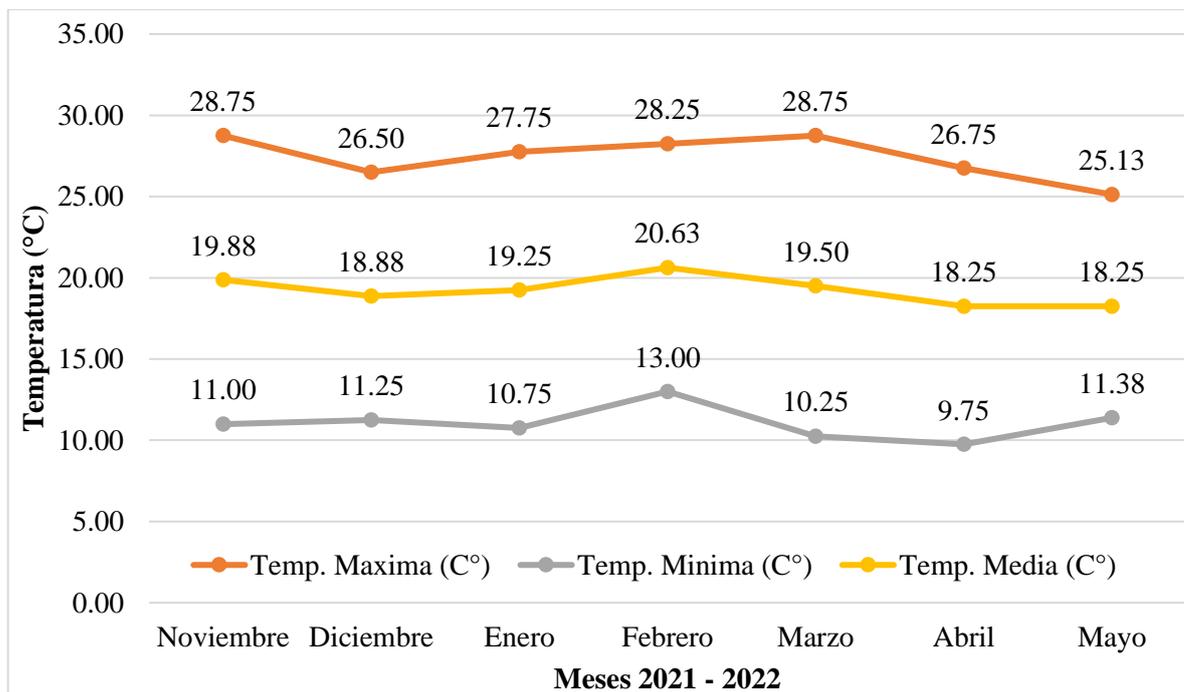
##### 3.1.2. Condiciones climáticas

El registro de la temperatura ambiental del invernadero durante el período del trabajo experimental se presentaron condiciones climatológicas detalladas en la tabla 1.

**Tabla 1.** Datos de temp. máxima, mínima, media de noviembre del 2021 a mayo del 2022

Mes	Temp. Maxima (C°)	Temp. Minima (C°)	Temp. Media (C°)
Noviembre – 2021	28.75	11.00	19.88
Diciembre – 2021	26.50	11.25	18.88
Enero – 2022	27.75	10.75	19.25
Febrero – 2022	28.25	13.00	20.63
Marzo – 2022	28.75	10.25	19.50
Abril – 2022	26.75	9.75	18.25
Mayo – 2022	25.13	11.38	18.25
<b>Promedio</b>	<b>27.41</b>	<b>11.05</b>	<b>19.23</b>

En la Figura. 13. La temperatura media al momento de la instalación estuvo dentro del rango ideal entre 27.41 °C a 11.05 °C lo más cercano posible a lo corporal de la lombriz que es de 19.23 °C promedio para un desarrollo adecuado de las lombrices; que correspondería a la campaña desde el entre el 03 de noviembre del 2021 al 31 de mayo del 2022, los datos fueron obtenidos mediante un sensor de temperatura.



**Figura 13.** Evolución de las temperaturas mínimas, máximas y medias durante el desarrollo del experimento.



## **3.2. MATERIALES EXPERIMENTALES**

Entre los materiales que se utilizaron durante el periodo de investigación fueron los siguientes:

### **3.2.1. Materiales biológicos**

#### **3.2.1.1. Microorganismos eficientes (EM)**

En la investigación se utilizaron 1 litro de microorganismos eficientes sin activar, fue obtenido de los laboratorios de la escuela de Ingeniería Agronómica, Facultad De Ciencias Agrarias, Universidad Nacional Del Altiplano Puno, la cual fue aplicado al 5.00 % y 7.50 % en las composteras, para su respectivo mesclado con los sustratos.

#### **3.2.1.2. Lombrices rojas californianas**

En la investigación se utilizaron 45 kilos (45,000 lombrices adultas aproximadamente) de la especie roja californiana (*Eisenia foetida*), fueron obtenidos de los laboratorios de la escuela de Ingeniería Agronómica, Facultad De Ciencias Agrarias, Universidad Nacional Del Altiplano Puno, las cuales fueron implicadas 1.00kg/m<sup>2</sup> (1,000 lombrices adultas aproximadamente), en donde luego se plantó en campo definitivo.

#### **3.2.1.3. Insumos de los sustratos**

- Estiercol de vacuno, recolectado por corrales cercanos.
- Aserrín de madera blanda, recolectado por aserraderos del distrito de Juliaca.
- Residuos mercados frescos (cascaras de plátano, tomate y lechuga).
- Agua.



### **3.2.2. Materiales y equipos de campo**

Entre los materiales y equipos que se utilizaron durante el periodo que duró el trabajo de investigación fueron los siguientes:

#### **Activación de microorganismos eficientes**

- 18 litros de agua
- 01 litro de microorganismos eficientes (EM)
- 01 kg de melaza
- 01 embase ermetico de 20 litros
- Balanza

#### **Preparación de lechos (camas)**

- Bloquetas
- Cemento
- Tubería de 2 pulgadas
- Taladro
- Malla de polisombra doble
- Plástico de 2.6 m<sup>2</sup> para cubrir los lechos
- Regadera

#### **Materiales para la reparacion de los sustratos**

##### **a) Primer sustrato**

- 2,250.00 kg de estiercol de vacuno.
- 1,125.00 kg de aserrín de madera
- 1,125.00 kg de residuos vegetales de las cuales son:



- 562.50 kg de cascaras de plátano,
- 225.00 kg de cascaras de tomate y
- 337.50 kg de cascaras de lechuga.

#### **b) Segundo sustrato**

- 2,250.00 kg de estiércol de vacuno.
- 562.50 kg de aserrín de madera
- 1,687.50 kg de residuos vegetales de las cuales son:
  - 843.75 kg de cascaras de plátano,
  - 337.50 kg de cascaras de tomate y
  - 506.25 kg de cascaras de lechuga.

#### **c) Tercer sustrato**

- 2,250.00 kg de estiércol de vacuno.
- 2,250.00 kg de residuos vegetales de las cuales son:
  - 1,125.00 kg de cascaras de plátano,
  - 450.00 kg de cascaras de tomate y
  - 675.00 kg de cascaras de lechuga.

#### **Aplicacion de lombrices roja californianas en los lechos (camas)**

- 2.5 kg de lombrices roja californianas/ 2.5 m<sup>2</sup> del lecho (cama)
- Con un todas de 45 kg de lombrices para los 18 tratamientos,

#### **Para mantener húmedo los sustratos**

- 360 litros de agua para los tratamientos
- Regadera



### **Toma de muestras**

- Cuaderno de evaluación,
- bolígrafos.
- Baldes
- Palas
- Cobertura plástica.
- Letreros de identificación.
- Camas de vermicompostaje.

### **Para las evaluaciones**

- Termómetro digital BOECO WT-1.
- Recipientes.
- Bolsas de papa (trampas de lombrices).
- Cámara fotográfica.
- Tamizador de 2 x 2 mm
- Balanza.
- Sacos para pesado y embalsado.

### **3.2.3. Materiales de gabinete**

- Computadora.
- Útiles de escritorio.
- Software para análisis estadístico (SPSS).



### 3.3. FACTORES EN ESTUDIO

El trabajo de investigación realizó la creación de sustratos para la creación de vermicompost; cuyos tratamientos describen sus proporciones, enumeradas a continuación:

Factor M: Microorganismos eficientes (Em) a utilizar

- M1 = 0.00 % microorganismos eficientes (Em).
- M2 = 5.00 % microorganismos eficientes (Em).
- M3 = 7.50 % microorganismos eficientes (Em).

Factor F: Combinación de diferentes fuentes de materia orgánica como sustrato.

- F1 = estiércol vacuno (50 %), aserrín de madera (25 %) y residuos vegetales (25 %)
- F2 = estiércol vacuno (50 %), aserrín de madera (12.5%) y residuos vegetales (37.5%)
- F3 = estiércol vacuno (50.0 %) y residuos vegetales (50.00 %)

#### Distribucion de tratamientos

- T1= 0.00 % Em + estiércol vacuno (50.00 %), aserrín de madera (25.00 %) y residuos vegetales (25.0 %)
- T2= 0.00 % (Em) + estiércol vacuno (50.00 %), aserrín de madera (12.50 %) y residuos vegetales (37.50 %)
- T3= 0.00 % (Em) y estiércol vacuno (50.00 %) y residuos vegetales (50.00 %).
- T4= 5.00 % (Em) y estiércol vacuno (50.00 %), aserrín de madera (25.00 %) y residuos vegetales (25.00 %)
- T5= 5.00 % (Em) y F2 = estiércol vacuno (50.00 %), aserrín de madera (12.50 %) y residuos vegetales (37.50 %).



- T6= 5.00 % (Em) y estiércol vacuno (50.00 %) y residuos vegetales (50.00 %).
- T7= 7.50 % (Em) y estiércol vacuno (50.00 %), aserrín de madera (25.00 %) y residuos vegetales (25.00 %).
- T8= 7.50 % (Em) + estiércol vacuno (50.00 %), aserrín de madera (12.50 %) y residuos vegetales (37.50 %)
- T9= 7.50 % (Em) y F3 = estiércol vacuno (50.0 %) y residuos vegetales (50.0 %).

**Tabla 2.** Distribución de tratamientos

N°	Descripción del sustrato	Proporción del sustrato	Aplicación de EM al sustrato	Lombrices	Código
1	Estiércol vacuno, aserrín de madera y residuos vegetales	(2:1:1)	0.00 %	1kg/m <sup>2</sup>	M1F1
2	Estiércol vacuno, aserrín de madera y residuos vegetales	(4:1:3)	0.00 %	1kg/m <sup>2</sup>	M1F2
3	Estiércol vacuno y residuos vegetales	(1:1)	0.00 %	1kg/m <sup>2</sup>	M1F3
4	Estiércol vacuno, aserrín de madera y residuos vegetales	(2:1:1)	5.00 %	1kg/m <sup>2</sup>	M2F1
5	Estiércol vacuno, aserrín de madera y residuos vegetales	(4:1:3)	5.00 %	1kg/m <sup>2</sup>	M2F2
6	Estiércol vacuno y residuos vegetales	(1:1)	5.00 %	1kg/m <sup>2</sup>	M2F3
7	Estiércol vacuno, aserrín de madera y residuos vegetales	(2:1:1)	7.50 %	1kg/m <sup>2</sup>	M3F1
8	Estiércol vacuno, aserrín de madera y residuos vegetales	(4:1:3)	7.50 %	1kg/m <sup>2</sup>	M3F2
9	Estiércol vacuno y residuos vegetales	(1:1)	7.50 %	1kg/m <sup>2</sup>	M3F3

### 3.4. DIMENSIONES DEL CAMPO EXPERIMENTAL

#### a) Tamaño del campo experimental total

- Largo : 11.4 m.
- Ancho : 5.3 m.

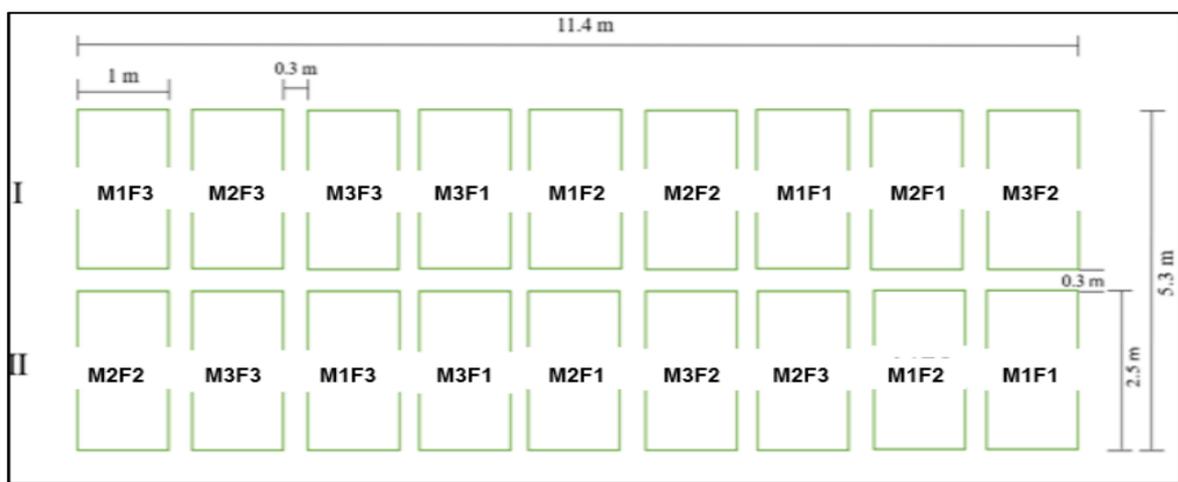
- Área total : 60.42 m<sup>2</sup>

### b) Tamaño de bloques

- Largo : 2.5 m.
- Ancho : 11.4 m.
- Área de cada unidad : 28 m<sup>2</sup>
- Distanciamiento entre bloques: 0.3 m.
- Número de bloques : 2

### c) Tamaño de lechos (tratamientos)

- Largo : 2.5 m.
- Ancho : 1.0 m.
- Altura : 0.6 m.
- Área de cada lecho : 1.5 m<sup>3</sup>
- Distanciamiento entre lechos : 0.3 m.
- Número de lechos : 18



**Figura 14.** Croquis aleatorio de los lechos en el invernadero.



### 3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para la distribución de los datos cuantitativos de cada variable de respuesta, se utilizó el Diseño Completo al Azar (DCA), en un arreglo factorial de 3 x 3, con 9 tratamientos, con 5 sub muestras por tratamiento y 2 repeticiones para cada tratamiento haciendo un total de 18 unidades experimentales. Para determinar la significancia entre tratamientos se utilizó la prueba de rango múltiple de TUKEY al 0.05 y 0.01 de probabilidad.

- Recopilación de datos de campo en registros según los parámetros en estudio.
- Elaboración de la base de datos en la hoja de cálculo Excel.
- Análisis de datos para el diseño de bloque completo al azar.
- Interpretación de la información estadística obtenida.

#### a) modelo aditivo lineal

$$Y_{ij} = u + M_i + F_j + (MF)_{ij} + E_{ij}$$

Dónde:

- $Y_{ij}$  = Variable de la respuesta.
- $u$  = Media poblacional.
- $M_i$  = Efecto del i-ésimo factor M (incorporación de EM)
- $F_j$  = Efecto del j-ésimo factor F (fuentes de materia orgánica)
- $(MF)_{ij}$  = Efectos del factor M con el factor F.
- $E_{ij}$  = Error experimental



## b) Transformación de datos

Los valores expresados como el conteo de días en compostaje y bioconversión, se han transformado en valores angulares arcoseno ( $Y = \arcseno \sqrt{\text{porcentaje o conteo}}$ ) y para realizar el análisis de variancia.

## c) Análisis de variancia (ANVA)

Los datos de las variables de respuesta se sometieron al análisis de variancia, cuyas fuentes de variación se muestra en la tabla siguiente:

**Tabla 3.** Análisis de variancia (ANVA)

<b>Fuente de variabilidad</b>	<b>Grado de libertad</b>
Microorganismos eficientes (M)	2
Sustratos (F)	2
Interracion M x F	4
Error experimental	9
<b>Total</b>	<b>17</b>

## 3.6. VARIABLES DE RESPUESTA Y OBSERVACIONES

Las variables en estudio del trabajo de investigación fueron:

### 3.6.1. Variables de respuesta

#### **Características de proliferación del vermicompost:**

- N° de cocones a la cosecha (N° de cocones/1 kg de vermicompost)
- N° de lombrices juvenes a la cosecha (N° de lombrices juvenes /1kg de vermicompost)
- N° de lombrices adultas a la cosecha (N° de lombrices adultas /1kg de vermicompost)

#### **Características químicas del vermicompost:**

- Análisis quimicio de vermicompost



### **Características físicas del vermicompost:**

- Tiempo de bioconversión de la materia orgánica (días/kg de vermicompost)
- Tiempo de compostaje (días/ por medoto de adaptación)
- Pureza de produccion (%)
- Rendimiento (kg/m<sup>3</sup>)

### **Costos de producción y Relación beneficio/costo:**

- Costos fijos (S/.)
- Costos variables (S/.)
- Rentabilidad (%)

### **3.6.2. Observaciones**

- Temperatura, humedad y pH.

## **3.7. CONDUCCIÓN DEL TRABAJO EXPERIMENTAL**

Para poder realizar el trabajo de investigación éste se dividió en cinco fases de trabajo que fueron muy importantes para alcanzar los diferentes objetivos, describiéndose a continuación:

**Primera Fase:** Se realizo la delimitación del área de estudio, aplicacion de DBCA distribucion de las camas en estudio, activación de microorganismos eficientes (EM), recolección de los materiales organicos, seguidamente se elaboracion los sustratos en los silos, ademas de aplicación del EM activado en los silos.

**Segunda Fase:** Pasado los sustratos de un silo a otro para una mejor aireación durante 4 semanas ayudando al desterronado, homogenización, disminución de

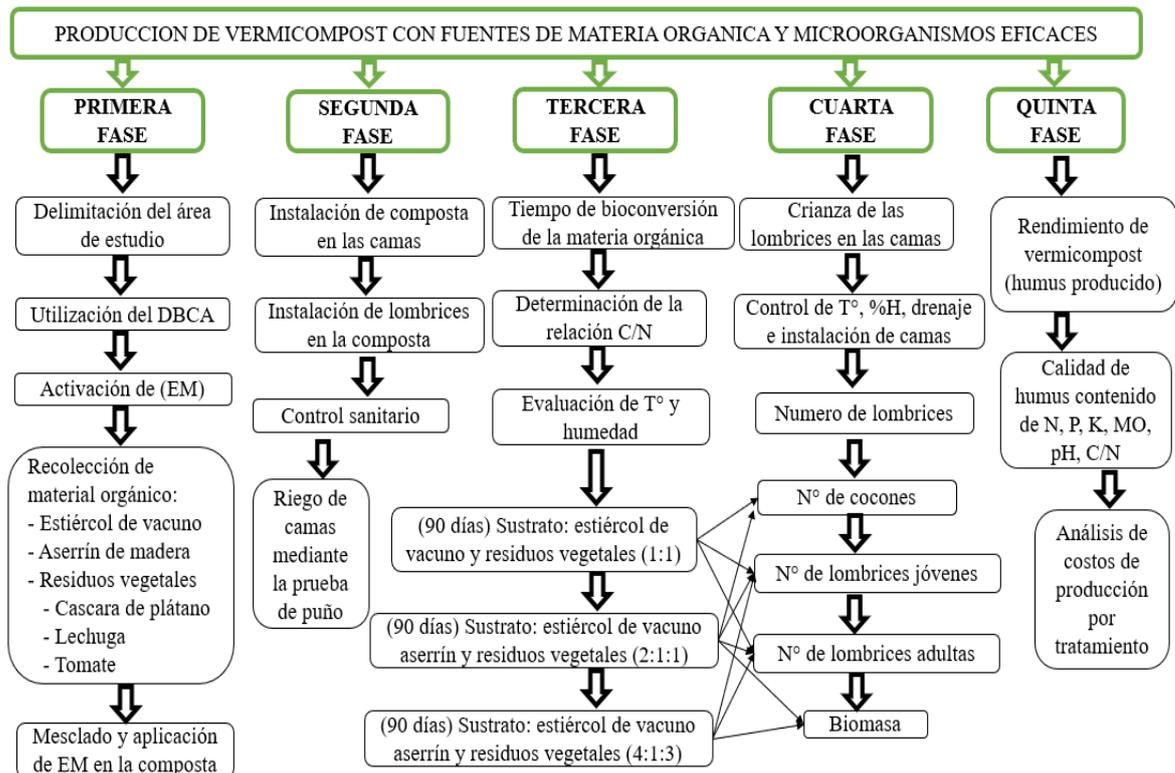


temperatura y pH. Los sustratos se instalaron en las camas seguidamente la instalación de lombrices, con un control sanitario y riego de las camas mediante la prueba de puño.

**Tercera Fase:** Se realizó la evaluación de tiempo de bioconversión de los sustratos, dándose el caso de la incorporación de más alimento para las lombrices, las muestras de materia orgánica Estiércol de vacuno, Aserrín de madera, Residuos vegetales, Cascara de plátano, Lechuga y Tomate, fueron llevados a laboratorio para poder determinar la relación C/N, se determinó el tiempo de descomposición de los diferentes materiales mediante T° y humedad. Conjuntamente se aclimataron a las lombrices, se realizó la comprobación del alimento y se procedió a la siembra de lombrices.

**Cuarta Fase:** Se procedió a la toma de datos como: temperatura, humedad, pH. Asimismo, se cuantificó la reproducción, cocones, juveniles, adultas y peso de lombrices.

**Quinta Fase:** Se realizó la cosecha y cuantificación del humus producido de los diferentes tratamientos, una pequeña cantidad (500 gramos) se llevó al laboratorio para poder determinar la calidad de éste. Por último, se evaluó los costos de producción por tratamiento.



**Figura 15.** Fases de la producción de vermicompost con fuentes de materia orgánica y microorganismos eficientes de los lechos en el invernadero.

### 3.7.1. Preparación del terreno

La preparación del terreno se inició con la limpieza del campo experimental, eliminando basura y rastrojos. Posteriormente, se realizó la construcción del invernadero evitando ratones u otra amenaza que pudieran afectar el normal desarrollo del trabajo experimental, constatando que no hubo ninguna amenaza al ser un ambiente controlado.

### 3.7.2. Preparación de las camas de vermicompostaje

Las camas de vermicompost tuvieron las siguientes dimensiones cada una de las camas tuvo forma cúbica con una altura de 0,6 m, área 2.5 m. En la base se instaló sistema de filtrado para el lixiviado del humus de lombriz, colocando malla de polisombra doble, descubierto en la parte superior, con una tapa de plástico azul/negro evitando el contacto de la luz del sol. Finalmente se colocó 80 kg de sustrato composteado en cada una de las



unidades experimentales (aprox. 5 a 8 cm. de altura) y se procedió a colocar su letrero de identificación respectivo en cada unidad experimental y el termohigrómetro en la parte central del campo experimental.

### **3.7.3. Activación de microorganismos eficientes (EM)**

Para la activación de microorganismos eficientes (EM), se calentó el agua en una olla con 18 litros de agua a unos 35 - 40 °C/20 min, dejándolo enfriar por 30 min. Seguidamente se incorporó 1 kg de melaza (previamente expuesta al sol para su fácil dilución), 1 litro de EM-1 y 18 litros de agua en un embase de 20 litros hermetico manteniéndolo por 30 días.

#### Observaciones

- Se destapo el embase hermetico cada 4 dias para evitar la fermentación.
- El producto al final de los 30 días fue de un olor agridulce.
- El EM Activado se conservo en un lugar fresco y oscuro a temperatura ambiente.
- El EM Activado se utilizo antes de los 60 días.

### **3.7.4. Preparación de sustratos**

La materia orgánica seleccionada fue picada y mezclada homogénicamente en los silos. Estiércol vacuno: Se obtuvo en corrales de productores pecuarios del distrito de Cabanilla. Aserrín de madera: Se obtuvo en acerraderos previamente tamizado en la ciudad de Juliaca. Residuos vegetales: Se obtuvo de mercados de la ciudad de Juliaca como: cascaras de plátano (50 %), tomate (20 %) y lechuga (30 %). Los sustratos se muestran en la siguiente tabla.



**Tabla 4.** Proporción de los sustratos

N°	Composicion del Sustrato	Porcentaje	Proporción
1	EV + AM + RV	50 % + 25 % + 25 %	(2:1:1)
2	EV + AM + RV	50 % + 12.5 % + 37.5 %	(4:1:3)
3	EV + RV	50 % + 50 %	(1:1)

Fuente: Elaboracion propia

Observación:

- EV: Estiércol vacuno
- AM: Aserrín de madera
- RV: Residuos vegetales: cascara de plátano (50 %), tomate (20 %) y lechuga (30 %)

### 3.7.5. Riego al compost

Los microorganismos eficaces activados se aplicaron a los sustratos (Estiércol vacuno, Aserrín de madera y Residuos vegetales). cada 20 cm de altura del silo, para cada tratamiento con la aplicación de 5.00 % y 7.50 % de microorganismos eficientes.

### 3.7.6. Pre compostaje

Una vez mesclado y regado los sustratos con microorganismos eficaces activados, con una pala se paso de un silo a otro, mejorando la aireación durante 4 semanas ayudando al desterronado, homogenización, disminución de temperatura, olores y pH. Eliminando microorganismos que amenacen la sanidad de las lombrices.

### 3.7.8. Recoleccion de lombrices

La lombriz (*Eisenia foetida*), no se realizó ninguna recolección ya que se procedió a la adquisición de medio núcleo de lombrices de la Universidad Nacional del Altiplano, Facultad De Ciencias Agrarias, Escuela Profesional De Ingenieria Agronómica con la cantidad de 5 kg, obteniendo asi un pie de cria.



### **3.7.9. Adaptación de la muestra recolectada (prueba de supervivencia)**

El sustrato al ser composteado se observa el tiempo de adaptación, observado su baja temperatura, color, uniformidad, siendo de agrado para lombrices. Probando 50 gr. De sustrato composteado.

### **3.7.10. Colocado de lombrices y manejo**

En cada una de las unidades experimentales se colocó 50 kg de sustrato, previo a la instalación de 2.5 kg de lombrices juveniles y adultas / en cada cama de 2.5 m<sup>2</sup> se constató que la humedad del compost estuvo entre los rangos adecuados de 70% a 80% (mediante la prueba de puño).

### **3.7.11. Manejo de humedad y temperatura y control sanitario del vermicompost**

Para asegurar la humedad del sustrato se procedio con riegos ligeros pero frecuentes, previa evaluación de la humedad por la prueba de puño. Realizado con una manguera acoplado a una pistola multichorro y manualmente con un valde con agua.

En el caso de la temperatura utilizamos un termómetro de máximas y mínimas, tomando acciones conforme a los resultados (serrando las ventajas del invernadero o abriéndolas).

En el control sanitario se realizó durante cada riego y durante la duración del experimento no se observó a ninguna amenaza para las lombrices.



### **3.7.12. Incorporacion de sustrato**

Se incorporo en sustrato cada semana puesto que incorporar todo el sustrato a la vez generaria malos olores y que al tener mucha comida por parte de las lombrices no llegaría a vermicompostear homogenicamente.

### **3.7.13. Recolección de lombrices y vermicompost**

Para la separación de la lombriz con el vermicompost se realizó con la incorporación de sacos de malla de plástico colocando una capa de 5 cm con composta fresca, en la parte superior del vermicompost, de esta manera las lombrices hambrientas colonizaron el nuevo sustrato retirándolo a los 2 días, repitiendo este sistema 3 veces, sistema conocido como lomo de toro.

Luego se extrajo el vermicompost de la cama a un lugar expuesto a la luz solar formando un monton, cada dos horas separamos la parte externa del montón, haciendo que todas las lombrices, vayan al centro del montón del vermicompost.

### **3.7.14. Secado del vermicompost**

Luego de separar las lombrices del vermicompost se llevo a un lugar con sombra, cada 4 horas se realizo el volteo con un rastrillo para un secado homogenio, realizandose durante 3 dias, hasta estar desmenuzado, con una humedad aproximada del 25 a 30 %.

### **3.7.15. Tamizado del vermicompost**

Luego del secado y desmenuzado del vermicompóst, se realizo el tamizado con un diámetro de 2mm.



### **3.7.16. Pesado del vermicompost**

El vermicompost ya tamizado, se introdujo en sacos de plástico para su pesado.

### **3.7.17. Almacenado del vermicompost**

El vermicompost ya embolsado, se llevo a un almacen sin contacto con el sol.

## **3.8. EVALUACIONES REALIZADAS**

La metodología y el procedimiento que se empleó para medir y evaluar las variables de respuesta en el trabajo de investigación fueron los siguientes:

### **3.8.1. Elaboración de proliferación de lombrices roja californianas**

Se realizó en dos etapas diferentes cuyas actividades se describen a continuación:

#### **- Etapa de campo**

#### **a) Cápsulas a la cosecha (N° de capsulas (cocos)/kg).**

Para determinar el número de cápsulas se tomo unas cinco muestras de 1000 gr de contenido de cada lecho (cama); posteriormente se extrajeron solo las cápsulas y se contaron una a una para luego realizar la relación con el peso del material existente en cada lecho determinando el número de cápsulas de cada unidad experimental.

#### **b) Población de cosecha mediante conteo (N° de lombrices juveniles/kg).**

Para el conteo de las lombrices se tomo unas cinco muestras de 1000 gr de contenido de cada lecho (cama); posteriormente se contaron lombrices que hay en cada grupo para luego hacer una relación matemática y conocer un dato aproximado del número de lombrices por kg.



### **c) Población de cosecha mediante conteo (N° de lombrices adultas/kg).**

Para el conteo de las lombrices se tomo unas cinco muestras de 1000 gr de contenido de cada lecho (cama); se tomo en cuenta que las lombrices adultas poseen el clitelio que es un claro abultamiento glandular ubicado en la parte anterior del cuerpo y que aparece sólo en las lombrices adultas y representa la madurez sexual para luego hacer una relación matemática y conocer un dato aproximado del número de lombrices por kg.

### **e) Determinación de la producción (kg de vermicompost/kg de sustrato)**

La determinación de la producción fue realizada mediante una relación entre el pesado final de vermicompost producido en cada unidad experimental contra el total de sustrato adisionado al inicio del proyecto con un total de 1,500.00 kg de sustrato.

#### **- Etapa final de gabinete**

Al contar con el N° de capsulas, N° de lombrices jóvenes y N° de lombrices adultas y biomasa por unidad experimental se realizo las comparaciones de cada unidad experimental viendo la diferencia de cada uno de ellos.

### **3.8.2. Elaboración de tiempo de bioconversión**

Para la realización del presente estudio, se realizó en dos etapas diferentes cuyas actividades se describen a continuación:

#### **- Etapa de campo**

Para determinar el tiempo de bioconversión se realizó mediante una inspección visual, tomando en cuenta las deyecciones de aspecto granular y coloración marrón oscura que presentó cada unidad experimental. (Sanchez, 2018)



- **Etapa final de gabinete**

Al contar con el tiempo de bioconversión de de los sustratos por unidad experimental se realizo las comparaciones de los tratamientos viendo la diferencia de cada uno de ellos.

**3.8.3. Elaboracion de características de vermicompost**

Para la realización del presente estudio, se realizó en cuatro etapas diferentes cuyas actividades se describen a continuación:

- **Etapa preliminar de campo**

Las muestras para estudio se tubo que extraer las lombrices del vermicompost, seguidamente secado, desmenuzado, tamizo en 2 mm y se introdujo en sacos de plástico para su pesado esto se realizo por cada unidad experimental.

- **Etapa de campo**

Para determinar la composicion química del vermicompost se tomaron cuatro muestras por cada unidad experimental, homogenisandolas y obteniendo solo una muestra. Siendo llevadas al laboratorio.

- **Etapa de laboratorio**

Las variables que se analizaron fueron el pH, la conductividad eléctrica CE (dS/m), materia orgánica - MO (%), nitrógeno (%), fósforo (ppm), potasio (ppm) y capacidad de intercambio catiónico–CIC-(meq/100g.), relación C/N. Estas variables fueron determinadas a las 90 días de iniciado el proyecto por el laboratorio. Anexo 03.



#### - **Etapa final de gabinete**

Al contar con el análisis de de los sustratos por unidad experimental se realizo las comparaciones de los tratamientos viendo la diferencia de cada uno de ellos.

### **3.8.4. Elaboración de análisis economico**

Este análisis comprendio los costos de producción por kg/m<sup>3</sup> por cada unidad experimental, el valor bruto de la producción el cual se calculo de acuerdo al rendimiento comercial y al precio de vermicompost, luego se determino el índice de rentabilidad, cuyas actividades se describen a continuación:

#### **3.8.4.1. Costos de producción**

Se determinó los costos de producción por cada tratamiento en estudio con lo siguiente:

#### **COSTOS VARIABLES:**

- Preparacion del terreno (alquiler del invernadero)
- Preparacion de las camas de vermicompostaje (distribucion DBCA)
- Activacion de microorganismos eficientes (EM)
- Preparación de sustratos
- Riego al compost
- Pre compostaje
- Incorporación de sustrato a los lechos
- Incorporación de lombrices a los lechos con sustrato
- Incorporación de sustrato cada cierto tiempo.
- Aplicación de agua, mediante la prueba de puño



- Control sanitario del vermicompost
- Aplicación de trampas de lombrices
- Recoleccion de lombrices
- Recolección de vermicompost
- Secado del vermicompost
- Tamizado del vermicompost
- Pesado del vermicompost
- Emboldo del vermicompost
- Almacenado del vermicompost

#### **COSTOS FIJOS:**

- Análisis de los sustratos
- Análisis de vermicompost
- Gastos administrativos

#### **3.8.4.2. Relación beneficio / costos (B/C)**

Para la relación de beneficio / costo, se consideró lo siguientes:

- Rendimiento de producción (kg/m<sup>3</sup>)
- Costo total de producción (S/.)
- Precio de venta (S/.)
- Ingreso Bruto o ingreso total (S/.)
- Ingreso Neto (S/.)
- Rentabilidad (%)

Se estimó la relación beneficio / costo a través de la siguiente ecuación matemática:



$$B/C = \frac{\text{INGRESO BRUTO (IB)}}{\text{COSTO TOTAL (CT)}}$$

COSTO TOTAL (CT)

Donde:

- B/C = Beneficio/costo
- IB = Ingreso bruto o ingreso total
- CT = Costo total de producción

#### 3.8.4.1. Rentabilidad económica

Se consideró el rendimiento económico de la inversión. La rentabilidad económica se estimará a base de la siguiente ecuación matemática:

$$RE = \frac{\text{INGRESO NETO (IN)}}{\text{COSTO TOTAL (CT)}} \times 100$$

COSTO TOTAL (CT)

Donde:

- RE = Rentabilidad económica
- IN = Ingreso neto
- CT = Costo total de producción



## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. OBJETIVO 01

La determinación de la proliferación de lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*) a la aplicación de diferentes fuentes de materia orgánica y microorganismos eficaces en condiciones de invernadero, estos resultados se muestran a continuación:

##### 4.1.1. Numero de cocones

El análisis de varianza para el número de cocones por efecto fuentes de materia orgánica y microorganismos eficaces en condiciones de invernadero (Tabla 5), no existe diferencia estadística significativa, esto nos indica el número de cocones por cada 1 kilogramo de sustrato conducido, fueron uniformes y con las mismas características climáticas. En los niveles de aplicación de EM donde se observa que no existe una diferencia estadística entre EM, explicando que el número de cocones, entre los niveles de EM no hay diferencia, lo cual nos da a entender que los niveles de adición de EM que se aplicaron no influyeron en el número de cocones de las camas.

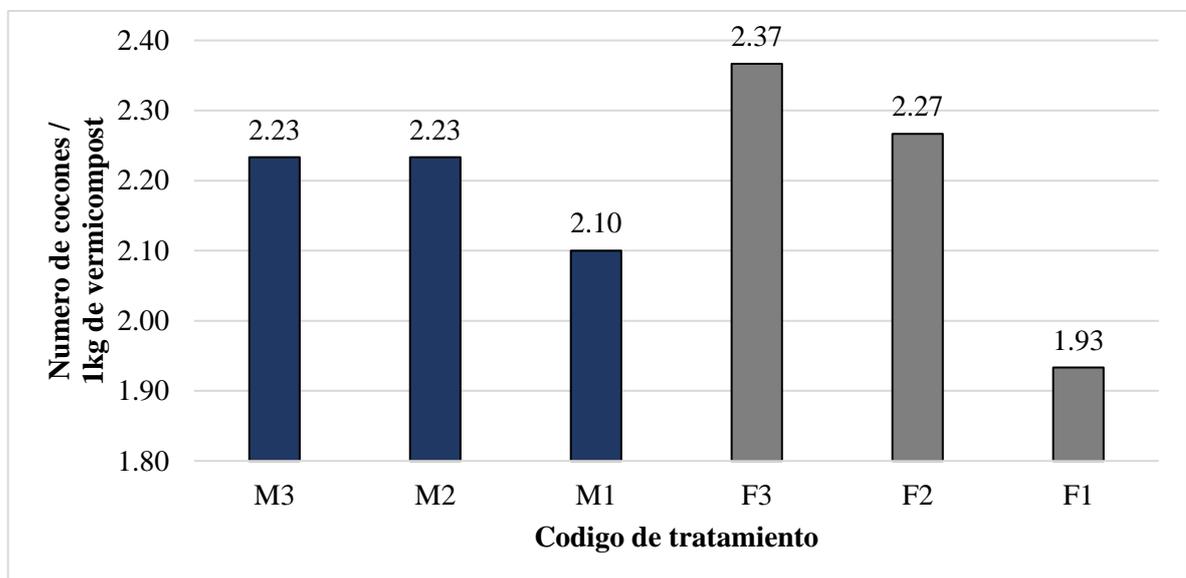
Entre las proporciones de los sustratos, no se encontró diferencia estadística, indicando que el contenido de sustratos en estudio no fue diferente, lo cual nos da a entender que las proporciones que se aplicaron no influyen en el número de cocones de las camas. Asimismo, no se encontró diferencia estadística en la interacción del EM por sustratos, lo cual explica que estos factores actúan de forma independiente sobre el número de cocones en las camas. El coeficiente de variabilidad es de 38.77% y cuadrado media 2.19.

**Tabla 5.** Análisis de variancia para el numero de cocones/1kg de vermicompost

Fuente	Grados de libertad	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Ft		Pr > F	SIG
					0.05	0.01		
EM	2	0.36	0.19	0.26	4.26	8.02	0.77	Ns
SUSTRATO	2	3.09	0.53	0.72	4.26	8.02	0.49	Ns
EM*SUSTRATO	4	0.04	0.88	1.19	3.63	6.42	0.32	Ns
REP*TRAT	9	4.70	0.52	0.70	3.63	6.42	0.71	Ns
Error	72	53.60						
Total, corregido	89	61.79						

C.V.= 39.41 % Media = 2.19

Como no hubo diferencias estadísticas en la aplicación de EM y proporción de sustratos sobre el numero de cocones, se ha realizado un gráfico con el fin de conocer las diferencias numéricas entre los tratamientos y comparar entre la aplicacion de EM y proporción de sustratos (Figura 16), en donde se observa que el tratamiento F3, obtuvo mayor numero de cocones/ 1kg de vermicompost, 2.37 cocones seguido de F2, M3, M2, M1 y F1 con 2.27, 2.23, 2.33, 2.10 y 1.93 respectivamente.



**Figura 16.** Numero de cocones/ 1 kg de vermicompost

Los resultados del numero de cocones/ 1 kg de vermicompost cuenta con mayor numero de cocones debido a las condiciones ideales durante todo el proceso. Se acoplan regularmente en promedio cada 7 días depositando cada una de ellas una cápsula o cocón



que puede albergar hasta 9 lombrices; con un promedio de 2 a 4 lombricitas/cocón (Sánchez, 2003).

Pineda (2006), manifiesta que las lombrices son animales invertebrados del tipo anélidos, o sea, gusanos segmentados son hermafroditas muy prolíficas; pero no se auto fecundan, por tanto es necesaria la cópula, la cual ocurre cada 7 -10 días luego cada individuo depositan sus huevos protegidos en una cápsula llamada cocón cada 10 días (huevo en forma de pera de color amarillento, de unos 2mm la cópula produce 2 cocones de la cual emergen hasta un máximo de 9 nuevas lombrices (promedio 2-4 lombricitas/cocón).

#### **4.1.2. Numero de lombrices juveniles**

El análisis de varianza para el numero de lombrices juveniles por efecto fuentes de materia organica y microorganismos eficaces en condiciones de invernadero (Tabla 6), se encontró que el numero de lombrices juveniles, existe una diferencia estadística altamente significativa, esto nos indica el numero de lombrices juveniles por cada kilogramo sustrato en los bloques conducido, fueron uniformes y con las mismas características climaticas.

En los niveles de aplicación de EM se observa que no existe una diferencia estadística entre EM, explicando que el numero de lombrices juveniles, entre los niveles de EM no hay diferencia, lo cual nos da a entender que los niveles de adición de EM que se aplicaron no influyeron en el numero de lombrices juveniles de las camas.

Entre las proporciones de los sustratos, se encontró diferencia estadística altamente significativa, indicando que el contenido de sustratos en estudio fue diferente, lo cual nos da a entender que las proporciones que se aplicaron influyen en el numero de lombrices juveniles.

**Tabla 6.** Análisis de variancia para el numero de lombrices juveniles/1kg de vermicompost

Fuente	Grados de libertad	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Ft		Pr > F	SIG
					0.05	0.01		
EM	2	3.49	1.74	1.55	4.26	8.02	0.22	Ns
SUSTRATO	2	27.82	13.91	13.91	4.26	8.02	<.001	**
EM*SUSTRATO	4	0.11	0.03	0.02	3.63	6.42	0.99	Ns
REP*TRAT	9	3.70	0.41	0.36	3.63	6.42	0.95	Ns
Error	72	81.20						
Total, corregido	89	61.79						

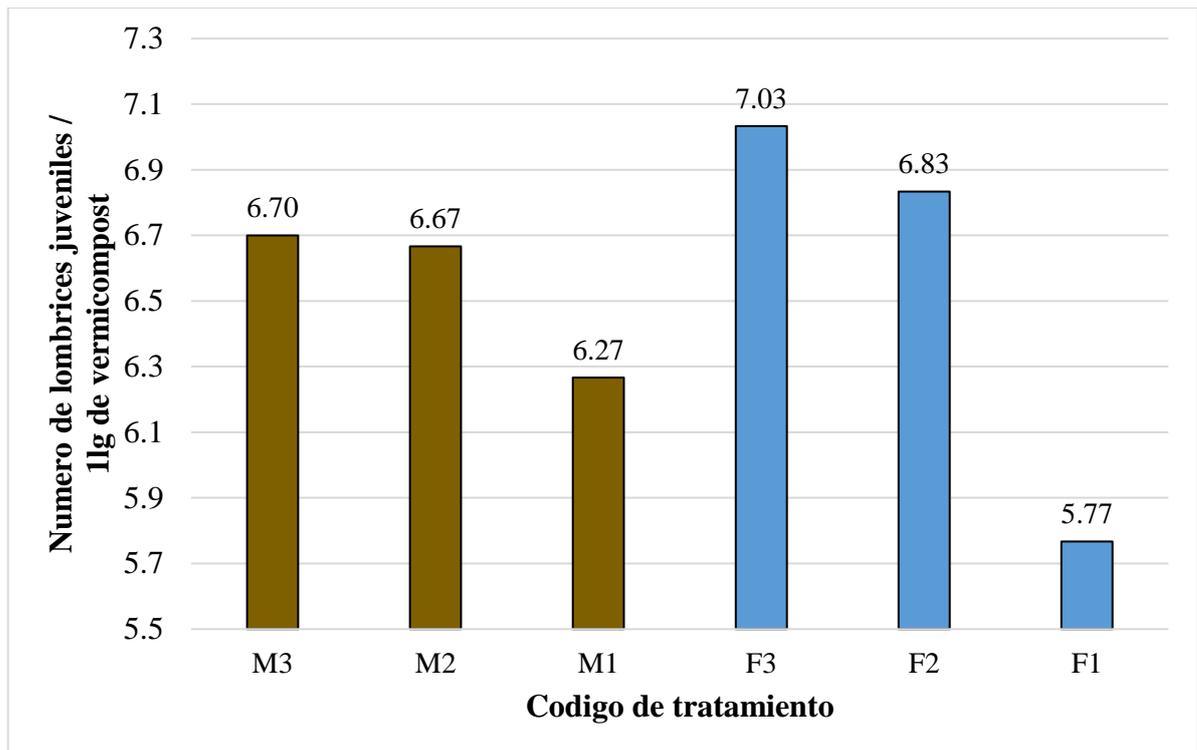
CV = 16.23 %      Media = 6.54

La prueba de significancia Tukey ( $P \leq 0.05$ ), el cual se muestra en la tabla 7, para el promedio de lombrices juveniles/ 1 kg de vermicompost, influida por el tipo de sustrato; en la cual se puede apreciar, que el numero mayores lombrices juveniles 7.03 fue con el sustrato EV (50.00 %) + RV (50.00 %); seguido, por el sustrato (EV (50.00 %) + AM (12.50 %) + RV (37.50 %)) con 6.83 lombrices juveniles. El menor numero de lombrices fue de 5.77 que corresponde al sustrato, EV (50.00 %) + AM (25.00 %) + RV (25.00 %).

**Tabla 7.** Prueba de significancia de tukey ( $P \leq 0.05$ ) en proporciones de sustratos para el numero de lombrices juveniles.

Orden de merito	Sustratos	Media	$P \leq 0.05$
1	F3 (EV (50.00 %) + RV (50.00 %))	7.03	A
2	F2 (EV (50.00 %) + AM (12.50 %) + RV (37.50 %))	6.83	A
3	F1 (EV (50.00 %) + AM (25.00 %) + RV (25.00 %))	5.77	B

Como no hubo diferencias estadísticas en la aplicación de EM, pero si en la proporción de sustratos sobre el numero de lombrices juveniles, se ha realizado un gráfico con el fin de conocer las diferencias numéricas entre los tratamientos y comparar entre la aplicacion de EM y proporción de sustratos (Figura 17), en donde se observa que el sustrato F3, obtuvo mayor numero de lombrices juveniles 7.03 promedio, seguido de F2, M3, M2, M1 con 6.83, 6.70, 6.67 y 6.27 respectivamente. En último lugar se ubica el F1 con 5.77 de contenido de lombrices juveniles.



**Figura 17.** Numero de lombrices juveniles/1 kg de vermicompost

Los resultados del numero de lombrices juveniles es debido a las condiciones ideales durante todo el proceso, respaldado por Pineda (2006), que menciona que después de un periodo de incubación de 14 a 23 días, al nacer las lombrices son blancas, transcurridos 5 o 6 días se ponen rosadas. El tránsito pre madurez-madurez ocurre cuando adquieren un peso de 0.240 gramos (2.5-3 cm).

Carrión, (1991). Determinó que la mezcla de sustrato: estiércol de vaca más cascarilla de cacao más panca de maíz más hojas de bambú resulto significativo en los parámetros de número de capullos y lombrices.

#### **4.1.3. Numero de lombrices adultas**

El análisis de varianza para el numero de lombrices adultas por efecto fuentes de materia organica y microorganismos eficaces en condiciones de invernadero (Tabla 8), se encontró que el numero de lombrices adultas, por encontrarte en un invernadero no existe una diferencia estadística significativa, esto nos indica el numero de lombrices

adultas por cada kilogramo de sustrato, fueron uniformes y con las mismas características climáticas.

En los niveles de aplicación de EM se observa que no existe una diferencia estadística entre EM, explicando que el número de lombrices juveniles, entre los niveles de EM no hay diferencia, lo cual nos da a entender que los niveles de adición de EM que se aplicaron no influyeron en el número de lombrices juveniles de las camas.

Entre las proporciones de los sustratos, se encontró diferencia estadística altamente significativa, indicando que el contenido de sustratos en estudio fue diferente, lo cual nos da a entender que las proporciones que se aplicaron influyen en el número de lombrices juveniles. Asimismo, no se encontró diferencia estadística en la interacción del EM por sustratos, lo cual explica que estos factores actúan de forma independiente sobre el número de lombrices adultas en las camas. El coeficiente de variabilidad es de 29.86 % y cuadrado media 2.12

**Tabla 8.** Análisis de variancia para el número de lombrices adultas con valor angular

Fuente	Grados de libertad	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Ft		Pr > F	SIG
					0.05	0.01		
EM	2	2.96	1.48	3.80	4.26	8.02	0.03	Ns
SUSTRATO	2	5.42	2.71	6.97	4.26	8.02	0.00	*
EM*SUSTRATO	4	0.38	0.09	0.24	3.63	6.42	0.91	Ns
REP*TRAT	9	4.90	0.54	1.40	3.63	6.42	0.20	Ns
Error	72	28.00						
Total, corregido	89	41.66						

CV = 29.38 %      Media = 2.12

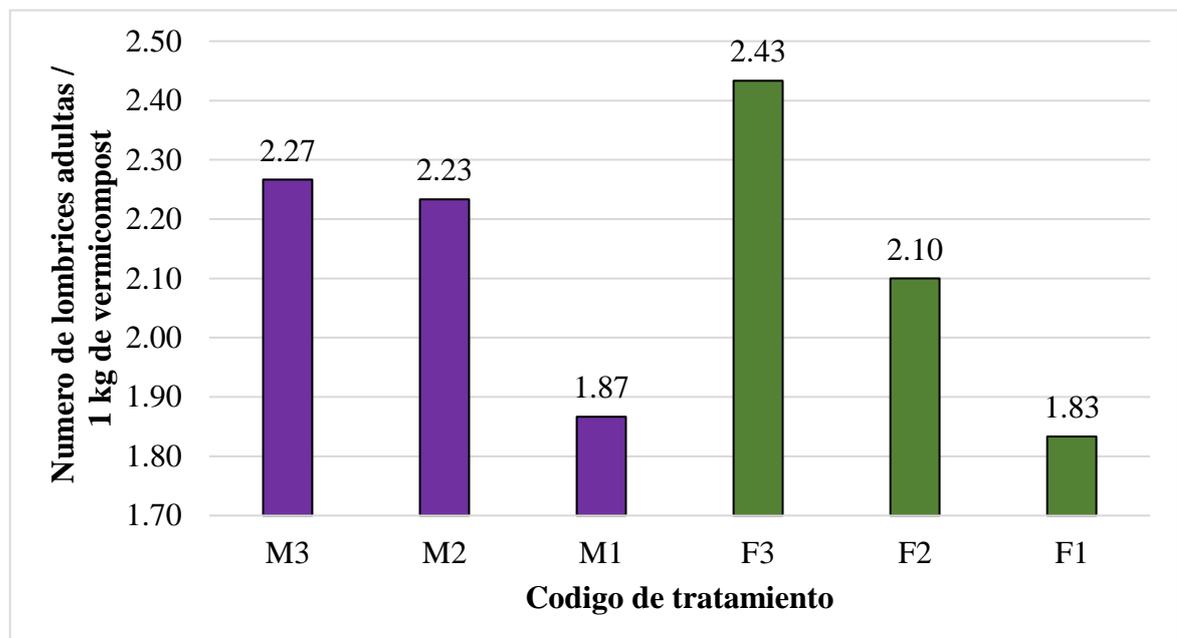
La prueba de significancia Tukey ( $P \leq 0.05$ ), el cual se muestra en la tabla 9, para el promedio de lombrices adultas/ 1 kg de vermicompost, influida por el tipo de sustrato; en la cual se puede apreciar, que el número mayores lombrices juveniles 2.43 fue con el sustrato EV (50.00 %) + RV (50.00 %); seguido, por el sustrato (EV (50.00 %) + AM

(12.50 %) + RV (37.50 %)) con 2.10 lombrices adultas. El menor numero de lombrices fue de 1.83 que corresponde al sustrato, EV (50.00 %) + AM (25.00 %) + RV (25.00 %).

**Tabla 9.** Prueba de significancia de tukey ( $P \leq 0.05$ ) en proporciones de sustratos para el numero de lombrices adultas.

Orden de merito	Sustratos	Media	$P \leq 0.05$
1	F3 (EV (50.00 %) + RV (50.00 %))	2.43	A
2	F2 (EV (50.00 %) + AM (12.50 %) + RV (37.50 %))	2.10	A B
3	F1 (EV (50.00 %) + AM (25.00 %) + RV (25.00 %))	1.83	B

Como no hubo diferencias estadísticas en la aplicación de EM, pero si en la proporción de sustratos sobre el numero de lombrices adultas, se ha realizado un gráfico con el fin de conocer las diferencias numéricas entre los tratamientos y comparar entre la aplicacion de EM y proporción de sustratos (Figura 18), en donde se observa que el sustrato F3, obtuvo mayor numero de lombrices adultas 2.43 promedio, seguido de M3, M2, F2, M1 con 2.2667, 2.233, 2.100 y 1.866 respectivamente. En último lugar se ubica el F1 con 1.83 de contenido de lombrices adultas.



**Figura 18.** Numero de lombrices adultas/ 1 kg de vermicompost



Los resultados del numero de lombrices adultas/ 1 kg de vermicompost cuenta con mayor numero de lombrices adultas debido a las condiciones ideales durante todo el proceso, respaldado por Pineda 2006, Al nacer las lombrices son blancas, transcurridos 5 o 6 días se ponen rosadas y a los 120 días ya se parecen a las adultas siendo de color rojizo y estando en condiciones de aparearse.

El tránsito pre madurez-madurez ocurre cuando adquieren un peso de 0.240 gramos (2.5-3 cm). Estas nuevas lombrices alcanzarán su madurez sexual a los dos meses de edad y se reproducirán cada 7 días durante toda su vida (máxima: 4,5 años en condiciones de laboratorio y poco más de 1 año en campo). Estas recién nacidas alcanzan la madurez sexual luego de 6 a las 10 semanas.

## **4.2. OBJETIVO 02**

La determinación del tiempo de bioconversión de la materia organica a vermicompost de lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*) a la aplicación de diferentes fuentes de materia organica y microorganismos eficaces en condiciones de invernadero, estos resultados se muestran a continuación:

### **4.2.1. Compostaje**

El número de días en el compostaje se tomo en cuenta con la prueba de adaptación, viendo que el compost, sea de agrado para las lombrices, tomando en cuenta la reducción de la temperatura observado durante el proceso de pre-descomposición cambio de apariencia física (color y estructura) de los sustratos. con volteos cada dos días, para que no existan plagas u olores molestos en las mismas camas (lechos).

En el análisis de varianza para el tiempo del compostaje, por efecto fuentes de materia organica y microorganismos eficaces en condiciones de invernadero (Tabla. 10),

en donde se encontró los bloques, no existe diferencia estadística significativa, esto nos indica que las características del climáticas fueron uniformes en el tiempo de compostaje.

En la aplicación de EM donde se observa que existe una diferencia estadística altamente significativa entre la aplicación de EM, explicando que el tiempo de compostaje, entre los niveles de aplicación de EM fueron diferentes, lo cual nos da a entender que los niveles de aplicación de EM que se aplicaron influyeron de manera diferente en el tiempo de compostaje.

Entre los tipos de sustratos, hubo diferencia estadística altamente significativa, indicando que el tiempo de compostaje con los tipos de sustratos en estudio fueron diferentes, lo cual nos da a entender que los tipos de sustratos que se aplicaron influyeron de manera diferente en el tiempo de vermicompost.

Asimismo, no se encontró diferencia estadística en la interacción de la Aplicación de EM y tipos de sustratos, lo cual explica que estos factores actúan de forma independiente sobre el tiempo de compostaje. El coeficiente de variabilidad es de 4.53 %, indica que el experimento ha sido conducido con una calificación buena comparado con experimentos convencionales.

**Tabla 10.** Análisis de variancia de tiempo de compostaje (días), por efecto diferentes fuentes de materia organica y microorganismos eficaces.

Fuente	Grados de libertad	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Ft		Pr > F	SIG
					0.05	0.01		
EM	2	461.44	230.72	55.37	4.26	8.02	<.0001	**
SUSTRATO	2	752.44	376.22	90.29	4.26	8.02	<.0001	**
EM*SUSTRATO	4	35.56	8.89	2.13	3.63	6.42	0.1587	Ns
Error	9	37.50	4.17					
Total, corregido	17	1286.94						
CV = 4.53 %		Media = 45.06						

La prueba de significancia Tukey ( $P \leq 0.05$ ), el cual se muestra en la tabla 11, para el promedio del tiempo de compostaje, influida por la aplicación de EM; en la cual se puede apreciar, que el menor tiempo fue 39.67 días con la aplicando 7.50 % de EM; seguido, por la aplicación de 5.00 % de EM con un tiempo de 43.667 días. El mayor tiempo de compostaje fue de 51.833 que corresponde a la aplicación de 0.00 % de EM.

**Tabla 11.** Prueba de significancia de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) en la aplicación de EM para el tiempo de compostaje en la producción de vermicompost.

Orden de merito	Aplicación de microorganismos eficientes (EM)	Tiempo de compostaje (días)	$P \leq 0.05$
1	M1 (0.00 % de EM)	51.83	A
2	M2 (5.00 % de EM)	43.67	B
3	M3 (7.50 % de EM)	39.67	C

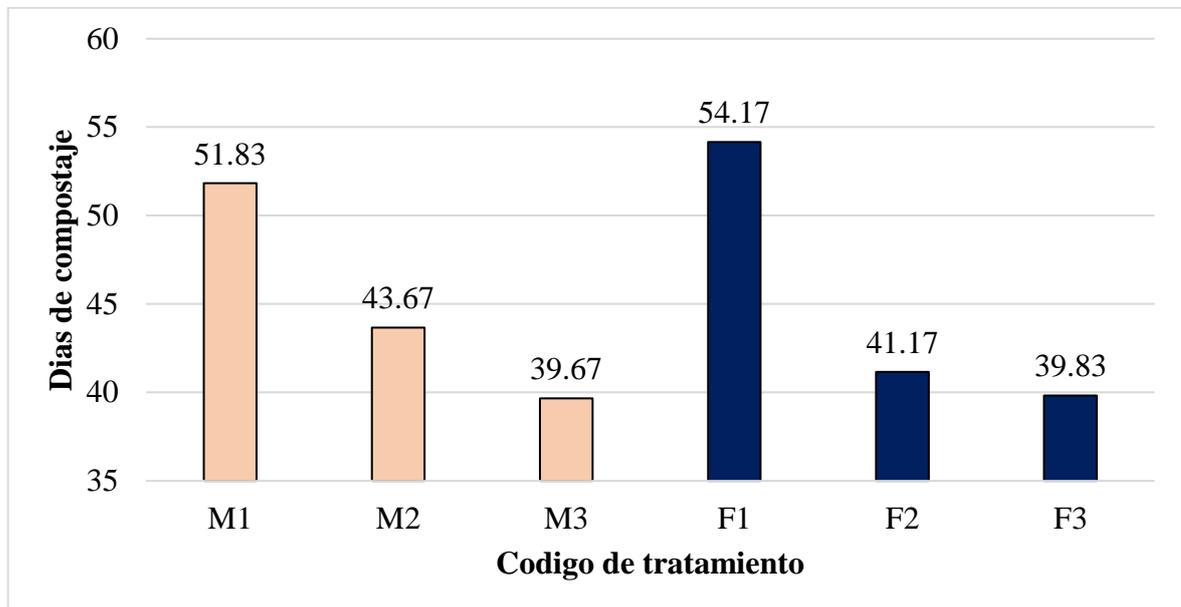
La prueba de significancia Tukey ( $P \leq 0.05$ ), el cual se muestra en la tabla 12, para el promedio de días de compostaje, influida por el tipo de sustrato; en la cual se puede apreciar, que el menor tiempo 39.833 días con el sustrato (EV (50.00 %) + AM (25.00 %) + RV (25.00 %)); seguido, por el sustrato (EV (50.00 %) + AM (12.50 %) + RV (37.50 %)) con 41.17 días. El mayor tiempo fue de 54.17 días que corresponde al sustrato, (EV (50.00 %) + RV (50.00 %)).

**Tabla 12.** Prueba de significancia de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) en la aplicación de EM en el rendimiento de vermicompost

Orden de merito	Sustratos	Media	$P \leq 0.05$
1	F1 (EV (50.00 %) + AM (25.00 %) + RV (25.00 %))	54.17	A
2	F2 (EV (50.00 %) + AM (12.50 %) + RV (37.50 %))	41.17	B
3	F3 (EV (50.00 %) + RV (50.00 %))	39.83	B

Como hubo diferencias estadísticas en la aplicación de EM y sustrato por los días compostaje, se realizado un gráfico con el fin de conocer las diferencias numéricas entre los tratamientos y comparar entre la aplicación de EM y sustrato (Figura 19), en donde se observa que M3 consiguio menor tiempo con 39.667 días seguido de F3, F2, M2, M1 con

39.833, 41.167, 43.667 días respectivamente. En ultimo lugar se ubico y F1 con 54.167 días.



**Figura 19.** Días de compostaje con la aplicación de EM y tipos de sustrato

Para llegar a estos resultados los sustratos utilizados para la alimentación de la lombriz fueron sometidos a días de descomposición con volteos cada 2 días hasta que posea un color uniforme además se observaron que las temperaturas sean constantes, para que la lombriz pueda alimentarse y para que no existan plagas u olores molestos en los mismos lechos.

Se pudo realizar un control de temperatura y humedad para que no se produzca pudrición. Mostrando que la aplicación de EM en la composta acelera el proceso de degradación. Siendo respaldado por Quintero (2014), que menciona que el composteo es un proceso de descomposicion biológica de la materia organica contenida en los residuos organicos en condiciones controladas. Las bacterias actuantes son termofílicas, desarrollandose el proceso a temperaturas comprendidas entre 50 a 70 °C lo que produce la eliminación de los gérmenes patógenos y la inocuidad del producto.



El estiércol de ganado fresco proporciona el calor que active la descomposición (Delgado, 2011). El número de días se tomó en cuenta por la reducción de la temperatura observado en el proceso de pre-descomposición que fue parecido al registro de los días al cambio de apariencia física (color y estructura) de los sustratos.

El estiércol 100% ovino tuvo una estructura uniforme al pasar 40 días hasta después de la inoculación de lombrices, al notar que la temperatura estuvo alrededor de los 19 °C el día 22 comenzó a bajar por lo que se pudo inocular antes, el 50% residuos frescos y 50% estiércol ovino tardó 24 días en poseer una estructura uniforme y 50% residuos deshidratados y 50% estiércol ovino tardo solamente 14 días en el cambio de color y estructura uniforme (Piza, 2017).

#### **4.2.2. Tiempo de bioconvercion**

El tiempo de bioconvercion es el tiempo de para la optencion de vermicompost es el resultado de alimentar a la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), con residuos animales y/o vegetales (materia organica) en proceso de descomposición, es decir predigeridos por microorganismos especializados: Bacterias y otros. (Morales, 2016).

Un parámetro importante es el color del vermicompost que varía entre el negro, café oscuro y gris, y depende del desecho usado para alimentar a las lombrices, además de no presentar olor y ser granulado; tiempo promedio de 12 semanas, ya que este es el tiempo que demora las lombrices para llegar a su estado adulto. (Mayorga y Urey, 2015).

El análisis de varianza para el rendimeinto de produccion de vermicompost (Tabla 13), en donde se encontró que para bloques el numero de repeticiones, no existe diferencia estadística significativa, esto nos indica que las características del vermicompost, en condición de invernadero, fueron uniformes y con las mismas características climaticas.

En la aplicación de EM se observa que no existe una diferencia estadística significativa mostrando que los niveles de adición de EM no influyeron en el tiempo de bioconversión, lo cual nos da a entender que los niveles de EM que se aplicaron no influyeron en el tiempo de bioconversión.

En los tipos de sustrato se observa que existe una diferencia estadística altamente significativa mostrando que los tipos de sustrato fueron diferentes, lo cual nos da a entender que los tipos de sustrato que se aplicaron influyeron de manera diferente en el tiempo de bioconversión.

Asimismo, no se encontró diferencia estadística en la interacción del EM y sustratos, lo cual explica que estos factores actúan de forma independiente sobre los días de bioconversión. El coeficiente de variabilidad es de 3.33%, indica que el experimento ha sido conducido con una calificación buena comparado con experimentos convencionales.

**Tabla 13.** Análisis de varianza del tiempo de bioconversión

Fuente	Grados de libertad	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Ft		Pr > F	SIG
					0.05	0.01		
EM	2	39.00	19.50	1.13	4.26	8.02	0.37	NS
SUSTRATO	2	324.33	162.17	9.39	4.26	8.02	0.01	**
EM*SUSTRATO	4	25.67	6.42	0.37	3.63	6.42	0.82	Ns
Error	9	155.50	17.28					
Total, corregido	17	544.50						

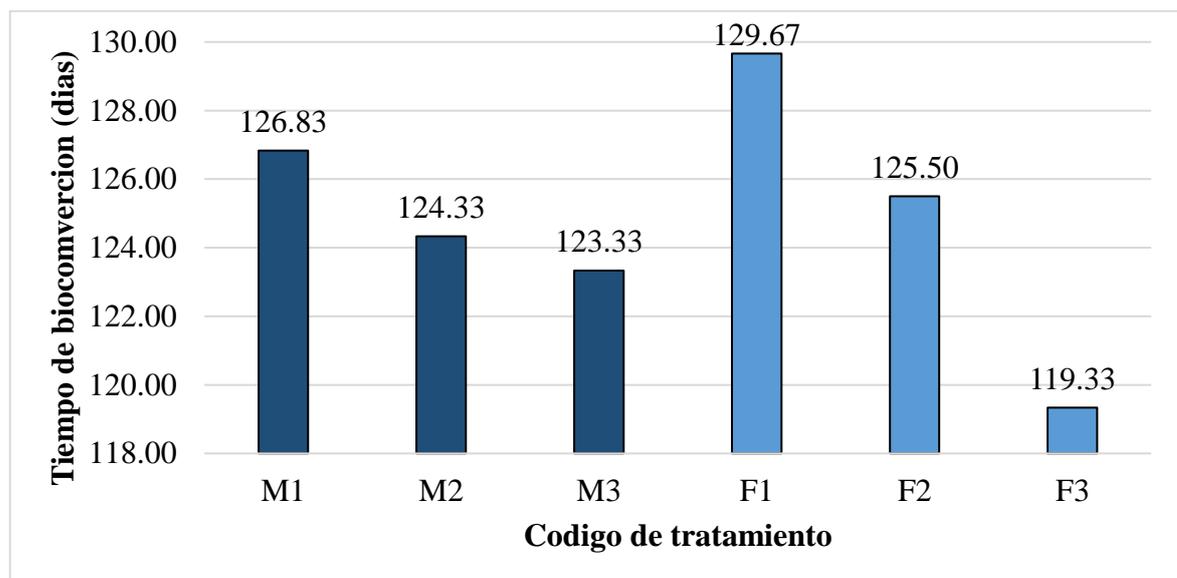
C.V.= 3.33 % Media = 4.17

La prueba de significancia Tukey ( $P \leq 0.05$ ), el cual se muestra en la tabla 14, para el promedio de bioconversión de vermicompost, influida por el tipo de sustrato; en la cual se puede apreciar, que el menor tiempo es 119.33 días con el sustrato (EV (50.00 %) + RV (50.00 %)); seguido, por el sustrato (EV (50.00 %) + AM (12.50 %) + RV (37.50 %)) con 125.5 días. El mayor tiempo fue de 129.67 días que corresponde al sustrato (EV (50.00 %) + AM (25.00 %) + RV (25.00 %)).

**Tabla 14.** Prueba de significancia de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) en tipos de sustratos su bioconvercion de vermicompost

Orden de merito	Sustratos	Media	$P \leq 0.05$
1	F1 (EV (50.00 %) + AM (25.00 %) + RV (25.00 %))	129.67	A
2	F2 (EV (50.00 %) + AM (12.50 %) + RV (37.50 %))	125.50	A B
3	F3 (EV (50.00 %) + RV (50.00 %))	119.33	B

Como hubo diferencias estadísticas en la aplicación de EM y sustrato por los días compostaje, se realizó un gráfico con el fin de conocer las diferencias numéricas entre los tratamientos y comparar entre la aplicación de EM y sustrato (Figura 20), en donde se observa que F3 consiguió menor tiempo con 119.33 días seguido de M3, M2, F2, M1 con 123.33, 124.33, 125.50 y 126.833 días respectivamente. En ultimo lugar se ubico y F1 con 129.67 días.



**Figura 20.** Tiempo de bioconvercion

Los valores del presente trabajo para la producción de vermicompost a partir de un sustrato orgánico. Es un proceso de descomposición natural, similar al compostaje, en el que el material orgánico, además de ser atacado por los microorganismos (hongos, bacterias, actinomicetos, levaduras, etc.) existentes en el medio natural, también lo es por el complejo sistema digestivo de la lombriz, siendo respaldado por Sanchez (2018), que



menciona que el tiempo promedio es de 12 semanas, ya que este es el tiempo que demoran las lombrices para llegar a su estado adulto.

Un parámetro importante es el color del vermicompost que varía entre el negro, café oscuro y gris, y depende del desecho usado para alimentar a las lombrices, además de no presentar olor y ser granulado. (Mayorga y Urey, 2015).

La mejor mezcla para la adaptación, reproducción de la lombriz roja californiana y calidad en el lombricompost es la T2, que contiene aserrín con estiércol de bovino más un inóculo de aserrín-melaza-lactobacilos de suero de leche.

La melaza favoreció la descomposición del aserrín para que la lombriz tuviera más alimento disponible, reflejándose en una mayor producción de cocones con relación a las otras mezclas. (Lopez, 2013). lo cual lo convierte en un sustrato apto para la adaptación y reproducción de la lombriz roja californiana.

### **4.3. OBJETIVO 03**

La determinación del análisis de las propiedades físicas y químicas del vermicompost de lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*) a la aplicación de microorganismos eficientes y diferentes sustratos en condiciones de invernadero, fue analizado en el laboratorio de aguas y suelos de la escuela profesional de ingeniería agronómica, facultad de ciencias agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano Puno, cuyos resultados fueron: Materia Orgánica (MO), Humedad (H), Nitrógeno (N), Fósforo ( $P_2O_5$ ), Potasio ( $K_2O$ ), (Anexo 03) cuyo promedio se muestra a continuación:

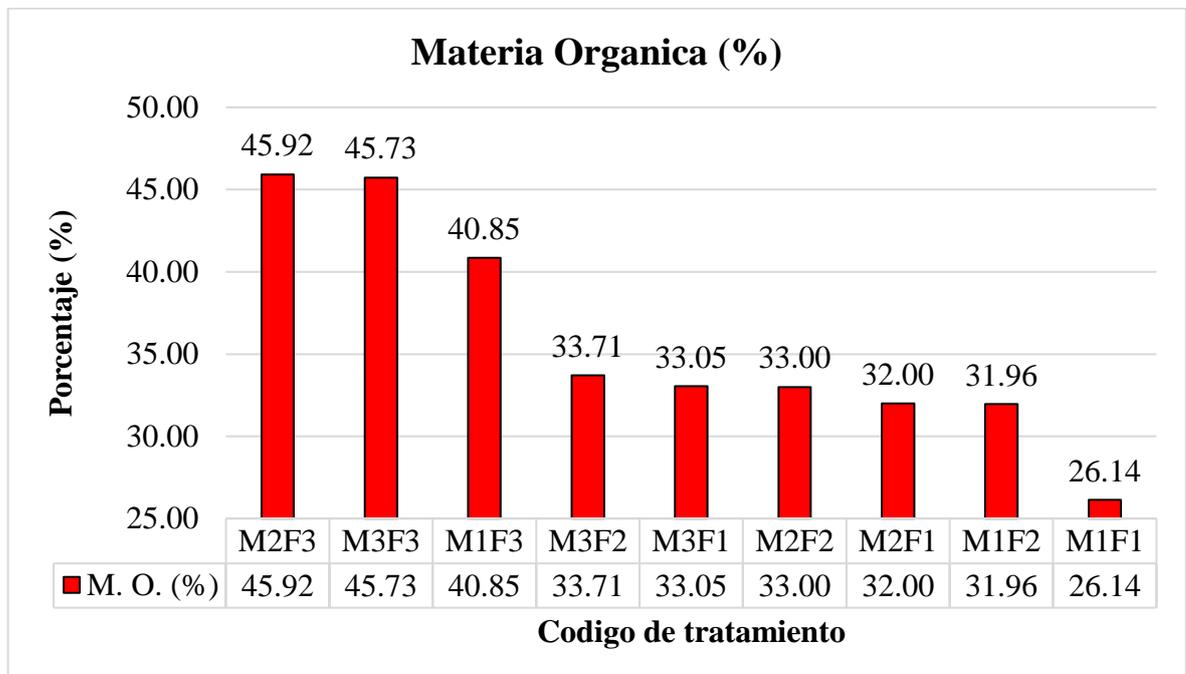
**Tabla 15.** Registro de análisis físico químico de vermicompost

N°	Codigo de Tratamiento	Materia Organica (%)	Humedad (%)	Nitrogeno (%)	Fosforo (%)	Potasio (%)
1	M1F1	26.14	66.42	1.82	10.50	2.20
2	M1F2	31.96	63.55	2.08	10.60	2.40
3	M1F3	40.85	59.65	2.32	10.70	2.75
4	M2F1	32.00	63.67	2.23	11.80	2.15
5	M2F2	33.00	64.47	2.22	11.70	2.35
6	M2F3	45.92	57.68	2.35	11.90	2.80
7	M3F1	33.05	63.42	2.13	11.20	2.01
8	M3F2	33.71	63.41	2.39	13.20	4.20
9	M3F3	45.73	57.46	2.40	13.50	4.35

Fuente: Laboratorio de aguas y suelos UNAP – PUNO – 2022.

#### 4.3.1. Materia organica

El proceso de vermicompost, es la fracción de la materia orgánica contenida en los residuos se mineraliza, dependiendo fundamentalmente de la naturaleza del residuo orgánico, su biodegradabilidad, densidad de población de lombrices y duración del proceso.



**Figura 21.** Efecto de los sustratos en la Materia Organica (%) del vermicompost



La Figura 21, muestra el contenido de materia orgánica (%) del vermicompost, para todos los tratamientos M2F3, M3F3, M1F3, M3F2, M3F1, M2F2, M2F1, M1F2, y M1F1, tuvieron resultados en la materia orgánica de 45.92 %, 45.73 %, 40.85 %, 33.71 %, 33.05 %, 33.00 %, 32.00 %, 31.96 % y 26.14 %, respectivamente. El hecho que un sustrato tenga un valor más alto de materia orgánica que otro puede deberse a la adaptación natural a su entorno, a su capacidad de asimilación o incluso a la actividad microbiana.

Saavedra, (2007). Menciona que es probable que los sustratos con mayor porcentaje (%) de materia orgánica, tiene una mejor capacidad de degradación. (estabilizado su materia orgánica). López et al., (2013). Indica que los sustratos con mayor porcentaje (%) de materia orgánica pueden deberse a la acción de *Eisenia foetida* y al incremento en la biomasa microbiana. Esto es respaldado por Romero, (2008). quien obtuvo un resultado de 19,75% usando sólo residuos vegetales. Martínez (1996), mostro rangos entre 17 a 87 % que dependen del material usado al inicio.

#### 4.3.2. Nitrogeno, fosforo y potasio

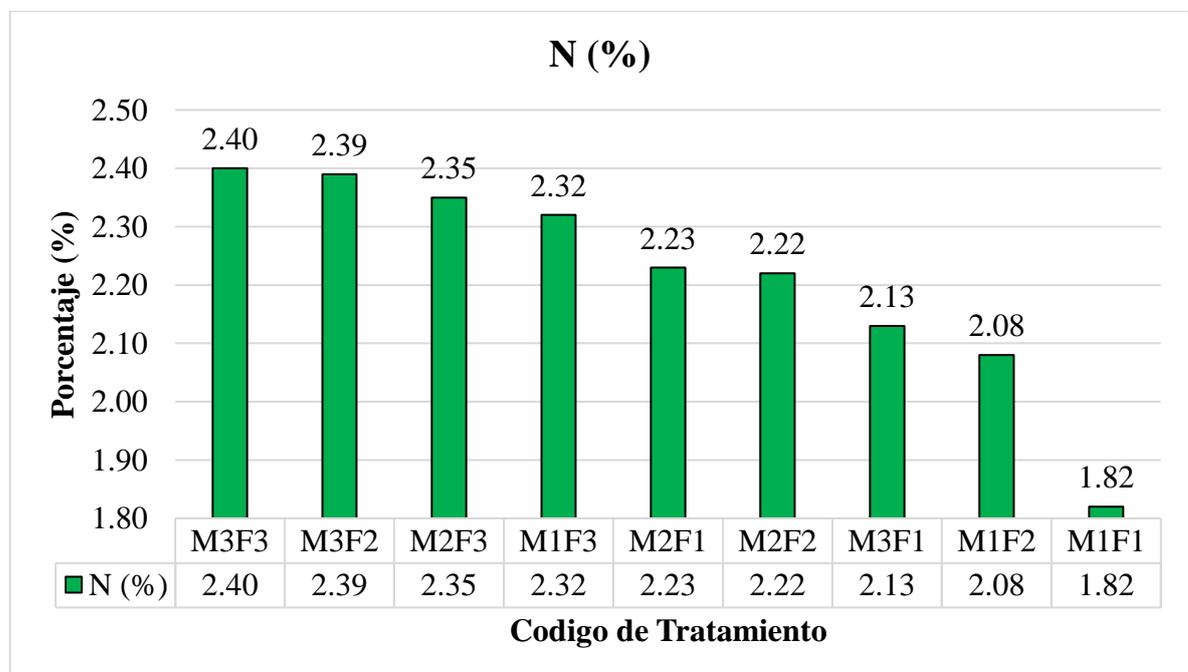
La Figura 22, muestra el efecto de los sustratos en el nitrógeno (%) del vermicompost, en relación al nitrógeno se obtuvo a los 4 meses de tratamiento, los sustratos M3F3, M3F2, M2F3 M1F3, M2F1, M2F2, M3F1, M1F2 y M1F1, tuvieron valores altos el sustrato M3F3 tuvo un valor más alto con 2.4 %, esto se debe a partir de la acción combinada de lombrices y microorganismos ya fue observada durante el proceso de compostaje y vermicompostaje de residuos orgánicos (Paco, 2011).

Eulloque, (2013). Menciona que las lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*), tienen un impacto en la transformación de nitrógeno durante el vermicomposteo a través de las modificaciones de las condiciones ambientales y de su interacción con los

microorganismos, favoreciendo así la mineralización al producir condiciones que promueven la nitrificación, que resulta en una rápida conversión de nitrógeno amoniacal en nitrógeno, nítrico y nitratos.

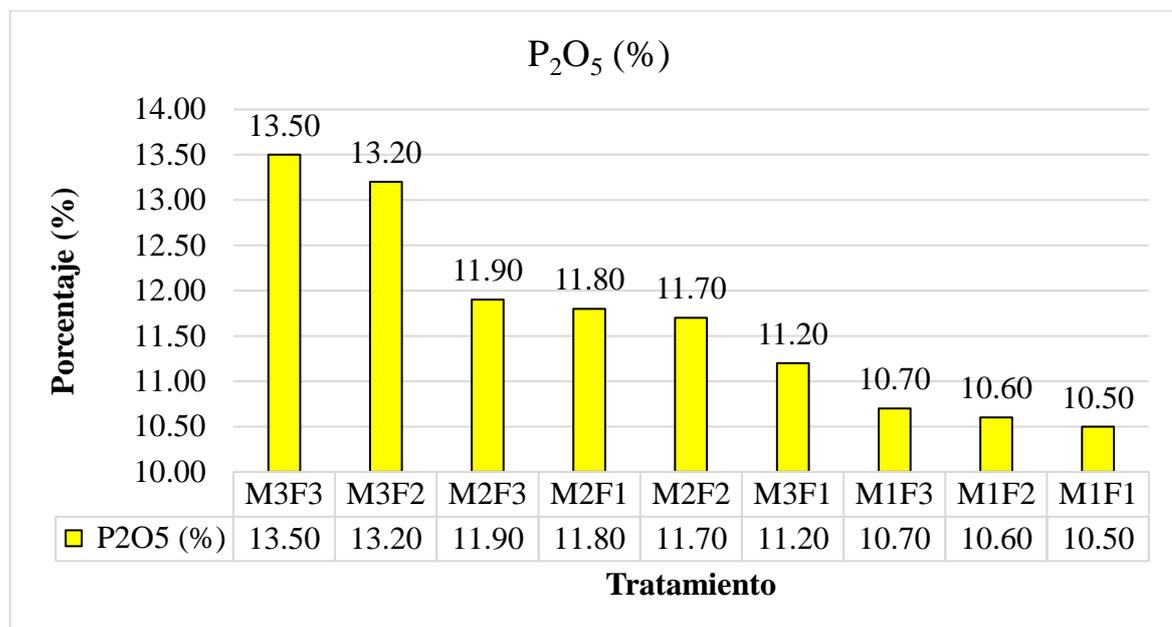
Saavedra, (2007). Explica la incorporación de nitrógeno en el sustrato llevándose a cabo a través de cuatro vías: i) deposición de heces; ii) excreción de orina, formada básicamente por amonio y urea; iii) secreción de proteínas a través del mucus excretado por células glandulares de la epidermis; iv) la descomposición de los tejidos de las lombrices muertas.

Fernández (2011). Manifiesta que el vermicompost de residuos orgánicos con bajo contenido en nitrógeno causa generalmente un aumento en su concentración en el humus de lombriz, debido al efecto de la mineralización del residuo que reduce su volumen; además de procesos microbianos de fijación de nitrógeno atmosférico que pueden desarrollar algunos microorganismos involucrados en el vermicompost.



**Figura 22.** Efecto de los sustratos en el nitrógeno (%) del vermicompost

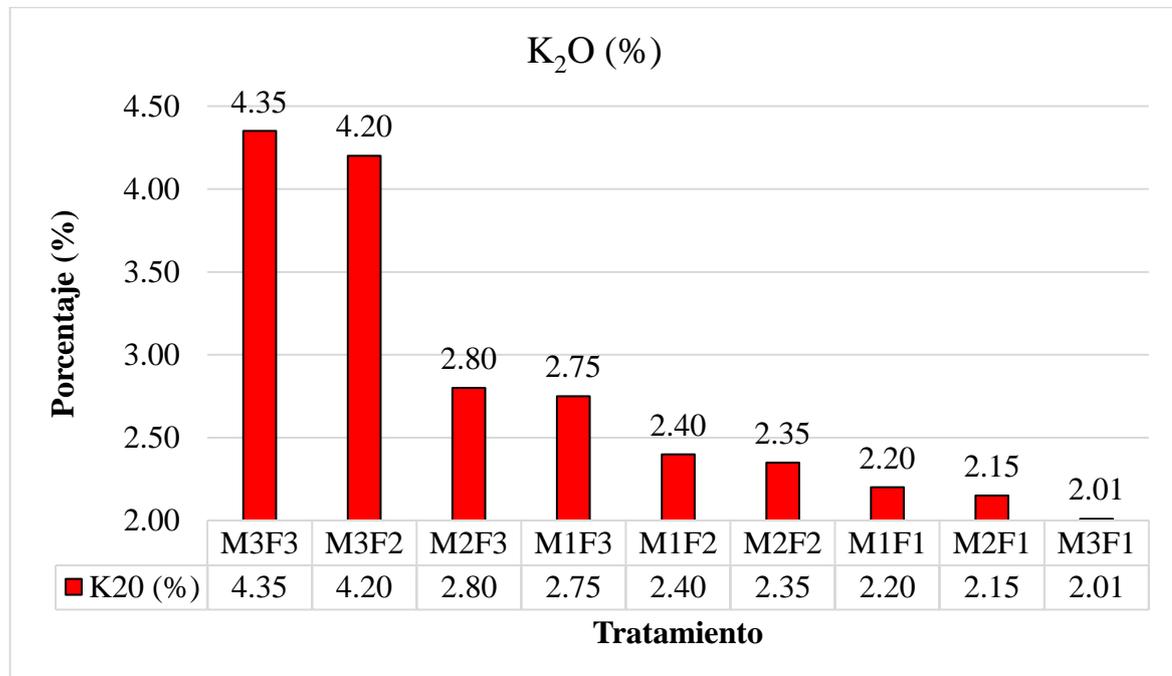
La Figura 23, muestra el efecto de los sustratos en fósforo (%) del vermicompost, los sustratos M3F3, M3F2, M2F3, M2F1, M2F2, M3F1, M1F3, M1F2 y M1F1, tuvieron valores altos, el sustrato M3F3 tuvo un valor más alto con 13.50 %, este incremento de fósforo se debe a la mineralización de la materia orgánica por las lombrices y microorganismos que ocasiona un proceso de concentración del fósforo inorgánico e indica que este macronutriente no es eliminado por lavado (Saavedra, 2007).



**Figura 23.** Efecto de los sustratos en fósforo (%) del vermicompost

En la Figura 24, muestra el efecto de los sustratos en potasio (%) del vermicompost, el sustrato M3F3, M3F2, M2F3, M1F3, M1F2, M2F2, M1F1, M2F1 y M3F1, tuvieron valores altos, el sustrato M3F3 tuvo un valor más alto con 4.35 %, esto se debe a que el potasio se encuentra en altas concentraciones en los restos vegetales y no tanto en el estiércol (Mamani et al., 2012), y ya que el K se considera uno de los mayores contribuyentes a los contenidos de sales al disminuir su valor también disminuyó el valor de la CE o viceversa (Durán y Henríquez, 2009), lo cual concuerda con lo encontrado en este ensayo, ya que potenciales pérdidas están asociadas a los procesos de lixiviación. Sin embargo, debemos considerar también la asimilación por parte de las lombrices ya que

en ambos tratamientos hubo aumento de lombrices y en ambos vermicompost se presentó un descenso de potasio (Barral, 2014); se ha observado que cuando aumenta el ion  $K^+$  tiende a disminuir el valor de  $K_2O$ .



**Figura 24.** Efecto de los sustratos en la Materia Organica (%) del vermicompost

Los resultados nitrógeno, fosforo y potasio obtenidos son diferentes a cada sustrato, esto es debido a los vegetales frescos, resultados respaldados por Mamani et al., (2012), menciona que los resultados de N-P-K, son muy variables ya que dependen del material de inicio.

Con respecto a la calidad del sustrato, (Águila, 1992). Observó en sus resultados que el sustrato de la mezcla de estiércol de vaca más rastrojo de maíz más cascarilla de cacao, presenta las mejores características de calidad de humus con 67% de materia orgánica, 2.20% de N.

Carrión, (1991). Determinó que la mezcla de sustrato: estiércol de vaca más cascarilla de cacao más panca de maíz más hojas de bambú resulto significativo en los parámetros con 60.23% de materia orgánica, 2.59 % de Nitrogeno y 1.97 % de Fosforo.



Martínez (1996) reporta valores de N: 1,1 a 4,17 %,  $P_2O_5$ : 0,3 a 1,8 %,  $K_2O$ : 0,78 a 1,39 %, mientras que Guerrero (2009) obtuvo valores de N de 1,1 %,  $P_2O_5$  de 280 ppm,  $K_2O$  de 4380 ppm; Delgado (2007) mostró valores de N de 1,04%,  $P_2O_5$  de 0,21%,  $K_2O$  de 0,4%; de donde podemos indicar que algunos resultados se encuentran dentro de los rangos, pero otros están por encima de su valor o por debajo de él.

#### **4.4. OBJETIVO 04**

La determinación de los costos de producción y el índice de rentabilidad en la producción de vermicompost en respuesta a la aplicación de diferentes fuentes de materia orgánica y microorganismos eficaces en condiciones de invernadero, estos resultados se muestran a continuación:

##### **4.4.1. Rendimiento de producción**

El análisis de varianza para el rendimiento de producción de vermicompost (Tabla 16), en donde se encontró que para bloques el número de repeticiones, no existe diferencia estadística significativa, esto nos indica que las características del vermicompost, en condición de invernadero, fueron uniformes y con las mismas características climáticas.

En la aplicación de EM se observa que existe una diferencia estadística altamente significativa mostrando que los niveles de adición de EM fueron diferentes, lo cual nos da a entender que los niveles de EM que se aplicaron influyeron de manera diferente en el rendimiento de vermicompost.

En los tipos de sustrato se observa que existe una diferencia estadística altamente significativa mostrando que los tipos de sustrato fueron diferentes, lo cual nos da a entender que los tipos de sustrato que se aplicaron influyeron de manera diferente en el rendimiento de vermicompost. Asimismo, no se encontró diferencia estadística en la

interacción del EM y sustratos, lo cual explica que estos factores actúan de forma independiente sobre el rendimiento de vermicompost. El coeficiente de variabilidad es de 0.89%, indica que el experimento ha sido conducido con una calificación buena comparado con experimentos convencionales.

**Tabla 16.** Análisis de varianza para el rendimiento de vermicompost.

Fuente	Grados de libertad	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Ft		Pr > F	SIG
					0.05	0.01		
EM	2	0.52	0.26	24.66	4.26	8.02	<.001	**
SUSTRATO	2	13.04	6.52	615.17	4.26	8.02	<.001	**
EM*SUSTRATO	4	0.02	0.00	0.41	3.63	6.42	0.80	Ns
REP*TRAT	9	0.00	0.00	0.00	3.63	6.42	1.00	Ns
Error	72	28.00						
Total, corregido	89	41.66						

C.V.= 1.84% Media = 5.56

La prueba de significancia Tukey ( $P \leq 0.05$ ), el cual se muestra en la Tabla 17, para el promedio del rendimiento de vermicompost, influida por la aplicación de EM; se puede apreciar, que el mejor rendimiento 5.63 kg aplicando 7.50 % de EM al compostaje; seguido, por la aplicación de 5.00 % con un 5.60 kg que son estadísticamente similares. El menor rendimiento fue de 5.16 kg que corresponde a la aplicación del 0.00 %.

**Tabla 17.** Prueba de significancia de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) en la aplicación de EM en el rendimiento de vermicompost

Orden de merito	Aplicación de microorganismos eficientes (EM)	Kg de vermicompost	$P \leq 0.05$
1	M3 (7.50 %)	5.63	A
2	M2 (5.00 %)	5.60	B
3	M1 (0.00 %)	5.46	C

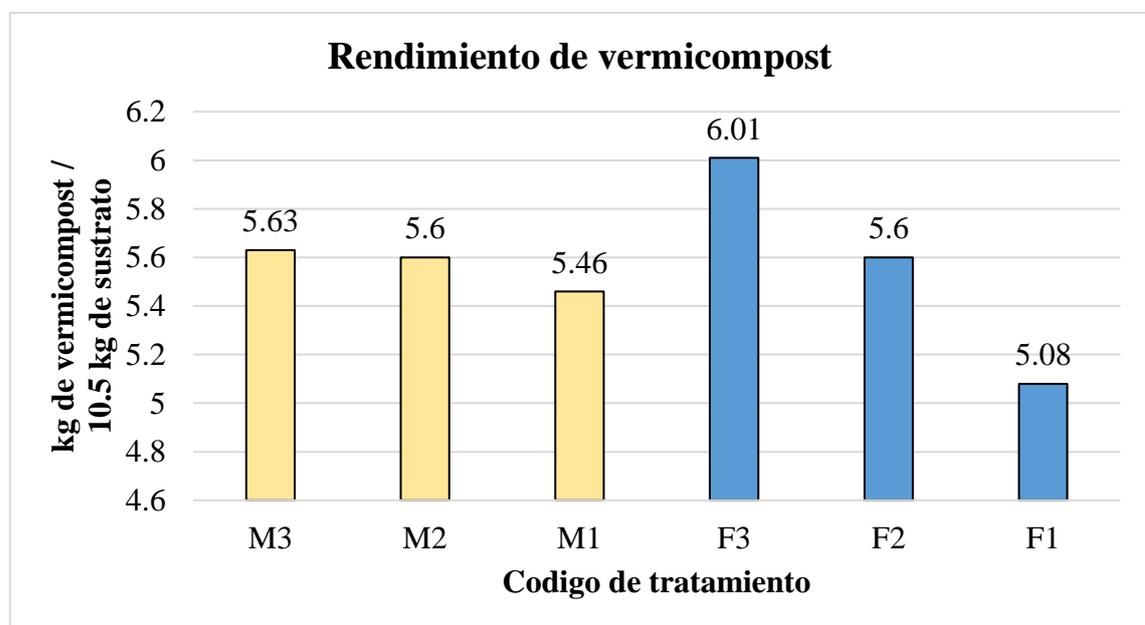
La prueba de significancia Tukey ( $P \leq 0.05$ ), el cual se muestra en la Tabla 18, para el promedio del rendimiento de vermicompost, influida por el tipo de sustrato; en la cual se puede apreciar, que el mejor rendimiento 6.01 kg con el sustrato (EV (50.00 %) + RV (50.00 %)); seguido, por el sustrato (EV (50.00 %) + AM (12.50 %) + RV (37.50 %))

con 5.60 kg. El menor rendimiento fue de 5.08 kg que corresponde al sustrato (EV (50.00 %) + AM (25.00 %) + RV (25.00 %)).

**Tabla 18.** Prueba de significancia de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) en tipo de sustrato el rendimiento de vermicompost.

Orden de merito	Sustratos	Media	$P \leq 0.05$
1	F3 (EV (50.00 %) + RV (50.00 %))	6.01	A
2	F2 (EV (50.00 %) + AM (12.50 %) + RV (37.50 %))	5.60	B
3	F1 (EV (50.00 %) + AM (25.00 %) + RV (25.00 %))	5.08	C

Como hubo diferencias estadísticas en la aplicación de EM y sustrato para la producción de vermicompost, se realizó un gráfico con el fin de conocer las diferencias numéricas entre los tratamientos y comparar entre la aplicación de EM y sustrato (Figura 25), en donde se observa que F3 consiguió mayor rendimiento de vermicompost con 6.01 kg seguido de M3, F2, M2, M1 con 5.60, 5.63, 5.46 respectivamente. En ultimo lugar se ubico y F1 con 5.08 kg de vermicompost por 10.50 kg de compostaje.



**Figura 25.** Kg de vermicompost/10.5 Kg de sustrato

Estos resultados muestran que el peso del vermicompost, es menor al peso inicial del sustrato, puesto que el consumo y los residuos restantes para la sobrevivencia las



lombrices, lo que se traduce que, de cada 100 kg de sustrato, 43.35 kg es vermicompost. Esta reducción baja podría deberse a la acción de las lombrices, asimilando la mayor parte del sustrato, de este elemento para realizar sus procesos fisiológicos, lo cual disminuye su concentración en el humus obtenido (Mamani, 2012).

Toda lombriz come una cantidad equivalente a su propio peso y expulsa el 60 % de la misma en forma de humus; (Ferruzzi, 1988). Esto es respaldado por Piza (2017), que manifiesta que con el uso del 50 % de residuos orgánicos de mercado frescos y 50 % estiércol ovino, cuenta con menores residuos, contando con mayor peso de vermicompost. Además, Rojas (2005), menciona que las lombrices no consumen sustratos por la dureza y tamaño de alimentación, demostrando que entre más picado sea el alimento es más asimilable por las lombrices.

#### **4.4.2. Costos y beneficio económico**

Los costos de producción se estimaron para cada uno de los tratamientos en estudio que se muestra en los anexos; tablas 35 al 43. Considerando los costos variables y fijos. En la Tabla 19, se muestra una síntesis de los costos de producción y la rentabilidad estimada por cada tratamiento en estudio, los cuales se consideró S/. 2.50 como precio por kilo de vermicompost; de acuerdo a los precios referenciales de mercados, invernaderos y venta en municipios en sub gerencia de medio ambiente de Puno y Juliaca.

**Tabla 19.** Costos de producción y beneficio económico por 27m<sup>3</sup>

Orden de merito	Tratamiento	Rendimiento de vermicompost por cama	Rendimiento de vermicompost (kg/ 27 m <sup>3</sup> )	Costo total del vermicompost (S/.)	Precio por kg vermicompost	Ingreso Bruto (S/.)	Ingreso Neto (S/.)	Rentabilidad (%)	Relacion Beneficio/ Costo
1	M3F3	580.00	15660.00	18279.86	2.50	39150.00	20870.14	114.17	2.14
2	M2F3	575.00	15525.00	18191.73	2.50	38812.50	20620.77	113.35	2.13
3	M1F3	560.00	15120.00	17990.20	2.50	37800.00	19809.80	110.11	2.10
4	M2F2	540.00	14580.00	17754.33	2.50	36450.00	18695.67	105.30	2.05
5	M3F2	540.00	14580.00	17842.46	2.50	36450.00	18607.54	104.29	2.04
6	M1F2	525.00	14175.00	17552.80	2.50	35437.50	17884.70	101.89	2.02
7	M3F1	490.00	13230.00	17405.06	2.50	33075.00	15669.94	90.03	1.90
8	M2F1	485.00	13095.00	17316.93	2.50	32737.50	15420.57	89.05	1.89
9	M1F1	475.00	12825.00	17115.40	2.50	32062.50	14947.10	87.33	1.87

Los costos de producción en la producción de vermicompost fueron estimados en base al área total del invernadero (27m<sup>3</sup>), el cual el costo de producción de los tratamientos oscila de S/. 18,279.86 el más alto con aplicación de estiércol vacuno y residuos vegetales con una proporción (1:1) y con una aplicación de 7.50 % de microorganismos eficientes y con menor costo fue hasta S/. 17,115.40 del tratamiento con estiércol vacuno, aserrín de madera y residuos vegetales con una proporción (2:1:1) y 0.00 % de microorganismos eficientes que es el costo más bajo de producción.

Con respecto al ingreso de rentabilidad, los tratamientos como M3F3, M2F3, M1F3, M2F2, M3F2, M1F2, M3F1, M2F1 y M1F1, fueron los mas rentables con los tratamientos que más rentabilidad tuvieron con 114.17 %, 113.35 %, 110.11 %, 105.30 %, 104.29 %, 101.89 %, 90.03 %, 89.05 % y 87.33 % respectivamente, superando el 80.00 % de mostrando que todos los tratamientos son rentables. Además, la relación al beneficio - costo, se tiene con mayor beneficio – costo los tratamientos M3F3, M2F3, M1F3, M2F2, M3F2, M1F2, M3F1, M2F1 y M1F1, fueron los mas rentables con los



tratamientos que más rentabilidad tuvieron con 2.14, 2.13, 2.10, 2.05, 2.04, 2.02, 1.90, 1.89 y 1.87 soles respectivamente.

La rentabilidad del presente trabajo de investigación en la producción de vermicompost, con la aplicación de EM y sustratos diferentes, es superior a lo reportado por Piza (2017), indicando que los resultados obtenidos el análisis beneficio/costo (B/C), alcanzaron cifras que sugieren que es viable la utilización de los sustratos como alimento para las lombrices para la producción de humus. El que reporta mayor beneficio económico es el estiercol de ovino (Eo) con Bs 1,6 por cada boliviano invertido se obtuvo la ganancia de Bs 0,60 seguido con una gran diferencia del estiercol de ovino y restos de mercados frescos (Eo+Rmf) con Bs 1,10 con una ganancia de Bs 0,10 con gran posibilidad de recuperar lo invertido además obtener un ingreso adicional de Bs 0,35 en promedio. Además, Rojas (2005), menciona que el índice de retribución a los factores productivos B/C indican que los tratamientos: Hojas de plátano con 1.73, pulpa de café con 1.79 tienen un beneficio apropiado y la producción de humus es rentable. Estos resultados muestran que la producción de vermicompost, es económicamente rentable.



## V. CONCLUSIONES

En el presente trabajo de investigación de producción de vermicompost, con lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*) en diversas fuentes de materia orgánica y microorganismos eficaces en el altiplano de Puno se concluye lo siguiente:

Los diferentes tipos de sustratos y su efecto combinado con la aplicación de EM, permitió obtener vermicompost cuya proliferación, demostrando de manera concreta la relación existente entre su fácil deglución, mayor dinámica y densidad poblacional (cocones, lombrices juveniles y lombrices adultas). La mayor proliferación fue el sustrato con F3 fue 2.37 de cocones, 7.03 de lombrices juveniles y 2.43 de lombrices adultas, en mas bajo fue el sustrato con F1 fue 1.93 de cocones, 5.77 de lombrices juveniles y 1.83 de lombrices adultas.

La determinación del tiempo de compostaje de acuerdo a la aplicación de EM en el pre compostaje, fue M1 con 43.67 días, seguido por M2 con 41.17 días, por último, fue M3 con 39.67 días, (en función a la temperatura, olor y observación en el cambio de estructura). Los resultados sugieren que el tiempo de bioconversión fue F1 con 129.67 días, seguido por F2 con 125.5 días, por último, fue F3 con 119.33 días.

La composición física y química con mejor empleo de M3F3 que presentó valores de: M.O: 45.73%, H: 57.46%, N: 2.40%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 13.50%, K<sub>2</sub>O: 4.35%; mientras que M1F1: presentó valores de M.O: 26.14%, H: 66.42% N: 1.82%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 10.50%, K<sub>2</sub>O: 2.20%. Cuya composición química, varía según el material utilizado sin embargo los presentes promedios que coinciden con el resultado de otras investigaciones. Sin embargo, la mezcla de aserrín de madera presentó el menor contenido de M.O., lo cual lo convierte en un sustrato no apto para la adaptación y reproducción de la lombriz roja californiana.



Los rendimientos obtenidos con los diferentes niveles de aplicación de EM y tipos de sustratos, si bien son muy buenos, la mayor rentabilidad fue M3F3 con 114.17 % equivalente a un beneficio costo de 2.14; Debido a que su inversión es menor en los insumos, los más bajos fueron al aplicar M2F1 y M1F1 con 89.05 % y 87.33 % respectivamente, equivalente a un beneficio costo de 1.89 y 1.87 para los respectivos tratamientos.



## VI. RECOMENDACIONES

Realizar estudios de compostajes con diferentes estiércoles de animales y la aplicación de microorganismos eficientes para diferir si existe la variación en la producción y composición química.

Realizar estudios de producción y composición de vermicompost a partir de diferentes sustratos puesto que hay poca información.

Identificar las características físico-químicas del compost base y los materiales utilizados, para la alimentación de las lombrices.

Para lograr la mayor rentabilidad producción de vermicompost, se recomienda insumos mucho mas accesibles, obteniendo así mayor beneficio costo.



## VII. REFERENCIAS

- Andrade, E. (2002). Preparación y evaluación de proyectos. Tercera edición. Editorial Ciudad satélite, Santa Rosa, Callao, Lima, Perú.
- ANL, (1993). Asociación Nacional De Lombricultura, Manual Básico de Lombricultura. Lima, Perú. Pag. 60.
- Annelise, G. M. (2005). Estudio de factibilidad de la producción y comercialización del abono humus orgánico producido por la lombriz roja, Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- APNAN, (2003). Red de Agricultura natural de para la Región Asia/Pacífico. Manual de Aplicación. Disponible en: [www.apnam.com](http://www.apnam.com).
- Arbulú, P. (2000), Manual de Economía Agrícola; Primera Edición. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Facultad de Agronomía, Lambayeque.
- Barral, M.; Díaz, M.; Devesa, R; Paradelo, R. (2014). Avances en la investigación sobre compost: materias primas, procesos, calidad y usos. Departamento de Edafología y Química Agrícola. Facultad de Farmacia. Andavira Editora, S.L. Coruña, España.
- Biosca, A. (2001). Qué son microorganismos eficientes. (en línea). Disponible en: <http://es.answers.yahoo.com/question/index?qid=20080731132826aa6mgbr>
- Cabrera, I. (1988). Un útil trabajador subterráneo: La Lombriz de Tierra. Ed. Científico-Técnica. La Habana. Pag. .2 – 40.
- Callejas, C., Leal, E., Obreque, R. (1989). Determinación de la composición química de la harina de lombriz (*Eisenia foetida*) y sus variaciones al usar como nutrientes excedentes agrícolas de la Novena Región. Tesis conducente al título de profesor en Ciencias Naturales y Biología. Pontificia Universidad Católica de Chile Sede regional Temuco. Pag. 49.



- Cotacallapa, H. (2000). Gestión empresarial básica con aplicación en microempresa. Editorial Universitaria. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Delgado, J. M. (2011). El uso de la lombricultura en cultivos de ciclo corto y su incidencia en la conservación del suelo agrícola en el sitio punta y filo del cantón chone”. Carrera de Ciencias en la Educación, Sistema de Educación a Distancia, Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito – Ecuador. Pag. 7 – 67.
- Díaz, E. (2002). Lombricultura, una alternativa de producción. Agencia de Desarrollo Económico y Comercio Exterior, Municipio Capital La Rioja. Argentina.
- Durán, L. y Henríquez, C. (2009). Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. Agronomía Costarricense.
- Earth. 2008. Tecnología EM. EMRO (Effective Microorganismo Research Organization Inc.) Limon. Costa Rica. Pag. 16.
- Edwards, C.A. (1988). Breakdown of animal, vegetable and industrial organic wastes by earthworms. In: Edwards CA, Neuhauser, E. F. (eds) Earthworms in waste and environmental management. SPB Academic Publishing, The Hague, The Netherlands. Pag. 21 – 31.
- Emison. ABONOS EL COMPOSTAJE, Barcelona España. Medio Ambiente S.L.; 2008 disponible en: <http://www.compostandociencia.com/wp-content/uploads/2019/01/Libro-I-Jornadas-de-la-REC-Barcelona-2008.pdf>
- Eulloque, J. (2013). Caracterización física, química, biológica y valoración agronómica del vermicompost de *Eisenia foetida* obtenido del contenido ruminal de bovino. Tesis (Maestro en Ciencias en producción agrícola sustentable). Jiquilpan, Michoacán, México. Instituto Politécnico Nacional. Pag. 12 – 14.
- Gardiner, M. (1978). Biología de los Invertebrados. Ediciones Omega S.A. Barcelona, España. Pag. 67.
- Garrido, R. (2014). Efecto de catorce sustratos para la producción de humus de lombriz roja (*Eisenia foetida*), Facultad De Recursos Naturales Renovables, Universidad



- Nacional Agraria De La Selva Tesis. Pag. 10 – 80. Disponible en:  
[http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1075/TS\\_RGG\\_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1075/TS_RGG_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Higa, T. (2002). Una Revolución para Salvar la Tierra. Traducción Ma. Del Mar Riera. EM Research Organizaton. Okinawa. Japón. Versión en español. Pag 352.
- Infoagro (2005). El compostaje. 1ra y 2da parte. (Sitio en Internet) Disponible en:  
<http://www.infoagro.com/abonos/compostaje2.htm>
- LIESEL, C. C. (2015). "Efecto de la aplicación de tres dosis de humus y microorganismos eficaces en el cultivo del brócoli (*brassica oleracea* var. Itálica) en Marcará, Carhuaz", Ingeniera Agrónoma, Huaraz, Perú. Disponible en:  
<http://www.repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/1062/T%20809%202015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- López, C. (2013). Influencia de diferentes sustratos orgánicos en la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). Tecnociencia. Chihuahua, Mexico. Pag.: 83-84.
- Martínez C. (1996). Claudia. Potencial de la Lombricultura: elementos básicos para su desarrollo (ed.). 1° Ed. en español. México. Pág. 36 - 39.
- Mayorga, K. y Urey, D. (2015). Evaluación de la reproducción de lombrices de tierra Roja Californiana (*Eisenia foetida*), Roja Cubana (*Eudrillus sp*) y características químicas del lombriabono con diferentes residuos orgánicos, CNRA, Campus Agropecuario, UNAN. Tesis (Ingeniería en Agroecología Tropical). León. Nicaragua. Universidad Nacional Autónoma De Nicaragua-León, Facultad De Ciencias y Tecnología, Departamento De Agroecologia. 2015. Pag. 20 – 24.
- Morales, C. J. (2016). Sostenibilidad económica y ambiental de la producción mecanizada de lombricompost empleando residuos vegetales. Escuela academica profesional de ingeniería agroindustrial, facultad de ciencias agropecuarias, univerdad nacional de Trujillo. Pag. 7 – 8.
- Pineda, J. A. (2006). Lombricultura, Instituto Hondureño del Café. 1° Edicion. Tegucigalpa, Litografía López. Pag. 21 – 22. Disponible en:



<http://www.asocam.org/sites/default/files/publicaciones/files/aa3947fa7e7b1775e4a2dc2261ead741.pdf>

- Piza, C. R. (2017). Determinación de la calidad de humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) a partir de dos procesos en el tratamiento de alimento ofertado, Ingeniería Agronómica, Facultad De Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. tesis La Paz – Bolivia
- Rojas, G. (2009). Análisis de la rentabilidad costos de producción de los cultivos andinos. Tesis UNA Puno, Perú.
- Rojas, P. (2005). Producción de humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetia*) elaborado con diferentes sustratos vegetales en la comunidad de trinidad pampa – coripata. tesis de grado, carrera de ingeniería agronómica, facultad de agronomía, universidad mayor de san andrés la Paz – Bolivia. Pag. 50 – 51.
- Romero, M.; Valdovinos V; Padilla, M. (2008). Evaluación de calidad de lombricompostas, comparación con norma mexicana. Disponible en: <https://docplayer.es/22487812-Evaluacion-de-calidad-de-lombricompostas-comparacion-con-norma-mexicana.html>
- Rostrán, J. y Castillo, X. (2012). Manual de Abonos Orgánicos. León, Nicaragua. Pag. 9-10. Disponible en: <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/5517/1/CNRA0002.pdf>
- Ruilova, B. y Martinez, N. (2008). Producción y elaboración de harina de lombriz y elaboración de dos dietas utilizando este insumo como sustituto proteico de origen animal en alimentación de pollos de engorde. Escuela de ingeniería agropecuaria, Facultad de ciencia y tecnología, Universidad del Azuay, Pag. 15. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/446/1/06654.pdf>.
- Saavedra, M. (2007). Biodegradación de alperujo utilizando hongos del género *Pleurotus* y anélidos de la especie *Eisenia foetida*. Tesis doctoral. Granada, España. Universidad de Granada, Instituto de Biotecnología.



- Sales, F. (2021). Manual de Lombricultura Ediciones Mundiprensa. Madrid, España. Pag. 14 – 15. Disponible en: <https://corpamag.gov.co/blogs/negociosverdes/wp-content/uploads/2021/02/Manual-de-lombricultura.pdf>
- Sanchez, M. (2018). Evaluación del proceso de elaboración de vermicompost con dos especies de lombriz, *Eisenia foetida* y *Lumbricus sp.*, en la provincia de Arequipa. Escuela profesional de agronomía, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa Arequipa – Perú.
- Serrano, T. (2004). Evaluación de procesos de vermicompostaje para el tratamiento de residuos sólidos urbanos de la localidad de Tiahuanaco. Tesis (Ing. Agrónomo). La Paz, Bolivia. Universidad Católica Boliviana.
- Sixto, A. (2020). Análisis comparativo de diferentes fuentes de estiércoles y su efecto combinado en la elaboración de humus de lombriz (*Eisenia foetida*). Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad José Carlos Mariátegui. Moquegua – Perú.
- Somarriba, R. y Guzmán, F. (2004). Guía de lombricultura. Guía Técnica No. 4. Universidad Nacional Agraria. Managua. Nicaragua. Pag. 7 - 9.
- Sullcata, C. (2004). Desarrollo poblacional de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en relación a sustratos a base de estiércol y rastrojo de cebada. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Universidad Mayor De San Andrés, Facultad De Agronomía, La paz, Bolivia.
- Tenecela, Y. (2012). Producción de humus de lombriz mediante el aprovechamiento y manejo de los residuos orgánicos. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cuenca.
- Toalombo, R. M. (2012). Evaluación De Microorganismos Eficientes Autoctonos Aplicados En El Cultivo De Cebolla Blanca (*Allium fistulosum*). Requisito Para Optar El Título De Ingeniera Agrónoma, Facultad De Ingeniería Agronómica Universidad Técnica De Ambato, Cevallos – Ecuador. Pag. 10 – 60. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/2217/1/Tesis-22agr.pdf>



Ulloa, A.E. (2003). Manual Básico de Lombricultura. Disponible en: 27/04/2013:  
<http://www.manualdelombricultura.com/manual/>.

Velásquez, L. (1987). Lombricultura. Utilización industrial del invertebrado, perspectivas futuras tanto industrial como contaminante.

Villeneuve, F. y Désiré, C. (1962). Zoología (Trad. Caldés Casals, Juan). México: UTEHA. 1965.



## ANEXOS

## ANEXOS 1. DATOS DE LOS TRATAMIENTOS

**Tabla 20.** Numero de cocones/ 1kg de vermicompost

Bloque	Rep.	M1			M2			M3		
		F1	F2	F3	F1	F2	F3	F1	F2	F3
I	1	1.00	3.00	2.00	2.00	3.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	2	1.00	2.00	2.00	3.00	1.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	3	2.00	3.00	3.00	2.00	2.00	3.00	1.00	2.00	3.00
	4	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	2.00
	5	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00	2.00	2.00	4.00	3.00
	<b>Prom.</b>	<b>1.60</b>	<b>2.60</b>	<b>2.40</b>	<b>2.20</b>	<b>2.00</b>	<b>2.20</b>	<b>1.80</b>	<b>2.40</b>	<b>2.60</b>
II	1	1.00	2.00	2.00	1.00	3.00	2.00	2.00	2.00	4.00
	2	2.00	2.00	3.00	2.00	2.00	5.00	1.00	1.00	2.00
	3	2.00	2.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00	2.00	1.00
	4	1.00	2.00	2.00	1.00	3.00	2.00	3.00	3.00	3.00
	5	4.00	1.00	1.00	2.00	2.00	2.00	3.00	3.00	1.00
	<b>Prom.</b>	<b>2.00</b>	<b>1.80</b>	<b>2.20</b>	<b>1.80</b>	<b>2.60</b>	<b>2.60</b>	<b>2.20</b>	<b>2.20</b>	<b>2.20</b>
<b>Suma</b>		<b>3.60</b>	<b>4.40</b>	<b>4.60</b>	<b>4.00</b>	<b>4.60</b>	<b>4.80</b>	<b>4.00</b>	<b>4.60</b>	<b>4.80</b>
<b>Promedio</b>		<b>1.80</b>	<b>2.20</b>	<b>2.30</b>	<b>2.00</b>	<b>2.30</b>	<b>2.40</b>	<b>2.00</b>	<b>2.30</b>	<b>2.40</b>

Fuente: Propia

**Tabla 21.** Numero de lombrices juveniles/ 1kg de vermicompost Juveniles

Bloque	Rep.	M1			M2			M3		
		F1	F2	F3	F1	F2	F3	F1	F2	F3
I	1	5.00	8.00	6.00	6.00	8.00	7.00	6.00	6.00	6.00
	2	5.00	6.00	6.00	7.00	8.00	8.00	6.00	8.00	6.00
	3	6.00	7.00	8.00	6.00	6.00	7.00	5.00	6.00	10.00
	4	5.00	6.00	6.00	5.00	6.00	6.00	6.00	9.00	6.00
	5	6.00	7.00	8.00	5.00	6.00	8.00	7.00	8.00	7.00
	<b>Prom.</b>	<b>5.40</b>	<b>6.80</b>	<b>6.80</b>	<b>5.80</b>	<b>6.80</b>	<b>7.20</b>	<b>6.00</b>	<b>7.40</b>	<b>7.00</b>
II	1	5.00	6.00	6.00	7.00	8.00	6.00	6.00	6.00	7.00
	2	7.00	6.00	8.00	6.00	8.00	6.00	5.00	7.00	6.00
	3	6.00	8.00	6.00	5.00	6.00	9.00	6.00	6.00	9.00
	4	5.00	6.00	6.00	6.00	8.00	6.00	6.00	8.00	6.00
	5	5.00	5.00	8.00	6.00	6.00	8.00	6.00	6.00	9.00
	<b>Prom.</b>	<b>5.60</b>	<b>6.20</b>	<b>6.80</b>	<b>6.00</b>	<b>7.20</b>	<b>7.00</b>	<b>5.80</b>	<b>6.60</b>	<b>7.40</b>
<b>Suma</b>		<b>11.00</b>	<b>13.00</b>	<b>13.60</b>	<b>11.80</b>	<b>14.00</b>	<b>14.20</b>	<b>11.80</b>	<b>14.00</b>	<b>14.40</b>
<b>Promedio</b>		<b>5.50</b>	<b>6.50</b>	<b>6.80</b>	<b>5.90</b>	<b>7.00</b>	<b>7.10</b>	<b>5.90</b>	<b>7.00</b>	<b>7.20</b>

Fuente: Propia

**Tabla 22.** Numero de lombrices adultas/ 1kg de vermicompost

Bloque	Rep.	M1			M2			M3		
		F1	F2	F3	F1	F2	F3	F1	F2	F3
I	1	2.00	2.00	3.00	2.00	2.00	3.00	1.00	3.00	1.00
	2	1.00	2.00	2.00	3.00	3.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	3	2.00	1.00	1.00	2.00	3.00	2.00	2.00	3.00	2.00
	4	2.00	2.00	2.00	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	5	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00	3.00	2.00	2.00	3.00
	<b>Prom.</b>	<b>1.60</b>	<b>1.80</b>	<b>2.00</b>	<b>2.00</b>	<b>2.40</b>	<b>2.40</b>	<b>1.80</b>	<b>2.40</b>	<b>2.00</b>
II	1	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	2	2.00	2.00	2.00	1.00	3.00	2.00	2.00	2.00	3.00
	3	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00	3.00	3.00	2.00	4.00
	4	2.00	1.00	3.00	2.00	1.00	4.00	1.00	2.00	3.00
	5	3.00	2.00	2.00	2.00	2.00	3.00	2.00	3.00	4.00
	<b>Prom.</b>	<b>1.80</b>	<b>1.80</b>	<b>2.20</b>	<b>1.80</b>	<b>2.00</b>	<b>2.80</b>	<b>2.00</b>	<b>2.20</b>	<b>3.20</b>
<b>Suma</b>	<b>3.40</b>	<b>3.60</b>	<b>4.20</b>	<b>3.80</b>	<b>4.40</b>	<b>5.20</b>	<b>3.80</b>	<b>4.60</b>	<b>5.20</b>	
<b>Promedio</b>	<b>1.70</b>	<b>1.80</b>	<b>2.10</b>	<b>1.90</b>	<b>2.20</b>	<b>2.60</b>	<b>1.90</b>	<b>2.30</b>	<b>2.60</b>	

Fuente: Propia

**Tabla 23.** Tiempo de compostaje

Bloque	M1			M2			M3		
	F1	F2	F3	F1	F2	F3	F1	F2	F3
I	60.00	46.00	50.00	52.00	40.00	38.00	46.00	36.00	36.00
II	65.00	45.00	45.00	54.00	42.00	36.00	48.00	38.00	34.00
<b>Suma</b>	<b>125.00</b>	<b>91.00</b>	<b>95.00</b>	<b>106.00</b>	<b>82.00</b>	<b>74.00</b>	<b>94.00</b>	<b>74.00</b>	<b>70.00</b>
<b>Promedio</b>	<b>62.50</b>	<b>45.50</b>	<b>47.50</b>	<b>53.00</b>	<b>41.00</b>	<b>37.00</b>	<b>47.00</b>	<b>37.00</b>	<b>35.00</b>

Fuente: Propia

**Tabla 24.** Tiempo de bioconvercion

BLOQUE	M1			M2			M3		
	F1	F2	F3	F1	F2	F3	F1	F2	F3
I	135.00	130.00	120.00	133.00	128.00	118.00	132.00	127.00	118.00
II	130.00	128.00	118.00	125.00	120.00	122.00	123.00	120.00	120.00
<b>Suma</b>	<b>265.00</b>	<b>258.00</b>	<b>238.00</b>	<b>258.00</b>	<b>248.00</b>	<b>240.00</b>	<b>255.00</b>	<b>247.00</b>	<b>238.00</b>
<b>Promedio</b>	<b>132.50</b>	<b>129.00</b>	<b>119.00</b>	<b>129.00</b>	<b>124.00</b>	<b>120.00</b>	<b>127.50</b>	<b>123.50</b>	<b>119.00</b>

Fuente: Propia

**Tabla 25.** Rendimiento en peso del vermicompost obtenido en el tratamiento: M1F1

Bloque	Rep.	Peso inicial	Peso del sustrato	Peso inicial total	Peso final del vermicompost		Peso de alimento consumido		Peso de alimento no consumido	
		(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)
I	1	0.50	10.00	10.50	5.20	49.50	5.04	48.00	0.47	4.50
	2	0.50	10.00	10.50	5.04	48.00	4.83	46.00	0.79	7.50
	3	0.50	10.00	10.50	4.99	47.50	4.94	47.00	0.53	5.00
	4	0.50	10.00	10.50	4.88	46.50	4.94	47.00	0.37	3.50
	5	0.50	10.00	10.50	4.83	46.00	5.04	48.00	0.63	6.01
	<b>Prom.</b>	<b>0.50</b>	<b>10.00</b>	<b>10.50</b>	<b>4.99</b>	<b>47.50</b>	<b>4.96</b>	<b>47.20</b>	<b>0.56</b>	<b>5.30</b>
II	1	0.50	10.00	10.50	4.83	46.00	5.04	48.00	0.47	4.50
	2	0.50	10.00	10.50	4.88	46.50	4.83	46.00	0.79	7.50
	3	0.50	10.00	10.50	4.99	47.50	4.94	47.00	0.53	5.00
	4	0.50	10.00	10.50	5.04	48.00	4.94	47.00	0.37	3.50
	5	0.50	10.00	10.50	5.20	49.50	5.04	48.00	0.63	6.01
	<b>Prom.</b>	<b>0.50</b>	<b>10.00</b>	<b>10.50</b>	<b>4.99</b>	<b>47.50</b>	<b>4.96</b>	<b>47.20</b>	<b>0.56</b>	<b>5.30</b>
<b>Suma</b>		<b>1.00</b>	<b>20.00</b>	<b>21.00</b>	<b>9.98</b>	<b>95.00</b>	<b>9.91</b>	<b>94.40</b>	<b>1.11</b>	<b>10.60</b>
<b>Promedio</b>		<b>0.50</b>	<b>10.00</b>	<b>10.50</b>	<b>4.99</b>	<b>47.50</b>	<b>4.96</b>	<b>47.20</b>	<b>0.56</b>	<b>5.30</b>

Fuente: Propia

**Tabla 26.** Rendimiento en peso del vermicompost obtenido en el tratamiento: M1F2

Bloque	Rep.	Peso inicial	Peso del sustrato	Peso inicial total	Peso final del vermicompost		Peso de alimento consumido		Peso de alimento no consumido	
		(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)
I	1	0.50	10.00	10.50	5.57	53.00	4.73	45.00	0.21	2.00
	2	0.50	10.00	10.50	5.51	52.50	4.83	46.00	0.16	1.50
	3	0.50	10.00	10.50	5.46	52.00	4.52	43.00	0.53	5.00
	4	0.50	10.00	10.50	5.46	52.00	4.52	43.00	0.53	5.00
	5	0.50	10.00	10.50	5.57	53.00	4.62	44.00	0.32	3.00
	<b>Prom.</b>	<b>0.50</b>	<b>10.00</b>	<b>10.50</b>	<b>5.51</b>	<b>52.50</b>	<b>4.64</b>	<b>44.20</b>	<b>0.35</b>	<b>3.30</b>
II	1	0.50	10.00	10.50	5.46	52.00	4.73	45.00	0.21	2.00
	2	0.50	10.00	10.50	5.46	52.00	4.83	46.00	0.16	1.50
	3	0.50	10.00	10.50	5.51	52.50	4.52	43.00	0.53	5.00
	4	0.50	10.00	10.50	5.57	53.00	4.52	43.00	0.53	5.00
	5	0.50	10.00	10.50	5.57	53.00	4.62	44.00	0.32	3.00
	<b>Prom.</b>	<b>0.50</b>	<b>10.00</b>	<b>10.50</b>	<b>5.51</b>	<b>52.50</b>	<b>4.64</b>	<b>44.20</b>	<b>0.35</b>	<b>3.30</b>
<b>Suma</b>		<b>1.00</b>	<b>20.00</b>	<b>21.00</b>	<b>11.03</b>	<b>105.00</b>	<b>9.28</b>	<b>88.40</b>	<b>0.69</b>	<b>6.60</b>
<b>Promedio</b>		<b>0.50</b>	<b>10.00</b>	<b>10.50</b>	<b>5.51</b>	<b>52.50</b>	<b>4.64</b>	<b>44.20</b>	<b>0.35</b>	<b>3.30</b>

Fuente: Propia

**Tabla 27.** Rendimiento en peso del vermicompost obtenido en el tratamiento: M1F3

Bloque	Rep.	Peso inicial	Peso del sustrato	Peso inicial total	Peso final del vermicompost		Peso de alimento consumido		Peso de alimento no consumido	
		(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)
I	1	0.50	10.00	10.50	5.78	55.00	4.41	42.00	0.32	3.00
	2	0.50	10.00	10.50	5.88	56.00	4.52	43.00	0.11	1.00
	3	0.50	10.00	10.50	5.88	56.00	4.41	42.00	0.21	2.00
	4	0.50	10.00	10.50	5.99	57.00	4.41	42.00	0.11	1.00
	5	0.50	10.00	10.50	5.88	56.00	4.41	42.00	0.21	2.00
	<b>Prom.</b>	<b>0.50</b>	<b>10.00</b>	<b>10.50</b>	<b>5.88</b>	<b>56.00</b>	<b>4.43</b>	<b>42.20</b>	<b>0.19</b>	<b>1.80</b>
II	1	0.50	10.00	10.50	5.78	55.00	4.41	42.00	0.32	3.00
	2	0.50	10.00	10.50	5.88	56.00	4.52	43.00	0.11	1.00
	3	0.50	10.00	10.50	5.88	56.00	4.41	42.00	0.21	2.00
	4	0.50	10.00	10.50	5.88	56.00	4.41	42.00	0.11	1.00
	5	0.50	10.00	10.50	5.99	57.00	4.41	42.00	0.21	2.00
	<b>Prom.</b>	<b>0.50</b>	<b>10.00</b>	<b>10.50</b>	<b>5.88</b>	<b>56.00</b>	<b>4.43</b>	<b>42.20</b>	<b>0.19</b>	<b>1.80</b>
<b>Suma</b>		<b>1.00</b>	<b>20.00</b>	<b>21.00</b>	<b>11.76</b>	<b>112.00</b>	<b>8.86</b>	<b>84.40</b>	<b>0.38</b>	<b>3.60</b>
<b>Promedio</b>		<b>0.50</b>	<b>10.00</b>	<b>10.50</b>	<b>5.88</b>	<b>56.00</b>	<b>4.43</b>	<b>42.20</b>	<b>0.19</b>	<b>1.80</b>

Fuente: Propia

**Tabla 28.** Rendimiento en peso del vermicompost obtenido en el tratamiento: M2F1

Bloque	Rep.	Peso inicial	Peso del sustrato	Peso inicial total	Peso final del vermicompost		Peso de alimento consumido		Peso de alimento no consumido	
		(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)
I	1	0.50	10.00	10.50	4.94	47.00	5.04	48.00	0.53	5.00
	2	0.50	10.00	10.50	5.04	48.00	4.83	46.00	0.63	6.00
	3	0.50	10.00	10.50	5.25	50.00	4.94	47.00	0.58	5.50
	4	0.50	10.00	10.50	5.20	49.50	4.83	46.00	0.42	4.00
	5	0.50	10.00	10.50	5.04	48.00	4.83	46.00	0.53	5.00
	<b>Prom.</b>	<b>0.50</b>	<b>10.00</b>	<b>10.50</b>	<b>5.09</b>	<b>48.50</b>	<b>4.89</b>	<b>46.60</b>	<b>0.54</b>	<b>5.10</b>
II	1	0.50	10.00	10.50	4.94	47.00	5.04	48.00	0.53	5.00
	2	0.50	10.00	10.50	5.04	48.00	4.83	46.00	0.63	6.00
	3	0.50	10.00	10.50	5.09	48.50	4.94	47.00	0.58	5.50
	4	0.50	10.00	10.50	5.15	49.00	4.83	46.00	0.42	4.00
	5	0.50	10.00	10.50	5.25	50.00	4.83	46.00	0.53	5.00
	<b>Prom.</b>	<b>0.50</b>	<b>10.00</b>	<b>10.50</b>	<b>5.09</b>	<b>48.50</b>	<b>4.89</b>	<b>46.60</b>	<b>0.54</b>	<b>5.10</b>
<b>Suma</b>		<b>1.00</b>	<b>20.00</b>	<b>21.00</b>	<b>10.19</b>	<b>97.00</b>	<b>9.79</b>	<b>93.20</b>	<b>1.07</b>	<b>10.20</b>
<b>Promedio</b>		<b>0.50</b>	<b>10.00</b>	<b>10.50</b>	<b>5.09</b>	<b>48.50</b>	<b>4.89</b>	<b>46.60</b>	<b>0.54</b>	<b>5.10</b>

Fuente: Propia

**Tabla 29.** Rendimiento en peso del vermicompost obtenido en el tratamiento: M2F2

Bloque	Rep.	Peso inicial	Peso del sustrato	Peso inicial total	Peso final del vermicompost		Peso de alimento consumido		Peso de alimento no consumido	
		(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)
I	1	0.50	10.00	10.50	5.78	55.00	4.41	42.00	0.32	3.00
	2	0.50	10.00	10.50	5.67	54.00	4.41	42.00	0.42	4.00
	3	0.50	10.00	10.50	5.46	52.00	4.73	45.00	0.32	3.00
	4	0.50	10.00	10.50	5.67	54.00	4.52	43.00	0.32	3.00
	5	0.50	10.00	10.50	5.78	55.00	4.41	42.00	0.32	3.00
	<b>Prom.</b>	<b>0.50</b>	<b>10.00</b>	<b>10.50</b>	<b>5.67</b>	<b>54.00</b>	<b>4.49</b>	<b>42.80</b>	<b>0.34</b>	<b>3.20</b>
II	1	0.50	10.00	10.50	5.46	52.00	4.41	42.00	0.32	3.00
	2	0.50	10.00	10.50	5.67	54.00	4.41	42.00	0.42	4.00
	3	0.50	10.00	10.50	5.67	54.00	4.73	45.00	0.32	3.00
	4	0.50	10.00	10.50	5.78	55.00	4.52	43.00	0.32	3.00
	5	0.50	10.00	10.50	5.78	55.00	4.41	42.00	0.32	3.00
	<b>Prom.</b>	<b>0.50</b>	<b>10.00</b>	<b>10.50</b>	<b>5.67</b>	<b>54.00</b>	<b>4.49</b>	<b>42.80</b>	<b>0.34</b>	<b>3.20</b>
<b>Suma</b>		<b>1.00</b>	<b>20.00</b>	<b>21.00</b>	<b>11.34</b>	<b>108.00</b>	<b>8.99</b>	<b>85.60</b>	<b>0.67</b>	<b>6.40</b>
<b>Promedio</b>		<b>0.50</b>	<b>10.00</b>	<b>10.50</b>	<b>5.67</b>	<b>54.00</b>	<b>4.49</b>	<b>42.80</b>	<b>0.34</b>	<b>3.20</b>

Fuente: Propia

**Tabla 30.** Rendimiento en peso del vermicompost obtenido en el tratamiento: M2F3

Bloque	Rep.	Peso inicial	Peso del sustrato	Peso inicial total	Peso final del vermicompost		Peso de alimento consumido		Peso de alimento no consumido	
		(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)
I	1	0.50	10.00	10.50	6.04	57.50	4.31	41.00	0.16	1.50
	2	0.50	10.00	10.50	6.09	58.00	4.31	41.00	0.11	1.00
	3	0.50	10.00	10.50	6.04	57.50	4.31	41.00	0.16	1.50
	4	0.50	10.00	10.50	6.04	57.50	4.20	40.00	0.26	2.50
	5	0.50	10.00	10.50	5.99	57.00	4.41	42.00	0.11	1.00
	<b>Prom.</b>	<b>0.50</b>	<b>10.00</b>	<b>10.50</b>	<b>6.04</b>	<b>57.50</b>	<b>4.31</b>	<b>41.00</b>	<b>0.16</b>	<b>1.50</b>
II	1	0.50	10.00	10.50	5.99	57.00	4.31	41.00	0.16	1.50
	2	0.50	10.00	10.50	6.04	57.50	4.31	41.00	0.11	1.00
	3	0.50	10.00	10.50	6.04	57.50	4.31	41.00	0.16	1.50
	4	0.50	10.00	10.50	6.04	57.50	4.20	40.00	0.26	2.50
	5	0.50	10.00	10.50	6.09	58.00	4.41	42.00	0.11	1.00
	<b>Prom.</b>	<b>0.50</b>	<b>10.00</b>	<b>10.50</b>	<b>6.04</b>	<b>57.50</b>	<b>4.31</b>	<b>41.00</b>	<b>0.16</b>	<b>1.50</b>
<b>Suma</b>		<b>1.00</b>	<b>20.00</b>	<b>21.00</b>	<b>12.08</b>	<b>115.00</b>	<b>8.61</b>	<b>82.00</b>	<b>0.32</b>	<b>3.00</b>
<b>Promedio</b>		<b>0.50</b>	<b>10.00</b>	<b>10.50</b>	<b>6.04</b>	<b>57.50</b>	<b>4.31</b>	<b>41.00</b>	<b>0.16</b>	<b>1.50</b>

Fuente: Propia

**Tabla 31.** Rendimiento en peso del vermicompost obtenido en el tratamiento: M3F1

Bloque	Rep.	Peso inicial	Peso del sustrato	Peso inicial total	Peso final del vermicompost		Peso de alimento consumido		Peso de alimento no consumido	
		(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)
I	1	0.50	10.00	10.50	5.15	49.00	4.83	46.00	0.53	5.00
	2	0.50	10.00	10.50	5.04	48.00	4.83	46.00	0.63	6.00
	3	0.50	10.00	10.50	5.15	49.00	4.78	45.50	0.32	3.00
	4	0.50	10.00	10.50	5.25	50.00	4.83	46.00	0.53	5.00
	5	0.50	10.00	10.50	5.15	49.00	4.83	46.00	0.63	6.00
	<b>Prom.</b>	<b>0.50</b>	<b>10.00</b>	<b>10.50</b>	<b>5.15</b>	<b>49.00</b>	<b>4.82</b>	<b>45.90</b>	<b>0.53</b>	<b>5.00</b>
II	1	0.50	10.00	10.50	5.04	48.00	4.83	46.00	0.53	5.00
	2	0.50	10.00	10.50	5.15	49.00	4.83	46.00	0.63	6.00
	3	0.50	10.00	10.50	5.15	49.00	4.78	45.50	0.32	3.00
	4	0.50	10.00	10.50	5.15	49.00	4.83	46.00	0.53	5.00
	5	0.50	10.00	10.50	5.25	50.00	4.83	46.00	0.63	6.00
	<b>Prom.</b>	<b>0.50</b>	<b>10.00</b>	<b>10.50</b>	<b>5.15</b>	<b>49.00</b>	<b>4.82</b>	<b>45.90</b>	<b>0.53</b>	<b>5.00</b>
<b>Suma</b>		<b>1.00</b>	<b>20.00</b>	<b>21.00</b>	<b>10.29</b>	<b>98.00</b>	<b>9.64</b>	<b>91.80</b>	<b>1.05</b>	<b>10.00</b>
<b>Promedio</b>		<b>0.50</b>	<b>10.00</b>	<b>10.50</b>	<b>5.15</b>	<b>49.00</b>	<b>4.82</b>	<b>45.90</b>	<b>0.53</b>	<b>5.00</b>

Fuente: Propia

**Tabla 32.** Rendimiento en peso del vermicompost obtenido en el tratamiento: M3F2

Bloque	Rep.	Peso inicial	Peso del sustrato	Peso inicial total	Peso final del vermicompost		Peso de alimento consumido		Peso de alimento no consumido	
		(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)
I	1	0.50	10.00	10.50	5.57	53.00	4.62	44.00	0.32	3.00
	2	0.50	10.00	10.50	5.78	55.00	4.41	42.00	0.32	3.00
	3	0.50	10.00	10.50	5.78	55.00	4.41	42.00	0.32	3.00
	4	0.50	10.00	10.50	5.57	53.00	4.52	43.00	0.42	4.00
	5	0.50	10.00	10.50	5.67	54.00	4.52	43.00	0.32	3.00
	<b>Prom.</b>	<b>0.50</b>	<b>10.00</b>	<b>10.50</b>	<b>5.67</b>	<b>54.00</b>	<b>4.49</b>	<b>42.80</b>	<b>0.34</b>	<b>3.20</b>
II	1	0.50	10.00	10.50	5.78	55.00	4.62	44.00	0.32	3.00
	2	0.50	10.00	10.50	5.78	55.00	4.41	42.00	0.32	3.00
	3	0.50	10.00	10.50	5.67	54.00	4.41	42.00	0.32	3.00
	4	0.50	10.00	10.50	5.57	53.00	4.52	43.00	0.42	4.00
	5	0.50	10.00	10.50	5.57	53.00	4.52	43.00	0.32	3.00
	<b>Prom.</b>	<b>0.50</b>	<b>10.00</b>	<b>10.50</b>	<b>5.67</b>	<b>54.00</b>	<b>4.49</b>	<b>42.80</b>	<b>0.34</b>	<b>3.20</b>
<b>Suma</b>		<b>1.00</b>	<b>20.00</b>	<b>21.00</b>	<b>11.34</b>	<b>108.00</b>	<b>8.99</b>	<b>85.60</b>	<b>0.67</b>	<b>6.40</b>
<b>Promedio</b>		<b>0.50</b>	<b>10.00</b>	<b>10.50</b>	<b>5.67</b>	<b>54.00</b>	<b>4.49</b>	<b>42.80</b>	<b>0.34</b>	<b>3.20</b>

Fuente: Propia

**Tabla 33.** Rendimiento en peso del vermicompost obtenido en el tratamiento: M3F3

Bloque	Rep.	Peso inicial	Peso del sustrato	Peso inicial total	Peso final del vermicompost		Peso de alimento consumido		Peso de alimento no consumido	
		(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)
I	1	0.50	10.00	10.50	6.30	60.00	4.10	39.00	0.11	1.00
	2	0.50	10.00	10.50	5.99	57.00	4.41	42.00	0.11	1.00
	3	0.50	10.00	10.50	6.09	58.00	4.20	40.00	0.21	2.00
	4	0.50	10.00	10.50	6.09	58.00	4.20	40.00	0.21	2.00
	5	0.50	10.00	10.50	5.99	57.00	4.41	42.00	0.11	1.00
	<b>Prom.</b>	<b>0.50</b>	<b>10.00</b>	<b>10.50</b>	<b>6.09</b>	<b>58.00</b>	<b>4.26</b>	<b>40.60</b>	<b>0.15</b>	<b>1.40</b>
II	1	0.50	10.00	10.50	5.99	57.00	4.10	39.00	0.11	1.00
	2	0.50	10.00	10.50	5.99	57.00	4.41	42.00	0.11	1.00
	3	0.50	10.00	10.50	6.09	58.00	4.20	40.00	0.21	2.00
	4	0.50	10.00	10.50	6.09	58.00	4.20	40.00	0.21	2.00
	5	0.50	10.00	10.50	6.30	60.00	4.41	42.00	0.11	1.00
	<b>Prom.</b>	<b>0.50</b>	<b>10.00</b>	<b>10.50</b>	<b>6.09</b>	<b>58.00</b>	<b>4.26</b>	<b>40.60</b>	<b>0.15</b>	<b>1.40</b>
<b>Suma</b>		<b>1.00</b>	<b>20.00</b>	<b>21.00</b>	<b>12.18</b>	<b>116.00</b>	<b>8.53</b>	<b>81.20</b>	<b>0.29</b>	<b>2.80</b>
<b>Promedio</b>		<b>0.50</b>	<b>10.00</b>	<b>10.50</b>	<b>6.09</b>	<b>58.00</b>	<b>4.26</b>	<b>40.60</b>	<b>0.15</b>	<b>1.40</b>

Fuente: Propia

**Tabla 34.** Promedio de rendimiento de vermicompost con diferentes fuentes de materia orgánica y microorganismos eficaces (kg de vermicompost/kg de sustrato).

Bloque	M1			M2			M3		
	F1	F1	F3	F1	F2	F3	F1	F2	F3
I	0.48	0.53	0.56	0.49	0.54	0.58	0.49	0.54	0.58
II	0.48	0.53	0.56	0.49	0.54	0.58	0.49	0.54	0.58
<b>Total</b>	<b>0.95</b>	<b>1.05</b>	<b>1.12</b>	<b>0.97</b>	<b>1.08</b>	<b>1.15</b>	<b>0.98</b>	<b>1.08</b>	<b>1.16</b>
<b>Promedio</b>	<b>0.475</b>	<b>0.525</b>	<b>0.560</b>	<b>0.485</b>	<b>0.540</b>	<b>0.575</b>	<b>0.490</b>	<b>0.540</b>	<b>0.580</b>

Fuente: Propia

**Tabla 35.** Costo de producción y análisis económico del tratamiento: M1F1

Item	Características	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Costo total (S/.)
<b>1.</b>	<b>COSTOS DIRECTOS</b>				<b>15380.00</b>
<b>1.1.</b>	<b>Preparacion del area experimental</b>				<b>2000.00</b>
1.1.1.	Preparacion del terreno (alquiler del invernadero)	Alquiler	1.00	1000.00	1000.00
1.1.2.	Preparacion de las camas de vermicompostaje (distribucion DBCA)	Alquiler	1.00	500.00	500.00
1.1.3.	Preparacion de composteras	Alquiler	1.00	500.00	500.00
<b>1.2.</b>	<b>Activacion de microorganismos eficientes (EM)</b>				<b>0.00</b>
1.2.1.	Agua	Litros	0.00	0.20	0.00
1.2.2.	Microorganismos Eficiente EM-1	Litros	0.00	52.00	0.00
1.2.3.	Melaza	Kg	0.00	6.00	0.00
1.2.4.	Bidones de 20 litros hermeticos	Unidad	0.00	20.00	0.00
1.2.5.	Mochila fumigadora de 20 litro	Unidad	0.00	105.00	0.00
<b>1.3.</b>	<b>Preparación de sustratos</b>				<b>8580.00</b>
1.3.1.	Estiercol de vacuno	Kg	13500.00	0.30	4050.00
1.3.2.	Aserrin de madera	Kg	6750.00	0.20	1350.00
1.3.3.	Residuos vegetales (cascara de platano)	Kg	3375.00	0.40	1350.00
1.3.4.	Residuos vegetales (cascara de tomate)	Kg	1350.00	0.30	405.00
1.3.5.	Residuos vegetales (cascara de lechuga)	Kg	2025.00	0.20	405.00
1.3.6.	Balanza de 35 kg	Unidad	1.00	120.00	120.00
1.3.7.	Sacos de 30 kg	Unidad	450.00	2.00	900.00
<b>1.4.</b>	<b>Labores culturales</b>				<b>4800.00</b>
1.4.1.	Pre compostaje	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.2.	Riego al compost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.3.	Incorporación de sustrato a los lechos (camas)	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.4.	Incorporación de lombrices a los lechos (camas) con sustrato	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.5.	Incorporación de sustrato cada cierto tiempo.	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.6.	Aplicación de agua, mediante la prueba de puño	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.7.	Control sanitario del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.8.	Aplicación de trampas de lombrices	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.9.	Recoleccion de lombrices	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.10.	Recoleccion de vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.11.	Secado del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.12.	Tamizado del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.13.	Pesado del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.14.	Emboldo del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.15.	Almacenado del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
<b>2.</b>	<b>COSTOS INDIRECTOS</b>				<b>1735.40</b>
2.1	Agua	Litros	500.00	0.01	5.00
2.2.	Analisis de muestras de sustratos	Muestras	1.00	50.00	50.00
2.3.	Analisis de muestras de vermicompost	Muestras	9.00	50.00	450.00
2.4.	Otros gastos (gastos Administrativos)	8 % del costo directo			1230.40
<b>3.</b>	<b>COSTO TOTAL</b>				<b>17115.40</b>
<b>ANALISIS ECONOMICO</b>					
	Rendimiento de vermicompost por cama (kg/m3)	kg		0.48	475.00
	Rendimiento de vermicompost (kg/ 27 m3)	kg			12825.00
	Costo total del vermicompost	S/.			17115.40
	Precio por kilogramo vermicompost	S/.			2.50
	Ingreso Bruto	S/.			32062.50
	Ingreso Neto	S/.			14947.10
	Rentabilidad	%			87.33
	Relacion Beneficio/Costo				1.87

**Tabla 36.** Costo de producción y análisis económico del tratamiento: M1F2

Item	Características	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Costo total (S/.)
<b>1.</b>	<b>COSTOS DIRECTOS</b>				<b>15785.00</b>
<b>1.1.</b>	<b>Preparacion del area experimental</b>				<b>2000.00</b>
1.1.1.	Preparacion del terreno (alquiler del invernadero)	Alquiler	1.00	1000.00	1000.00
1.1.2.	Preparacion de las camas de vermicompostaje (distribucion DBCA)	Alquiler	1.00	500.00	500.00
1.1.3.	Preparacion de composteras	Alquiler	1.00	500.00	500.00
<b>1.2.</b>	<b>Activacion de microorganismos eficientes (EM)</b>				<b>0.00</b>
1.2.1.	Agua	Litros	0.00	0.20	0.00
1.2.2.	Microorganismos Eficiente EM-1	Litros	0.00	52.00	0.00
1.2.3.	Melaza	Kg	0.00	6.00	0.00
1.2.4.	Bidones de 20 litros ermeticos	Unidad	0.00	20.00	0.00
1.2.5.	Mochila fumigadora de 20 litro	Unidad	0.00	105.00	0.00
<b>1.3.</b>	<b>Preparación de sustratos</b>				<b>8985.00</b>
1.3.1.	Estiercol de vacuno	Kg	13500.00	0.30	4050.00
1.3.2.	Aserrin de madera	Kg	3375.00	0.20	675.00
1.3.3.	Residuos vegetales (cascara de platano)	Kg	5062.50	0.40	2025.00
1.3.4.	Residuos vegetales (cascara de tomate)	Kg	2025.00	0.30	607.50
1.3.5.	Residuos vegetales (cascara de lechuga)	Kg	3037.50	0.20	607.50
1.3.6.	Balanza de 35 kg	Unidad	1.00	120.00	120.00
1.3.7.	Sacos de 30 kg	Unidad	450.00	2.00	900.00
<b>1.4.</b>	<b>Labores culturales</b>				<b>4800.00</b>
1.4.1.	Pre compostaje	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.2.	Riego al compost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.3.	Incorporación de sustrato a los lechos (camas)	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.4.	Incorporación de lombrices a los lechos (camas) con sustrato	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.5.	Incorporación de sustrato cada cierto tiempo.	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.6.	Aplicación de agua, mediante la prueba de puño	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.7.	Control sanitario del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.8.	Aplicación de trampas de lombrices	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.9.	Recoleccion de lombrices	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.10.	Recolección de vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.11.	Secado del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.12.	Tamizado del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.13.	Pesado del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.14.	Emboldo del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.15.	Almacenado del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
<b>2.</b>	<b>COSTOS INDIRECTOS</b>				<b>1767.80</b>
2.1	Agua	Litros	500.00	0.01	5.00
2.2.	Análisis de muestras de sustratos	Muestras	1.00	50.00	50.00
2.3.	Análisis de muestras de vermicompost	Muestras	9.00	50.00	450.00
2.4.	Otros gastos (gastos Administrativos)	8 % del costo directo			1262.80
<b>3.</b>	<b>COSTO TOTAL</b>				<b>17552.80</b>
<b>ANALISIS ECONOMICO</b>					
	Rendimiento de vermicompost por cama (kg/m3)	kg		0.53	525.00
	Rendimiento de vermicompost (kg/ 27 m3)	kg			14175.00
	Costo total del vermicompost	S/.			17552.80
	Precio por kilogramo vermicompost	S/.			2.50
	Ingreso Bruto	S/.			35437.50
	Ingreso Neto	S/.			17884.70
	Rentabilidad	%			101.89
	Relacion Beneficio/Costo				2.02

**Tabla 37.** Costo de producción y análisis económico del tratamiento: M1F3

Item	Características	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Costo total (S/.)
<b>1.</b>	<b>COSTOS DIRECTOS</b>				<b>16190.00</b>
<b>1.1.</b>	<b>Preparacion del area experimental</b>				<b>2000.00</b>
1.1.1.	Preparacion del terreno (alquiler del invernadero)	Alquiler	1.00	1000.00	1000.00
1.1.2.	Preparacion de las camas de vermicompostaje (distribucion DBCA)	Alquiler	1.00	500.00	500.00
1.1.3.	Preparacion de composteras	Alquiler	1.00	500.00	500.00
<b>1.2.</b>	<b>Activacion de microorganismos eficientes (EM)</b>				<b>0.00</b>
1.2.1.	Agua	Litros	0.00	0.20	0.00
1.2.2.	Microorganismos Eficiente EM-1	Litros	0.00	52.00	0.00
1.2.3.	Melaza	Kg	0.00	6.00	0.00
1.2.4.	Bidones de 20 litros ermeticos	Unidad	0.00	20.00	0.00
1.2.5.	Mochila fumigadora de 20 litro	Unidad	0.00	105.00	0.00
<b>1.3.</b>	<b>Preparación de sustratos</b>				<b>9390.00</b>
1.3.1.	Estiercol de vacuno	Kg	13500.00	0.30	4050.00
1.3.2.	Aserrin de madera	Kg	0.00	0.20	0.00
1.3.3.	Residuos vegetales (cascara de platano)	Kg	6750.00	0.40	2700.00
1.3.4.	Residuos vegetales (cascara de tomate)	Kg	2700.00	0.30	810.00
1.3.5.	Residuos vegetales (cascara de lechuga)	Kg	4050.00	0.20	810.00
1.3.6.	Balanza de 35 kg	Unidad	1.00	120.00	120.00
1.3.7.	Sacos de 30 kg	Unidad	450.00	2.00	900.00
<b>1.4.</b>	<b>Labores culturales</b>				<b>4800.00</b>
1.4.1.	Pre compostaje	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.2.	Riego al compost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.3.	Incorporación de sustrato a los lechos (camas)	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.4.	Incorporación de lombrices a los lechos (camas) con sustrato	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.5.	Incorporación de sustrato cada cierto tiempo.	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.6.	Aplicación de agua, mediante la prueba de puño	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.7.	Control sanitario del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.8.	Aplicación de trampas de lombrices	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.9.	Recoleccion de lombrices	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.10.	Recolección de vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.11.	Secado del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.12.	Tamizado del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.13.	Pesado del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.14.	Emboldo del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.15.	Almacenado del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
<b>2.</b>	<b>COSTOS INDIRECTOS</b>				<b>1800.20</b>
2.1	Agua	Litros	500.00	0.01	5.00
2.2.	Analisis de muestras de sustratos	Muestras	1.00	50.00	50.00
2.3.	Analisis de muestras de vermicompost	Muestras	9.00	50.00	450.00
2.4.	Otros gastos (gastos Administrativos)	8 % del costo directo			1295.20
<b>3.</b>	<b>COSTO TOTAL</b>				<b>17990.20</b>
<b>ANALISIS ECONOMICO</b>					
	Rendimiento de vermicompost por cama (kg/m3)	kg		0.56	560.00
	Rendimiento de vermicompost (kg/ 27 m3)	kg			15120.00
	Costo total del vermicompost	S/.			17990.20
	Precio por kilogramo vermicompost	S/.			2.50
	Ingreso Bruto	S/.			37800.00
	Ingreso Neto	S/.			19809.80
	Rentabilidad	%			110.11
	Relacion Beneficio/Costo				2.10

**Tabla 38.** Costo de producción y análisis económico del tratamiento: M2F1

Item	Características	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Costo total (S/.)
<b>1.</b>	<b>COSTOS DIRECTOS</b>				<b>15566.60</b>
<b>1.1.</b>	<b>Preparacion del area experimental</b>				<b>2000.00</b>
1.1.1.	Preparacion del terreno (alquiler del invernadero)	Alquiler	1.00	1000.00	1000.00
1.1.2.	Preparacion de las camas de vermicompostaje (distribucion DBCA)	Alquiler	1.00	500.00	500.00
1.1.3.	Preparacion de composteras	Alquiler	1.00	500.00	500.00
<b>1.2.</b>	<b>Activacion de microorganismos eficientes (EM)</b>				<b>186.60</b>
1.2.1.	Agua	Litros	18.00	0.20	3.60
1.2.2.	Microorganismos Eficiente EM-1	Litros	1.00	52.00	52.00
1.2.3.	Melaza	Kg	1.00	6.00	6.00
1.2.4.	Bidones de 20 litros ermeticos	Unidad	1.00	20.00	20.00
1.2.5.	Mochila fumigadora de 20 litro	Unidad	1.00	105.00	105.00
<b>1.3.</b>	<b>Preparación de sustratos</b>				<b>8580.00</b>
1.3.1.	Estiercol de vacuno	Kg	13500.00	0.30	4050.00
1.3.2.	Aserrin de madera	Kg	6750.00	0.20	1350.00
1.3.3.	Residuos vegetales (cascara de platano)	Kg	3375.00	0.40	1350.00
1.3.4.	Residuos vegetales (cascara de tomate)	Kg	1350.00	0.30	405.00
1.3.5.	Residuos vegetales (cascara de lechuga)	Kg	2025.00	0.20	405.00
1.3.6.	Balanza de 35 kg	Unidad	1.00	120.00	120.00
1.3.7.	Sacos de 30 kg	Unidad	450.00	2.00	900.00
<b>1.4.</b>	<b>Labores culturales</b>				<b>4800.00</b>
1.4.1.	Pre compostaje	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.2.	Riego al compost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.3.	Incorporación de sustrato a los lechos (camas)	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.4.	Incorporación de lombrices a los lechos (camas) con sustrato	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.5.	Incorporación de sustrato cada cierto tiempo.	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.6.	Aplicación de agua, mediante la prueba de puño	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.7.	Control sanitario del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.8.	Aplicación de trampas de lombrices	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.9.	Recoleccion de lombrices	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.10.	Recolección de vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.11.	Secado del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.12.	Tamizado del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.13.	Pesado del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.14.	Emboldo del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.15.	Almacenado del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
<b>2.</b>	<b>COSTOS INDIRECTOS</b>				<b>1750.33</b>
2.1	Agua	Litros	500.00	0.01	5.00
2.2.	Analisis de muestras de sustratos	Muestras	1.00	50.00	50.00
2.3.	Analisis de muestras de vermicompost	Muestras	9.00	50.00	450.00
2.4.	Otros gastos (gastos Administrativos)	8 % del costo directo			1245.33
<b>3.</b>	<b>COSTO TOTAL</b>				<b>17316.93</b>
<b>ANALISIS ECONOMICO</b>					
	Rendimiento de vermicompost por cama (kg/m3)	kg		0.49	485.00
	Rendimiento de vermicompost (kg/ 27 m3)	kg			13095.00
	Costo total del vermicompost	S/.			17316.93
	Precio por kilogramo vermicompost	S/.			2.50
	Ingreso Bruto	S/.			32737.50
	Ingreso Neto	S/.			15420.57
	Rentabilidad	%			89.05
	Relacion Beneficio/Costo				1.89

**Tabla 39.** Costo de producción y análisis económico del tratamiento: M2F2

Item	Características	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Costo total (S/.)
<b>1.</b>	<b>COSTOS DIRECTOS</b>				<b>15971.60</b>
<b>1.1.</b>	<b>Preparacion del area experimental</b>				<b>2000.00</b>
1.1.1.	Preparacion del terreno (alquiler del invernadero)	Alquiler	1.00	1000.00	1000.00
1.1.2.	Preparacion de las camas de vermicompostaje (distribucion DBCA)	Alquiler	1.00	500.00	500.00
1.1.3.	Preparacion de composteras	Alquiler	1.00	500.00	500.00
<b>1.2.</b>	<b>Activacion de microorganismos eficientes (EM)</b>				<b>186.60</b>
1.2.1.	Agua	Litros	18.00	0.20	3.60
1.2.2.	Microorganismos Eficiente EM-1	Litros	1.00	52.00	52.00
1.2.3.	Melaza	Kg	1.00	6.00	6.00
1.2.4.	Bidones de 20 litros ermeticos	Unidad	1.00	20.00	20.00
1.2.5.	Mochila fumigadora de 20 litro	Unidad	1.00	105.00	105.00
<b>1.3.</b>	<b>Preparación de sustratos</b>				<b>8985.00</b>
1.3.1.	Estiercol de vacuno	Kg	13500.00	0.30	4050.00
1.3.2.	Aserrin de madera	Kg	3375.00	0.20	675.00
1.3.3.	Residuos vegetales (cascara de platano)	Kg	5062.50	0.40	2025.00
1.3.4.	Residuos vegetales (cascara de tomate)	Kg	2025.00	0.30	607.50
1.3.5.	Residuos vegetales (cascara de lechuga)	Kg	3037.50	0.20	607.50
1.3.6.	Balanza de 35 kg	Unidad	1.00	120.00	120.00
1.3.7.	Sacos de 30 kg	Unidad	450.00	2.00	900.00
<b>1.4.</b>	<b>Labores culturales</b>				<b>4800.00</b>
1.4.1.	Pre compostaje	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.2.	Riego al compost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.3.	Incorporación de sustrato a los lechos (camas)	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.4.	Incorporación de lombrices a los lechos (camas) con sustrato	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.5.	Incorporación de sustrato cada cierto tiempo.	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.6.	Aplicación de agua, mediante la prueba de puño	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.7.	Control sanitario del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.8.	Aplicación de trampas de lombrices	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.9.	Recoleccion de lombrices	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.10.	Recolección de vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.11.	Secado del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.12.	Tamizado del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.13.	Pesado del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.14.	Emboldo del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.15.	Almacenado del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
<b>2.</b>	<b>COSTOS INDIRECTOS</b>				<b>1782.73</b>
2.1	Agua	Litros	500.00	0.01	5.00
2.2.	Analisis de muestras de sustratos	Muestras	1.00	50.00	50.00
2.3.	Analisis de muestras de vermicompost	Muestras	9.00	50.00	450.00
2.4.	Otros gastos (gastos Administrativos)	8 % del costo directo			1277.73
<b>3.</b>	<b>COSTO TOTAL</b>				<b>17754.33</b>
<b>ANALISIS ECONOMICO</b>					
	Rendimiento de vermicompost por cama (kg/m3)	Kg		0.54	540.00
	Rendimiento de vermicompost (kg/ 27 m3)	Kg			14580.00
	Costo total del vermicompost	S/.			17754.33
	Precio por kilogramo vermicompost	S/.			2.50
	Ingreso Bruto	S/.			36450.00
	Ingreso Neto	S/.			18695.67
	Rentabilidad	%			105.30
	Relacion Beneficio/Costo				2.05

**Tabla 40.** Costo de producción y análisis económico del tratamiento: M2F3

Item	Características	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Costo total (S/.)
<b>1.</b>	<b>COSTOS DIRECTOS</b>				<b>16376.60</b>
<b>1.1.</b>	<b>Preparacion del area experimental</b>				<b>2000.00</b>
1.1.1.	Preparacion del terreno (alquiler del invernadero)	Alquiler	1.00	1000.00	1000.00
1.1.2.	Preparacion de las camas de vermicompostaje (distribucion DBCA)	Alquiler	1.00	500.00	500.00
1.1.3.	Preparacion de composteras	Alquiler	1.00	500.00	500.00
<b>1.2.</b>	<b>Activacion de microorganismos eficientes (EM)</b>				<b>186.60</b>
1.2.1.	Agua	Litros	18.00	0.20	3.60
1.2.2.	Microorganismos Eficiente EM-1	Litros	1.00	52.00	52.00
1.2.3.	Melaza	Kg	1.00	6.00	6.00
1.2.4.	Bidones de 20 litros ermeticos	Unidad	1.00	20.00	20.00
1.2.5.	Mochila fumigadora de 20 litro	Unidad	1.00	105.00	105.00
<b>1.3.</b>	<b>Preparación de sustratos</b>				<b>9390.00</b>
1.3.1.	Estiercol de vacuno	Kg	13500.00	0.30	4050.00
1.3.2.	Aserrin de madera	Kg	0.00	0.20	0.00
1.3.3.	Residuos vegetales (cascara de platano)	Kg	6750.00	0.40	2700.00
1.3.4.	Residuos vegetales (cascara de tomate)	Kg	2700.00	0.30	810.00
1.3.5.	Residuos vegetales (cascara de lechuga)	Kg	4050.00	0.20	810.00
1.3.6.	Balanza de 35 kg	Unidad	1.00	120.00	120.00
1.3.7.	Sacos de 30 kg	Unidad	450.00	2.00	900.00
<b>1.4.</b>	<b>Labores culturales</b>				<b>4800.00</b>
1.4.1.	Pre compostaje	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.2.	Riego al compost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.3.	Incorporación de sustrato a los lechos (camas)	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.4.	Incorporación de lombrices a los lechos (camas) con sustrato	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.5.	Incorporación de sustrato cada cierto tiempo.	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.6.	Aplicación de agua, mediante la prueba de puño	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.7.	Control sanitario del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.8.	Aplicación de trampas de lombrices	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.9.	Recoleccion de lombrices	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.10.	Recolección de vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.11.	Secado del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.12.	Tamizado del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.13.	Pesado del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.14.	Emboldo del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.15.	Almacenado del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
<b>2.</b>	<b>COSTOS INDIRECTOS</b>				<b>1815.13</b>
2.1	Agua	Litros	500.00	0.01	5.00
2.2.	Analisis de muestras de sustratos	Muestras	1.00	50.00	50.00
2.3.	Analisis de muestras de vermicompost	Muestras	9.00	50.00	450.00
2.4.	Otros gastos (gastos Administrativos)	8 % del costo directo			1310.13
<b>3.</b>	<b>COSTO TOTAL</b>				<b>18191.73</b>
<b>ANALISIS ECONOMICO</b>					
	Rendimiento de vermicompost por cama (kg/m3)	Kg		0.58	575.00
	Rendimiento de vermicompost (kg/ 27 m3)	Kg			15525.00
	Costo total del vermicompost	S/.			18191.73
	Precio por kilogramo vermicompost	S/.			2.50
	Ingreso Bruto	S/.			38812.50
	Ingreso Neto	S/.			20620.77
	Rentabilidad	%			113.35
	Relacion Beneficio/Costo				2.13

**Tabla 41.** Costo de producción y análisis económico del tratamiento: M3F1

Item	Características	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Costo total (S/.)
<b>1.</b>	<b>COSTOS DIRECTOS</b>				<b>15648.20</b>
<b>1.1.</b>	<b>Preparacion del area experimental</b>				<b>2000.00</b>
1.1.1.	Preparacion del terreno (alquiler del invernadero)	Alquiler	1.00	1000.00	1000.00
1.1.2.	Preparacion de las camas de vermicompostaje (distribucion DBCA)	Alquiler	1.00	500.00	500.00
1.1.3.	Preparacion de composteras	Alquiler	1.00	500.00	500.00
<b>1.2.</b>	<b>Activacion de microorganismos eficientes (EM)</b>				<b>268.20</b>
1.2.1.	Agua	Litros	36.00	0.20	7.20
1.2.2.	Microorganismos Eficiente EM-1	Litros	2.00	52.00	104.00
1.2.3.	Melaza	Kg	2.00	6.00	12.00
1.2.4.	Bidones de 20 litros ermeticos	Unidad	2.00	20.00	40.00
1.2.5.	Mochila fumigadora de 20 litro	Unidad	1.00	105.00	105.00
<b>1.3.</b>	<b>Preparación de sustratos</b>				<b>8580.00</b>
1.3.1.	Estiercol de vacuno	Kg	13500.00	0.30	4050.00
1.3.2.	Aserrin de madera	Kg	6750.00	0.20	1350.00
1.3.3.	Residuos vegetales (cascara de platano)	Kg	3375.00	0.40	1350.00
1.3.4.	Residuos vegetales (cascara de tomate)	Kg	1350.00	0.30	405.00
1.3.5.	Residuos vegetales (cascara de lechuga)	Kg	2025.00	0.20	405.00
1.3.6.	Balanza de 35 kg	Unidad	1.00	120.00	120.00
1.3.7.	Sacos de 30 kg	Unidad	450.00	2.00	900.00
<b>1.4.</b>	<b>Labores culturales</b>				<b>4800.00</b>
1.4.1.	Pre compostaje	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.2.	Riego al compost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.3.	Incorporación de sustrato a los lechos (camas)	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.4.	Incorporación de lombrices a los lechos (camas) con sustrato	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.5.	Incorporación de sustrato cada cierto tiempo.	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.6.	Aplicación de agua, mediante la prueba de puño	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.7.	Control sanitario del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.8.	Aplicación de trampas de lombrices	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.9.	Recoleccion de lombrices	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.10.	Recolección de vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.11.	Secado del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.12.	Tamizado del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.13.	Pesado del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.14.	Emboldo del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.15.	Almacenado del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
<b>2.</b>	<b>COSTOS INDIRECTOS</b>				<b>1756.86</b>
2.1	Agua	Litros	500.00	0.01	5.00
2.2.	Analisis de muestras de sustratos	Muestras	1.00	50.00	50.00
2.3.	Analisis de muestras de vermicompost	Muestras	9.00	50.00	450.00
2.4.	Otros gastos (gastos Administrativos)	8 % del costo directo			1251.86
<b>3.</b>	<b>COSTO TOTAL</b>				<b>17405.06</b>
<b>ANALISIS ECONOMICO</b>					
	Rendimiento de vermicompost por cama (kg/m3)	Kg		0.49	490.00
	Rendimiento de vermicompost (kg/ 27 m3)	Kg			13230.00
	Costo total del vermicompost	S/.			17405.06
	Precio por kilogramo vermicompost	S/.			2.50
	Ingreso Bruto	S/.			33075.00
	Ingreso Neto	S/.			15669.94
	Rentabilidad	%			90.03
	Relacion Beneficio/Costo				1.90

**Tabla 42.** Costo de producción y análisis económico del tratamiento: M3F2

Item	Características	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Costo total (S/.)
<b>1.</b>	<b>COSTOS DIRECTOS</b>				<b>16053.20</b>
<b>1.1.</b>	<b>Preparacion del area experimental</b>				<b>2000.00</b>
1.1.1.	Preparacion del terreno (alquiler del invernadero)	Alquiler	1.00	1000.00	1000.00
1.1.2.	Preparacion de las camas de vermicompostaje (distribucion DBCA)	Alquiler	1.00	500.00	500.00
1.1.3.	Preparacion de composteras	Alquiler	1.00	500.00	500.00
<b>1.2.</b>	<b>Activacion de microorganismos eficientes (EM)</b>				<b>268.20</b>
1.2.1.	Agua	Litros	36.00	0.20	7.20
1.2.2.	Microorganismos Eficiente EM-1	Litros	2.00	52.00	104.00
1.2.3.	Melaza	Kg	2.00	6.00	12.00
1.2.4.	Bidones de 20 litros ermeticos	Unidad	2.00	20.00	40.00
1.2.5.	Mochila fumigadora de 20 litro	Unidad	1.00	105.00	105.00
<b>1.3.</b>	<b>Preparación de sustratos</b>				<b>8985.00</b>
1.3.1.	Estiercol de vacuno	Kg	13500.00	0.30	4050.00
1.3.2.	Aserrin de madera	Kg	3375.00	0.20	675.00
1.3.3.	Residuos vegetales (cascara de platano)	Kg	5062.50	0.40	2025.00
1.3.4.	Residuos vegetales (cascara de tomate)	Kg	2025.00	0.30	607.50
1.3.5.	Residuos vegetales (cascara de lechuga)	Kg	3037.50	0.20	607.50
1.3.6.	Balanza de 35 kg	Unidad	1.00	120.00	120.00
1.3.7.	Sacos de 30 kg	Unidad	450.00	2.00	900.00
<b>1.4.</b>	<b>Labores culturales</b>				<b>4800.00</b>
1.4.1.	Pre compostaje	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.2.	Riego al compost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.3.	Incorporación de sustrato a los lechos (camas)	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.4.	Incorporación de lombrices a los lechos (camas) con sustrato	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.5.	Incorporación de sustrato cada cierto tiempo.	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.6.	Aplicación de agua, mediante la prueba de puño	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.7.	Control sanitario del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.8.	Aplicación de trampas de lombrices	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.9.	Recoleccion de lombrices	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.10.	Recolección de vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.11.	Secado del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.12.	Tamizado del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.13.	Pesado del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.14.	Emboldo del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.15.	Almacenado del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
<b>2.</b>	<b>COSTOS INDIRECTOS</b>				<b>1789.26</b>
2.1	Agua	Litros	500.00	0.01	5.00
2.2.	Analisis de muestras de sustratos	Muestras	1.00	50.00	50.00
2.3.	Analisis de muestras de vermicompost	Muestras	9.00	50.00	450.00
2.4.	Otros gastos (gastos Administrativos)	8 % del costo directo			1284.26
<b>3.</b>	<b>COSTO TOTAL</b>				<b>17842.46</b>
<b>ANALISIS ECONOMICO</b>					
	Rendimiento de vermicompost por cama (kg/m3)	Kg		0.54	540.00
	Rendimiento de vermicompost (kg/ 27 m3)	Kg			14580.00
	Costo total del vermicompost	S/.			17842.46
	Precio por kilogramo vermicompost	S/.			2.50
	Ingreso Bruto	S/.			36450.00
	Ingreso Neto	S/.			18607.54
	Rentabilidad	%			104.29
	Relacion Beneficio/Costo				2.04

**Tabla 43.** Costo de producción y análisis económico del tratamiento: M3F3

Item	Características	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Costo total (S/.)
<b>1.</b>	<b>COSTOS DIRECTOS</b>				<b>16458.20</b>
<b>1.1.</b>	<b>Preparacion del area experimental</b>				<b>2000.00</b>
1.1.1.	Preparacion del terreno (alquiler del invernadero)	Alquiler	1.00	1000.00	1000.00
1.1.2.	Preparacion de las camas de vermicompostaje (distribucion DBCA)	Alquiler	1.00	500.00	500.00
1.1.3.	Preparacion de composteras	Alquiler	1.00	500.00	500.00
<b>1.2.</b>	<b>Activacion de microorganismos eficientes (EM)</b>				<b>268.20</b>
1.2.1.	Agua	Litros	36.00	0.20	7.20
1.2.2.	Microorganismos Eficiente EM-1	Litros	2.00	52.00	104.00
1.2.3.	Melaza	Kg	2.00	6.00	12.00
1.2.4.	Bidones de 20 litros ermeticos	Unidad	2.00	20.00	40.00
1.2.5.	Mochila fumigadora de 20 litro	Unidad	1.00	105.00	105.00
<b>1.3.</b>	<b>Preparación de sustratos</b>				<b>9390.00</b>
1.3.1.	Estiercol de vacuno	Kg	13500.00	0.30	4050.00
1.3.2.	Aserrin de madera	Kg	0.00	0.20	0.00
1.3.3.	Residuos vegetales (cascara de platano)	Kg	6750.00	0.40	2700.00
1.3.4.	Residuos vegetales (cascara de tomate)	Kg	2700.00	0.30	810.00
1.3.5.	Residuos vegetales (cascara de lechuga)	Kg	4050.00	0.20	810.00
1.3.6.	Balanza de 35 kg	Unidad	1.00	120.00	120.00
1.3.7.	Sacos de 30 kg	Unidad	450.00	2.00	900.00
<b>1.4.</b>	<b>Labores culturales</b>				<b>4800.00</b>
1.4.1.	Pre compostaje	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.2.	Riego al compost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.3.	Incorporación de sustrato a los lechos (camas)	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.4.	Incorporación de lombrices a los lechos (camas) con sustrato	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.5.	Incorporación de sustrato cada cierto tiempo.	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.6.	Aplicación de agua, mediante la prueba de puño	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.7.	Control sanitario del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.8.	Aplicación de trampas de lombrices	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.9.	Recoleccion de lombrices	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.10.	Recolección de vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.11.	Secado del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.12.	Tamizado del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.13.	Pesado del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.14.	Emboldo del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
1.4.15.	Almacenado del vermicompost	Servicio	16.00	20.00	320.00
<b>2.</b>	<b>COSTOS INDIRECTOS</b>				<b>1821.66</b>
2.1	Agua	Litros	500.00	0.01	5.00
2.2.	Analisis de muestras de sustratos	Muestras	1.00	50.00	50.00
2.3.	Analisis de muestras de vermicompost	Muestras	9.00	50.00	450.00
2.4.	Otros gastos (gastos Administrativos)	8 % del costo directo			1316.66
<b>3.</b>	<b>COSTO TOTAL</b>				<b>1827.86</b>
<b>ANALISIS ECONOMICO</b>					
	Rendimiento de vermicompost por cama (kg/m3)	Kg		0.58	580.00
	Rendimiento de vermicompost (kg/ 27 m3)	Kg			15660.00
	Costo total del vermicompost	S/.			18279.86
	Precio por kilogramo vermicompost	S/.			2.50
	Ingreso Bruto	S/.			39150.00
	Ingreso Neto	S/.			20870.14
	Rentabilidad	%			114.17
	Relacion Beneficio/Costo				2.14

## ANEXO 2. PANEL FOTOGRÁFICO



**Figura 26.** Obtencion de microorganismos eficientes



**Figura 27.** Pesado de melaza para la activación de EM



**Figura 28.** Pesado de agua hervida de 18 litros



**Figura 29.** Mesclado de EM, melaza y agua en un embase hermetico



**Figura 30.** Activación de microorganismos eficientes durante 30 días



**Figura 31.** Obtención de estiércol de vacuno de 10 días



**Figura 32.** Pesado de EM activado



**Figura 33.** Aplicación de EM activado de 5 y 7.5 % y agua



**Figura 34.** Aireación del compost de una compostera a otra



**Figura 35.** Aplicación de EM activado de 5 y 7.5 % al compost, a 100 kg



**Figura 36.** Aplicación de EM activado de 5 y 7.5 % al compost, a 250 kg



**Figura 37.** Aplicación de EM activado de 5 y 7.5 % al compost, a 300 kg



**Figura 38.** Incorporación de agujeros 5 mm de diámetro a las camas de vermicompost



**Figura 39.** Prueba de filtración en las camas de vermicompost



**Figura 40.** Aplicación de malla de polisombra doble



**Figura 41.** Incorporación de embase para la obtención de lixiviado de vermicompost



**Figura 42.** Picado de residuos vegetales de cascara de lechuga, tomate y plátano.



**Figura 43.** Pesado de residuos vegetales de cascara de lechuga, tomate y plátano.



**Figura 44.** Pesado de compost de ganado vacuno.



**Figura 45.** Mesclado de compost y residuos vegetales en las camas



**Figura 46.** Distribución de sustrato en toda en área de la cama de vermicompost



**Figura 47.** Aplicación de lombrices en las camas de vermicompost



**Figura 48.** Aplicación de 2.5 kg lombrices / 2.5 m<sup>2</sup>



**Figura 49.** Aplicación de agua en el vermicompost



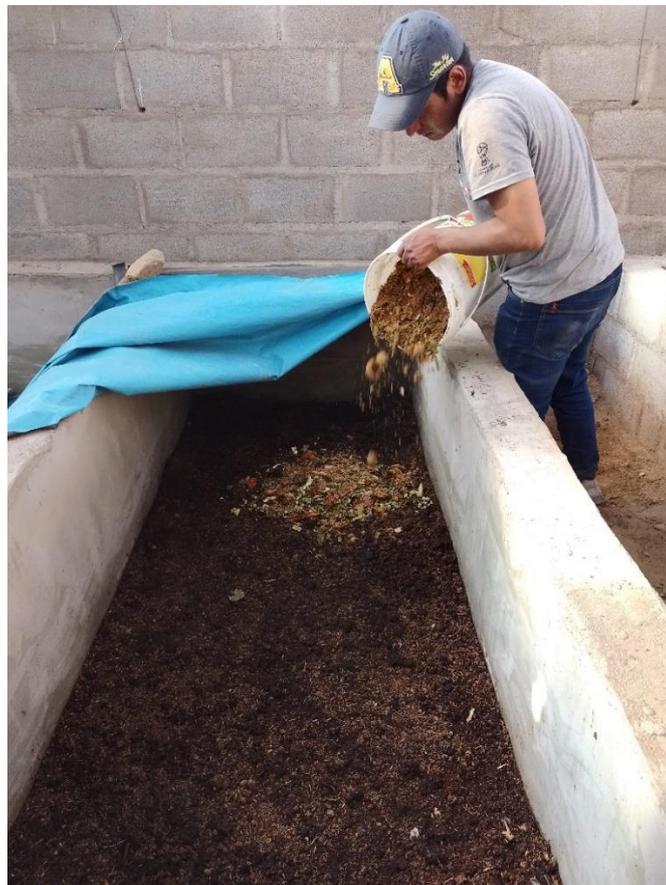
**Figura 50.** Tapado de la cama de vermicompost con un plástica



**Figura 51.** Observación de lixiviado de vermicompost



**Figura 52.** Verificación de vermicompost a los 15 días de instalado



**Figura 53.** Incorporación de sustrato a los 30 días de sustrato



**Figura 54.** Tapado de las vermicomposteras



**Figura 55.** Al ver la homogeneidad se prepara la extracion de vermicompost



**Figura 56.** Poner trampas de tipo lomo de toro



**Figura 57.** Extracción de vermicompost



**Figura 58.** Acumulamiento de vermicompost



**Figura 59.** Secado de vermicompost, en sombra para un secado homogéneo.



**Figura 60.** Secado de vermicompost, para su respectivo tamizado.



**Figura 61.** Preparación de tamizador de 2mm



**Figura 62.** Tamizado de vermicompost



**Figura 63.** Tamizado de vermicompost y extraccion de material no consumido.



**Figura 64.** Pesado de material no consumido por las lombrices.



**Figura 65.** Obtención y pesado de vermicompost.



## ANEXO 3. DESCRIPCIÓN DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, BIOLÓGICAS Y QUÍMICAS



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA  
LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



### RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANALISIS DE HUMUSS DE LOMBRIZ

PROCEDENCIA : DIST. CABANILLA – PROV. LAMPA - PUNO  
INTERESADO : YURI MAMANI SUCASAIRE  
MOTIVO : ANALISIS FISICO QUIMICO  
FECHA DE MUESTREO : 09/06/2022 (por el interesado)  
FECHA DE ANALISIS : 10/06/2022

DETERMINACIONES FISICO - QUIMICAS:

CODIGO DE MUESTRAS	M1 - F1	M1 - F2	M1 - F3
MATERIA ORGANICA %	26.14	31.96	40.85
HUMEDAD %	66.42	63.55	59.65
NITROGENO TOTAL %	1.82	2.08	2.32
FOSFORO TOTAL %	10.50	10.60	10.70
POTASIO TOTAL %	2.20	2.40	2.75

CODIGO DE MUESTRAS	M2 - F1	M2 - F2	M2 - F3
MATERIA ORGANICA %	32.00	33.00	45.92
HUMEDAD %	63.67	64.47	57.68
NITROGENO TOTAL %	2.23	2.22	2.35
FOSFORO TOTAL %	11.80	11.70	11.90
POTASIO TOTAL %	2.15	2.35	2.80

CODIGO DE MUESTRAS	M3 - F1	M3 - F2	M3 - F3
MATERIA ORGANICA %	33.05	33.71	45.73
HUMEDAD %	63.42	63.41	57.46
NITROGENO TOTAL %	2.13	2.39	2.40
FOSFORO TOTAL %	11.20	13.20	13.50
POTASIO TOTAL %	2.01	4.20	4.35

H= Humedad  
M.O= Materia orgánica  
N.T= Nitrógeno total  
P.T = Fosforo total (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)  
K.T = Potasio total (K<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)



*Evaristo Mamani Mamani*  
D. Sc. Evaristo Mamani Mamani  
JEFE DE LABORATORIOS DE AGUAS Y SUELOS