UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE AGRONOMÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TESIS DE GRADO

"DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE HUMUS DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA *(Eisenia foetida)*, EN TRES SUSTRATOS CON FRECUENCIA DE APLICACIÓN DE TRICHODERMA EN LA COMUNIDAD DE VILLA REMEDIOS BAJO - CHULUMANI - LA PAZ"

ALICIA MARCELA SORZANO PABON

LA PAZ – BOLIVIA

2022

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

"DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE HUMUS DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA *(Eisenia foetida),* EN TRES SUSTRATOS CON FRECUENCIA DE APLICACIÓN DE TRICHODERMA EN LA COMUNIDAD DE VILLA REMEDIOS BAJO - CHULUMANI - LA PAZ"

Tesis de Grado presentado como
Requisito parcial para optar el
Título de Ingeniero Agrónomo

ALICIA MARCELA SORZANO PABON

ASESOR:

Ing. M.Sc. Medardo Wilfredo Blanco Villacorta …….

REVISORES:

Ing. Ph D. Vladimir Orsag Cespedes …….

Ing. Milton Indalicio Macías Villalobos …….

Ing. Ph D. Roberto Miranda Casas …….

APROBADO

Presidente Tribunal Examinador …...…….……..

LA PAZ – BOLIVIA

2022

DEDICADO

A MI AMADO SANTIAGO, POR TODO

AQUELLO QUE TENIAMOS PLANEADO

Y AHORA ME TOCA HACERLO SOLA, POR

CONPARTIR TU VIDA ENTERA

TE AMO Y TE EXTRAÑO MUCHO.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la oportunidad de superarme y lograr formarme como profesional Ingeniera Agrónoma.

La formación que brinda la Facultad de Agronomía, en base al desempeño durante la elaboración de la tesis y el principio de la carrera profesional, por ello quiero agradecer a su personal docente, quienes despertaron el interés y amor por esta carrera.

A mis padres María Juana Pabón Velásquez y Constancio Sorzano Cano, quienes me enseñaron que la perseverancia siempre prevalece, por el cariño y la paciencia en la elaboración de esta tesis.

A mis hermanas y sobrina Lucero, Wara y Jaz por el apoyo incondicional, la buena vibra y el afecto a mi persona.

A mi asesor: Ing. Msc. Medardo Wilfredo Blanco Villacorta por el apoyo, orientación, colaboración en campo y el documento final de tesis, también la paciencia, amabilidad supo guiarme con sus aclaraciones y profesionalismo.

A mis revisores: Ing. Ph D. Vladimir Orsag Céspedes, Ing. Ph D. Roberto Miranda Casas e Ing. Milton Indalicio Macías Villalobos por sus acertadas observaciones, sugerencias, el apoyo y tiempo empleado en el desarrollo de la investigación.

A mí querido revisor y amigo Msc. Marco Antonio Ponce Díaz, por la ayuda incondicional en la redacción de mí preciada tesis.

A mis familiares por sus palabras y el apoyo que siempre me brindan en todo el proceso.

A mis amados osos de agronomía por el apoyo incondicional, las palabras de aliento en la realización de este trabajo de investigación.

A todas aquellas personas que de una u otra forma, colaboraron o participaron en la elaboración de esta investigación.

INDICE GENERAL

1. INTRODUCCION 17
1.1. Justificación 18
1.2. Planteamiento de problema 18
2. OBJETIVOS 19
2.1 Objetivo general 19
2.2 Objetivos específicos 19
2.3 HIPOTESIS 19
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA 20
3.1 Lombricultura 20
3.1.1 Lombricultura en Bolivia 22
3.1.2 Características generales de la lombriz roja californiana 23
3.1.3 Característica zoológica 24
3.1.4 Características morfológicas 24
3.1.5 Condiciones ambientales para el desarrollo de la lombriz roja californiana. 26
3.1.5.1 Hábitat 26
3.1.5.2 Humedad 26
3.1.5.3 Aireación 27
3.1.5.4 Luz 27
3.1.5.5 Temperatura 27
3.1.5.6 pH 27
3.1.5.7 Plagas 28
3.1.6 Alimentación 28
3.1.8 Cantidad y periodicidad 29

3.1.9 Humus de lombriz 29
3.1.10 Parámetros de calidad del humus de lombriz 30
3.1.11 Instalaciones para la crianza de lombrices 31
3.1.11.1 Lombricario 31
3.1.11.2 Cunas, cúmulos, literas o lechos 31
3.1.11.3 Orientación 31
3.1.11.4 Sanidad de las lombrices 31
3.1.12 Proceso de compostación 32
3.1.13 Fases del compostaje 32
3.1.13.1 Mesófila 32
3.1.13.2 Termófila 33
3.1.13.3 Enfriamiento 33
3.1.13.4 Maduración 33
3.1.13.5 Parámetros a controlar 33
3.1.14 Sistema de siembra de la lombriz en la cama 34
3.1.15 Composición y calidad del humus de lombriz 34
3.1.15.1 Parámetros de calidad 34
3.1.16 Contenido de nutrientes en el humus de lombriz 36
3.1.17 Cosecha de humus de lombriz 37
3.1.18 Dosis de empleo de humus de lombriz 37
3.2 Trichoderma 39
3.2.1 Mecanismos de acción 40
3.2.1.1 Micoparasitismo: 40
3.2.1.2 Antibiosis: 40
3.2.1.3 Competencia por espacio y nutrientes: 40

3.2.1.4 Otros mecanismos: 40
3.2.2 Método de aplicación 41
3.2.3 Principales beneficios agrícolas del trichoderma 42
3.3 Fuentes de materia orgánica 42
3.3.1 Estiércol 42
3.3.1.1 Gallinaza 42
3.3.1.2 Riqueza nutricional de la gallinaza 43
3.3.2 Desechos de hojas 44
3.3.3 Sustratos 44
3.3.3.1 Sustratos en la lombricultura 44
3.4 Costos de producción 44
4. LOCALIZACIÓN 45
4.1 Precipitaciones pluviales 46
4.2 Clima y Temperatura 46
4.3 Características físico-biológicas 47
4.4 Riesgos climáticos 47
4.5 Suelos 48
4.5.1 Principales características 48
4.6 Flora 48
5 MATERIALES Y MÉTODOS 50
5.1 Materiales 50
5.1.1 Material biológico 50
5.1.2 Material orgánico 50
5.1.2.1 Material de origen vegetal 50
5.1.2.2 Material de origen animal 51

5.1.3 Materiales de campo 51
5.1.4 Material de gabinete 51
5.2 Metodología. 51
5.2.1 Fase de campo 51
5.2.1.1 Delimitación del área de investigación 51
5.2.1.2 Obtención y sanitización de la gallinaza 52
5.2.1.3 Construcción de las camas 52
5.2.1.4 Obtención del material orgánico 52
5.2.1.5 Adquisición de trichoderma 52
5.2.1.6 Adquisición lombrices adultas 52
5.2.1.7 Proporciones de alimento para iniciar la prueba de sobrevivencia 52
5.2.1.8 Prueba de sobrevivencia 53
5.2.1.8.1 Sustrato 1 53
5.2.1.8.2 Sustrato 2 53
5.2.1.8.3 Sustrato 3 54
5.2.1.9 Decisión final para establecer el sustrato definitivo 54
5.2.1.10 Sustratos definitivos 55
5.2.1.10.1 Sustrato 1 (100% gallinaza) 55
5.2.1.10.2 Sustrato 2 (30% gallinaza + 70% hojarasca) 55
5.2.1.10.3 Sustrato 3 (50% gallinaza + 50% hojarasca) 55
5.2.1.11 Dosis de aplicación del trichoderma 55
5.2.1.12 Frecuencia de aplicación de trichoderma 55
5.3 Manejo del lombricario 56
5.3.1 Determinación de la Humedad 56

5.3.2 Determinación de la temperatura..... 56
5.3.3 Determinación del pH 57
5.3.4 Determinación del riego y la humedad. 57
5.3.5 Remoción del sustrato 57
5.4 Toma de datos 57
5.4.1 Temperatura de los sustratos durante el proceso de pre-descomposición 57
5.4.2 Volumen del pre-sustrato inicial al sustrato alimento final 58
5.4.3 Número de días a la descomposición de los sustratos..... 58
5.4.3.1 Pre-compostaje 58
5.4.3.2 Lombricompostaje..... 58
5.5 Cosecha del humus 58
5.6 Diseño experimental 59
5.6.1 Factores de estudio 59
5.6.2 Croquis experimental..... 60
5.6.3 Variables de respuesta 61
5.6.3.1 Días a la obtención de humus..... 61
5.6.3.2 Calidad de humus de lombriz..... 62
5.6.3.2.1 Análisis químico pH 62
5.6.3.2.2 Análisis químico fosforo total (P)..... 62
5.6.3.2.3 Análisis químico nitrógeno total (N) 62
5.6.3.2.4 Análisis químico potasio total (K) 63
5.6.3.2.5 Relación carbono nitrógeno (C/N)..... 63
5.6.3.3 Rendimiento en volumen de humus de lombriz 63
5.6.3.4 Comparación del peso inicial del sustrato alimento vs el peso

final del humus obtenido 63
5.6.3.5 Rendimiento en peso de humus de lombriz 63
5.7 Análisis económico 63
5.7.1 Relación Beneficio y Costo (B/C) 64
6 RESULTADOS 65
6.1 Días a la obtención de humus 65
6.2 Calidad de humus de lombriz 70
6.2.1 Composición química del humus de lombriz obtenido de los tratamientos 70
6.2.2 Comparación del pH, entre los sustratos del humus de lombriz obtenido 71
6.2.3 Comparación del fosforo P_{total}, entre los sustratos del humus de lombriz obtenido 74
6.2.4 Comparación del nitrógeno N_{total}, entre los sustratos del humus de lombriz obtenido 76
6.2.5 Comparación del potasio K_{total}, entre los sustratos del humus de lombriz obtenido 78
6.2.6 Comparación de la relación carbono/nitrógeno C/N, entre los sustratos del humus de lombriz obtenido 79
6.3 Rendimiento en volumen de humus de lombriz 80
6.4 Comparación del peso inicial del sustrato-alimento vs el peso del humus obtenido 82
6.5 Rendimiento en peso de humus de lombriz obtenido 84
6.6 Análisis económico 85
6.6.1.1.1 Punto de equilibrio 86

6.6.2 Beneficio costo 86

7 CONCLUSIONES 88

8 RECOMENDACIONES 91

9 BIBLIOGRAFIA 92

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores encontrados por diferentes investigadores de algunos centros de producción de humus de lombriz. 22
Tabla 2. Parámetros fisicoquímicas del humus de lombriz 31
Tabla 3. Valores encontrados de diferentes investigadores de producción de humus de lombriz..... 35
Tabla 4. Descripción físico-química del humus de lombriz de muestras en laboratorio IBTEN-Patacamaya- Bolivia. 36
Tabla 5. Parámetros que determinar si el humus producido es de buena calidad. 36
Tabla 6. Dosis de aplicación del humus en cultivos 37
Tabla 7. Análisis químico proximal de gallinaza 43
Tabla 8. Temperaturas promedio 47
Tabla 9. Muestra de las principales familias y especies registradas en el municipio de Chulumani. 49
Tabla 10. Prueba de 50 lombrices adultas. 54
Tabla 11. Prueba de significancia de Duncan de la frecuencia de aplicación de trichoderma 67
Tabla 12. Prueba de efectos simples para la interacción sustratos vs Frecuencia de aplicación de trichoderma. 67
Tabla 13. Prueba de efectos simples para la interacción frecuencia de aplicación de trichoderma vs sustratos. 68
Tabla 14. Composición química del humus de lombriz obtenido de los tratamientos, después del lombricompostaje 71
Tabla 15. Norma mexicana vs datos de laboratorio del humus obtenido. 80
Tabla 16. Rendimiento de volumen de humus de lombriz obtenido. 81
Tabla 17. Comparación del peso inicial del sustrato alimento vs el peso del humus obtenido 83
Tabla 18. Rendimiento en peso y porcentaje de los sustratos a humus de lombriz..... 84
Tabla 19. Costo de producción del humus elaborado. 85
Tabla 20. Análisis del beneficio/costo de los sustratos de producción de humus . 87

INDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Hongo Trichoderma inoculo en arroz 40
Imagen 2. Imagen satelital de la ubicación del estudio. 45

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Temperatura máxima y mínima promedio en el Municipio de Chulumani. 46
FIGURA 2. Croquis y descripción de las unidades experimentales. 61
FIGURA 3. Análisis de varianza de días a la cosecha de humus de lombriz. 65
FIGURA 4. Prueba de significancia de Duncan de sustratos. 66
FIGURA 5. Análisis de efectos simples para la interacción sustratos vs Frecuencia de aplicación de trichoderma. 68
FIGURA 6. Análisis de efectos simples para la interacción frecuencia de aplicación de trichoderma vs sustratos. 69
FIGURA 7. Comparación del pH en los sustratos del humus de lombriz obtenido. 72
FIGURA 8. Análisis de varianza del pH en comparación a los sustratos y la frecuencia de aplicación de trichoderma del humus de lombriz obtenido. 72
FIGURA 9. Análisis de varianza del fosforo (P) en comparación a los sustratos y la frecuencia de aplicación de trichoderma del humus de lombriz obtenido. 74
FIGURA 10. Muestra la comparación del fosforo entre los sustratos de humus de lombriz obtenidos 75
FIGURA 11. Comparación del N total, entre los sustratos del humus de lombriz obtenido 76
FIGURA 12. Análisis de varianza del nitrógeno en comparación a los sustratos y la frecuencia de aplicación de trichoderma del humus de lombriz obtenido. 77
FIGURA 13. Comparación del potasio K, entre los sustratos del humus de lombriz obtenido. 78
FIGURA 14. Comparación de la relación C/N, entre los sustratos del humus de lombriz obtenido. 79
FIGURA 15. Rendimiento de volumen de humus de lombriz obtenido. 82

FIGURA 16. Comparación del peso inicial del sustrato alimento vs el paso del humus obtenido 83
FIGURA 17. Rendimiento en peso y porcentaje de los sustratos a humus de lombriz 84

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Picado del material vegetal verde. 100
ANEXO 2. Molido del material vegetal seco de manera manual. 100
ANEXO 3. Sustrato 1 (100% hojarasca) humedecido para pre-compostaje. 101
ANEXO 4. Sustrato 2 (30% de gallinaza + 70% de hojarasca) pre-compostaje. 101
ANEXO 5. Sustrato 3 (50% de gallinaza + 50% de hojarasca) pre-compostaje. 102
ANEXO 6. Lombriz roja californiana (Eisenia foetida). 102
ANEXO 7. Inoculación de las camas con 150 g de lombrices adultas. 103
ANEXO 8. Trichoderma disuelto en agua para su aplicación. 103
ANEXO 9. Secado a sombra de humus de lombriz obtenido. 104
ANEXO 10. Cernido del humus de lombriz. 104
ANEXO 11. Humus de lombriz listo para embolsar. 105
ANEXO 12. Humus de lombriz embolsado y listo para dejar madurar. 105
ANEXO 13. Costo de producción para el sustrato 2 (30% gallinaza + 70% hojarasca) 106
ANEXO 14. Costo de producción del sustrato 3 (50% gallinaza + 50% hojarasca) 107
ANEXO 15. Análisis de varianza de días a la cosecha de humus de lombriz. ... 107
ANEXO 16. Prueba de significancia de Duncan de sustratos 107
ANEXO 17. Análisis de varianza del pH en comparación a los sustratos y la frecuencia de aplicación de trichoderma del humus de lombriz obtenido. 108
ANEXO 18. Análisis de varianza del fosforo (P) en comparación a los sustratos y la frecuencia de aplicación de trichoderma del humus de lombriz obtenido. 108
ANEXO 19. Análisis de varianza del nitrógeno en comparación a los sustratos y la frecuencia de aplicación de trichoderma del humus

de lombriz obtenido. 108

RESUMEN

El presente trabajo experimental se efectuó en la comunidad de Villa Remedios Bajo del Municipio de Chulumani, Sud Yungas del departamento de La Paz, con el objetivo de determinar la calidad de humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), en tres sustratos con frecuencia de aplicación de trichoderma, mediante el suministro de residuos orgánicos como hojarasca *(Gynerium sagittatum-Charo, Echinochloa cruz-galli-Capin, Musa balbisiana-platano hojas, Erythrina crista-galli-Ceibo- hojas y flores, Cecropia membranácea-Ambaibo)* y el uso de gallinaza sanitizada. Para la obtención de resultados se hace uso del diseño completamente al azar; con arreglo combinatorio bi-factorial, de tres frecuencias de aplicación de trichoderma, tres sustratos con tres repeticiones, en el transcurso de la elaboración del humus. Obteniéndose resultados que cambian la perspectiva del trabajado donde el sustrato 2 recaba las características de calidad a diferencia del sustrato 3 que genera ganancias a nivel económico, ambos sustratos presentas características diferentes al aplicar el hongo trichoderma donde se muestra un distinto tiempo de cosecha.

SUMMARY

The present experimental work was carried out in the community of Villa Remedios Bajo of the Municipality of Chulumani, Sud Yungas of the department of La Paz, with the aim of determining the quality of Californian red worm humus *(Eisenia foetida),* in three substrates frequently applied with trichoderma, by supplying organic residues such as leaf litter (Gynerium sagittatum-Charo, Echinochloa cruz-galli-Capin, Musa balbisiana-platano leaves, Erythrina crista-galli-Ceibo-leaves and flowers, Cecropia membranácea-Ambaibo) and the use of sanitized chicken. To obtain results, the completely random design is used; with bi-factorial combinatorial arrangement, of three frequencies of application of trichoderma, three substrates with three repetitions, in the course of the elaboration of the humus. Obtaining results that change the perspective of the work where substrate 2 collects the quality characteristics unlike substrate 3 that generates economic gains, both substrates have different characteristics when applying the trichoderma fungus where a different harvest time is shown.

1. INTRODUCCION

El aumento demográfico de nuestro país, ha provocado un incremento significativo de la superficie de las tierras cultivables, provocando una disminución en la capacidad de abastecimiento de abonos orgánicos, esto debido a la aparición de fertilizantes químicos, provocando una baja producción de tierras cultivables de nuestro país, que coincide con la disminución acelerada de materia orgánica del suelo, según (Villarroel: en FAO: 1996, citado por Rojas 2005).

La elaboración del abono orgánico, es esencial, así como el uso de residuos sólidos en su composición, siendo fundamental en la producción de humus de alta calidad, el cual se logra a través de la lombriz roja californiana *(Eisenia fortida)*, la cual tiene características especiales; esta se alimenta de cualquier tipo de residuos de origen orgánico, consume su propio peso en alimento al día y produce un abono orgánico de elevada calidad comprobada. (Piza, 2017).

El aporte nutricional del humus y su calidad es dependiente de una gran variedad de sustratos orgánicos generados con materiales locales como gallinaza, hojarasca, bovivaza, caballaza, cardaza, conejaza, ovinaza, etc, según (Cruz C et al., 2016), siendo uno de los objetivos del presente estudio determinar la calidad del humus de lombriz mediante la prueba de diferentes sustratos. Así mismo la optimización de estos sustratos al incorporar el hongo trichoderma que según Borrero & Silva H, (2010), altera el equilibrio microbiológico de la materia orgánica, es uno de los hongos antagonistas que impactan en la sanidad, rendimiento y calidad del suelo.

El presente trabajo constituye una alternativa para los productores en la protección del suelo y por ende su abonamiento, se obtendrá de esta manera productos de calidad por consiguiente mejor calidad de vida.

1.1. Justificación

El estudio realizado acerca de la producción orgánica ayuda a maximizar los recursos de los agricultores, aquellos que dan énfasis en la fertilidad del suelo y la actividad biológica, al mismo tiempo que minimiza el uso de fertilizantes químicos, plaguicidas todo aquello que destruye el suelo y empobrece a agricultores.

El estudio en profundidad sobre el uso de trichoderma es primordial, por la acción directa al sustrato y los beneficios que el hongo puede aportar al humus de lombriz roja californiana, de manera que al momento de implementar este humus notemos ciertas diferencias en los suelos.

La investigación pretende generar información sobre la utilización de residuos de origen vegetal (hojarasca) y animal (gallinaza) en distintas proporciones y su transformación en abono orgánico que fortalece la producción y muestren alternativas que mejoren la calidad de los suelos agrícolas.

1.2. Planteamiento de problema

En Bolivia los agricultores a pequeña escala han estado utilizando materiales orgánicos de manera rustica para aplicarlos en diferentes cultivos, pero en baja proporción, esto se debe a diferentes factores los cuales se identifican a continuación:

El primer factor se debe a la falta de información sobre la implementación de trichoderma como un activador en compost, así como el desconocimiento del factor uso de gallinaza como sustrato-alimento en lombricultura.

Otro factor es el pésimo control del uso de fertilizantes químicos que son fáciles de conseguir, lo que obstaculiza la implementación de abonos orgánicos elaborados con mayor riqueza a gran escala.

Y un último factor es el económico, que afecta al productor al momento de comprar humus de lombriz por el precio, lo cual desmotiva su implementación en cultivos a gran escala.

¿Se puede estimar la calidad del humus a partir de los sustratos con la aplicación de trichoderma generados por la lombriz roja californiana (Eisenia foetida), elaborado en Villa Remedios Chulumani?

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Determinar la calidad de humus de lombriz roja californiana *(Eisenia foetida),* en tres sustratos con frecuencia de aplicación de trichoderma en la Comunidad de Villa Remedios bajo - Chulumani - La Paz.

2.2 Objetivos específicos

- Establecer un proceso de elaboración del humus de lombriz con frecuencia de aplicación de trichoderma en base a sustratos de gallinaza y hojarasca.
- Determinar las características químicas del humus de lombriz obtenido, para evaluar su calidad.
- Analizar los costos de producción del humus de lombriz obtenido.

2.3 HIPOTESIS

Ho: No existe diferencia significativa en calidad del humus de la lombriz roja californiana *(Eisenia foetida)* sobre el efecto de sustratos en base a gallinaza y hojarasca en comparación con la frecuencia de aplicación de trichoderma al proceso de humificación en la comunidad de Villa Remedios Bajo – Chulumani – La Paz.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 Lombricultura

Se entiende por lombricultura las diversas operaciones relacionadas con la cría, manejo y producción de lombrices con la finalidad básica de obtener, de mucha importancia, con el uso de residuos orgánicos para su reciclaje en forma de abonos, (Pineda Rodríguez, 2006)

Por lo que también la utilización de las lombrices de tierra como agente biológico en el proceso de transformación de los residuos orgánicos biodegradables con fines prácticos y a gran escala (Pineda Rodríguez, 2006). Esta actividad se realizaba como un “hobby” (humus para jardinería, floricultura, parques; lombrices para pesca, acuarios y gallineros), hasta las de índole comercial (producción de humus o lombricompostas, fertilizante, expansión de cultivos, alimentación animal, tratamientos de residuos orgánicos: industriales, agrícolas, urbanos, etc.), y sin olvidar la importancia creciente de las lombrices como animales de laboratorio (investigaciones respecto de concentraciones de contaminantes químicos y tóxicos en el suelo). Incluso, recientemente, la industria farmacéutica se interesa en ellas con miras a la producción de antibióticos y con el objeto de elaborar compuestos a partir de harinas que por su contenido en vitaminas, minerales y aminoácidos, permitan ser suplementadas en dietas de atletas, aves y peces. Al respecto, la empresa brasileña Millenium con capacidad para procesar 500 toneladas mensuales de lombrices, produce cápsulas, comprimidos y supositorios que son comercializados desde febrero de 2000. (Schuldt et al., 2021)

La California Earthworm Farms (Establecimientos de Lombrices de California) llevó a cabo un experimento interesante, demostrando que la lombriz es un factor importante en la salud de las plantas. Colocaron algunas plantas infectadas por nematodes en latas, conteniendo lombrices la mitad de estas. Al cabo de un año, todas aquellas que contenían lombrices estaban en casi un 100% libre de nematodes.

Las lombrices pueden trabajar en casi todos los suelos, hasta en los arcillosos. Un exceso de alcalinidad les resulta perjudicial. Se debe tener cuidado de no aplicar cal en exceso. En invierno, cuando la tierra está congelada, disminuye considerablemente la actividad de las lombrices, pero sin duda alguna continúa por debajo de la línea de congelación.

En la Estación Experimental de Connecticut se comprobó que el nitrógeno en estas deyecciones es casi cinco veces mayor que en suelo superficial común; el fosforo siete veces, la potasa once veces y el magnesio tres veces mayor. Los floricultores de California pagan un precio muy alto por las deyecciones de lombrices. Dicen que es lo mejor para cultivar flores, que han encontrado, (Flores Torrez, 2006)

Características más importantes del humus de lombriz

- Producto desmenuzable ligero e inodoro, muy estable e imputrescible, es muy rico en enzimas y microorganismos no patógenos, constituye un alimento directamente asimilable por la planta, y con una duración efectiva en los terrenos de cultivos de aproximadamente 3 años.
- Aporta elementos nutritivos y minerales, es muy rico y completo.
- Es rico en oligoelementos.
- Constituye además un producto vivo que a determinada humedad continúa en la tierra gracias a la acción de las bacterias.
- El humus posee una alta carga de microorganismos, 20,000 millones por gramo en base seca, esto le confiere características de fertilizantes biológicos.
- El humus contiene nitrógeno mineralizado y además posee gran cantidad de bacterias fijadoras de nitrógenos.
- La absorción de agua por el efecto del humus es notable; un kilo de humus es capaz de absorber 1.3 litros de agua. Esta cualidad permite usarlo en terrenos donde el vital elemento es escaso. (Sales, 2008)

Tabla 1. Valores encontrados por diferentes investigadores de algunos centros de producción de humus de lombriz.

Autor	Centro de produccion	Residuo organico utilizado	Composicion nutritiva	Laboratorio
Mamani Monica (tesis 2015)	Centro Walipini-Caracollo, Cochabamba	Estiercol de llama	MO= 20,13%	IBTEN
			CO= 11,65%	
			N total= 1,21%	
			P= 0,408%	
			K= 0,405%	
Mamani Issac (tesis 2014 UMSA)	Centro experimental de Cota Cota-UMSA	Estiercol de llama	Ph= 7.35	Calidad Ambiental (UMSA)
			N= 0,027%	
			P= 1,23%	
			K= 1,2%	
			Na= 0,22%	
			Ca= 3,5%	
			Mg= 0,81%	
Cachi M. (tesis 2013 UMSA)	Proyecto cierre del botadero de Mallasa-Gobierno Municipal de La Paz	Residuos organicos urbanos	pH= 7,2	Laboratorio de Calidad Ambiental del Instituto de Ecologia
			N total= 0,714%	
			P total= 348 mg/kg	
			K total= 36301	
			CE = 2510 mmho/ cm	

Fuente: (Piza, 2017)

3.1.1 Lombricultura en Bolivia

La lombricultura en Bolivia se tiene que “Hasta el año 1986, en Bolivia se desconocida completamente el uso de fertilizante orgánico denominado HUMUS DE LOMBRIZ CALIFORNIANA, hasta que en ese se introdujo a la localidad de Sica Sica, Provincia Aroma del Departamento de La Paz, para criarla en invernaderos con la finalidad de producir humus de lombriz, a partir de esta producción se difundió a otras regiones” (Mamani L, 2016)

En la Granja de Calamarca comenzaron a utilizar la lombriz en el año 1995, logrando incrementos del 50% en los rendimientos de hortalizas que contenían humus de lombriz, (Flores Torrez, 2006).

Para Sullcata (2014), citado por (Piza, 2017) “la primera colonia de la lombriz roja californiana llegó a Bolivia en 1989, específicamente al instituto de investigaciones

agrícolas “El Vallecito” ubicado a 9 km de la ciudad de Santa Cruz. Las primeras colonias de lombrices fueron traídas desde Brasil por Carlos Panoff estudiante de ingeniería agronómica de la facultad de ciencias agrícolas perteneciente a la universidad autónoma Gabriel René Moreno. Desde ahí se ha propagado la crianza de la lombriz en nuestro país”.

Las lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*) consumen los residuos orgánicos en su estado fresco de los rellenos sanitarios de Alpacoma y Mallasa (en proceso de cierre), producen una considerable cantidad de humus que se utiliza como fertilizante. Estas lombrices fueron utilizadas por lograr adaptarse en un 100% a las condiciones climáticas, permitiendo generar 115 t de humus solamente en Mallasa y una cantidad menor en Alpacoma, (Interlatin corp, 2007)

(Interlatin corp, 2007), indica que el proyecto comenzó el año 2000 en el municipio de La Paz donde se genera un promedio de 450 t de basura por día, de los cuales casi el 60% equivalente a 270 toneladas, corresponden a residuos orgánicos.

Limachi M, (2018)**,** Indica que los estudios realizados en la localidad de Sapecho, zona tropical con bastante riqueza natural, es afectada por el abuso en el uso de agroquímicos en producción de alimentos, dando lugar a la contaminación de suelos y como alternativa de solución implemento el uso de abonos orgánicos y para ello se considera la elaboración de humus con residuos orgánicos como estiércol de bovino y aserrín.

3.1.2 Características generales de la lombriz roja californiana

En general la lombriz vive en cautiverio sin moverse de su lecho, madura sexualmente entre el segundo y tercer mes de vida, depositando cada 7 a 10 días una cápsula con un contenido promedio de 10 huevos, pudiendo llegar a 20, los que después de 14 a 21 días de incubación eclosionan, originando lombrices en condiciones de moverse y nutrirse de inmediato, (Mejia, 2010).

Según Fajardo, V. (2002), citado por (Cajas Sánchez, 2009) reporta que la Lombriz Roja Californiana vive normalmente en zonas de clima templado; su temperatura corporal oscila entre 19 y 20ºC y humedad del 82%. En estado adulto mide entre 7 y 10 cm de longitud con un diámetro de 3 a 5 mm; su peso aproximado es de un gramo. Una lombriz consume diariamente una cantidad de

residuos orgánicos equivalente a su peso: el 60% se convierte en abono y el resto lo utiliza en su metabolismo y para generar tejidos corporales. Vive hasta 16 años, durante los cuales se acopla regularmente cada 17 días (45 días lombriz común), desde los tres meses de edad si la temperatura y humedad del medio son adecuadas.

Las características de la lombriz roja californiana son:

- 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, (Flores 2001).
- Las deyecciones de las lombrices son la forma más fina de humus que se conoce. Constituyendo suelo y otras materias que pasan a través de su aparato digestivo donde se mezclan con una secreción, y tienen un valor considerable como abono.

3.1.3 Característica zoológica

Se tiene la siguiente clasificación, según (Mejia, 2010)

Reino: Animal

Tipo: Anélido

Clase: Oligoqueto

Orden: Opistoporo

Familia: *Lombricidae*

Género: *Eisenia*

3.1.4 Características morfológicas

La lombriz roja californiana es hermafrodita insuficiente, siendo bisexual que necesita aparearse para reproducirse, dotado de 5 corazones y 6 riñones, (Mejia, 2010)

Fajardo, V. (2002), indica que posee el cuerpo alargado, segmentado y con simetría bilateral, existe una porción más gruesa en el tercio anterior de 5 mm. De longitud llamada clitelium cuya función está relacionada con la reproducción. La pared del cuerpo de las lombrices está constituida de afuera hacia dentro, por:

- Cutícula. Es una lámina muy delgada de color marrón brillante, quitinosa, fina y transparente.
- Epidermis. Situada debajo de la cutícula, es un epitelio simple con células glandulares que producen una secreción mucosa. Es la responsable de la formación de la cutícula y del mantenimiento de la humedad y flexibilidad de la misma. También existen células glandulares que producen una secreción serosa.
- Capas musculares. Son dos, una circular externa y otra longitudinal interna.
- Peritoneo. Es una capa más interna y limita exteriormente con el celoma de la lombriz.
- Celoma. Es una cavidad que contiene líquido celómico y se extiende a lo largo del animal, y dentro de este se suspenden los órganos internos del animal.
- Los órganos y sistemas que posee la lombriz son los siguientes:
- Aparato circulatorio. Formado por vasos sanguíneos. Las lombrices tienen dos vasos sanguíneos, uno dorsal y otro ventral. Posee también otros vasos y capilares que llevan la sangre a todo el cuerpo. La sangre circula por un sistema cerrado constituido por cinco pares de corazones.
- Aparato respiratorio. Es primitivo, el intercambio de oxígeno se produce a través de la pared del cuerpo. Los capilares junto con la cutícula húmeda reciben oxígeno y eliminan anhídrido carbónico
- Sistema digestivo. La boca posee una faringe muscular que actúa como bomba de succión. Las células del paladar son las encargadas de seleccionar el alimento que pasa posteriormente al esófago donde se localizan las glándulas calcíferas. Estas glándulas segregan iones de calcio, contribuyendo a la regulación del equilibrio ácido básico, tendiendo a neutralizar los valores de pH.
- Posteriormente tenemos el buche, en el cual el alimento queda retenido para dirigirse al intestino. La lombriz californiana se alimenta de animales, vegetales y minerales. Antes de comer tejidos vegetales los humedece con un líquido parecido a la secreción del páncreas humano, lo cual constituye una pre digestión.

- Aparato excretor. Formado por nefridios, dos para cada anillo. Las células internas son ciliadas y sus movimientos permiten retirar los desechos del celoma.
- Sistema nervioso. Tienen un sistema nervioso que consta de un cerebro, un cordón nervioso central y células sensoriales especiales que incluyen células táctiles, receptores gustativos, células sensibles a la luz y células relacionadas con la detección de humedad.
- Aparato reproductivo. Está formado por el Clitelio que es un claro abultamiento glandular ubicado en la parte anterior del cuerpo y se caracteriza por secretar una sustancia que forma las cápsulas para alojar los huevos. Aparece sólo en las lombrices adultas y representa la madurez sexual. También poseen por ser hermafroditas los 2 órganos sexuales: testículos y ovario con el respectivo receptáculo seminal y oviducto.

3.1.5 Condiciones ambientales para el desarrollo de la lombriz roja californiana.

3.1.5.1 Hábitat

Se puede decir que la Eisenia foetida se cría en cualquier lugar con la debida protección, lo que hace referencia a que es muy susceptible a cambios climáticos, es fotofóbica indica que los rayos directos del sol son muy perjudiciales, (Cabrera Santa Cruz, 2006)

3.1.5.2 Humedad

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%. Se debe regar periódicamente de forma suave; el riego puede hacerse con manguera o regadera (Sánchez, 2003).

Las condiciones más favorables para que la lombriz produzca y se reproduzca se presentan a una humedad del 80%, es aceptable hasta 70%, debajo de esta humedad es una condición desfavorable, por otro lado los niveles de humedad de 55% son mortales para las lombrices, (Cabrera Santa Cruz, 2006)

3.1.5.3 Aireación

Remover cada cierto tiempo los lechos con trinches; ya que los riegos frecuentes compactan el sustrato y dificultan la respiración de las lombrices (Sánchez, 2003).

3.1.5.4 Luz

Se deben cubrir los lechos con paja u hojas para evitar la evaporación excesiva y ahorrar agua (Sánchez, 2003).

Se señala que la lombriz tiene fotofobia (huye de la luz del sol), y que los rayos ultravioletas matan a los animales en pocos segundos. Por ello posee unos sensores en la epidermis, que les ayudan a detectar la procedencia de la luz y huir de ella, (Cabrera Santa Cruz, 2006)

Es recomendable que las lombriceras estén cubiertas, estas no poseen ojos, sus censores receptores son sensibles a la luz particularmente al sol, es por lo mismo que en la epidermis del cuerpo tiene células fotorreceptoras que le ayudan a focalizar las luz diurna y la oscuridad, (Mejia, 2010).

3.1.5.5 Temperatura

La temperatura óptima para que la lombriz viva en excelentes condiciones es de 12 °C a 25 °C, si en el invierno baja demasiado, convendrá alimentar con mezcla de alimento más joven. Lo ideal es que el sustrato tenga una temperatura de 20 °C más o menos constante (Sánchez, 2001).

Temperaturas por encima de los 35 °C a 40 °C o por debajo de los 4°C les resulta mortales para la lombriz, (Cabrera Santa Cruz, 2006).

Según Sales, (2008) temperaturas entre 19 °C y 25 °C son confortables para la lombriz, se tiene un adecuado desarrollo y reproducción.

3.1.5.6 pH

La lombriz se puede alimentar de toda materia orgánica siempre que su pH no sea inferior a 6,5 ni superior a 8,5. El pH es el punto más delicado en la crianza de lombrices, el alimento es el habitad de la lombriz, (Mejia, 2010).

Cuando el sustrato no reúne las condiciones de acidez o alcalinidad para ser suministrado, debe mezclarse con otros para obtener el pH óptimo. Además,

sustratos altamente ácidos son difícilmente neutralizados por la lombriz y los alcalinos no los acepta, estos últimos producen lesiones o muerte (Durán, 2009).

Para Cabrera Santa Cruz, (2006), el pH del sustrato debe estar en un rango de 5 a 8,4. Fuera de esta escala, la lombriz entra en etapa de latencia, con un pH ácido en el sustrato <7 puede desarrollarse una plaga conocida en el mundo de la lombricultura como planaria.

3.1.5.7 Plagas

La lombriz de estiércoles es el único animal en el mundo que no transmite ni padece enfermedades, (Camacho, 2012), así mismo indica que dentro de las plagas se conocen con mayor importancia:

- **Pájaros:** Se puede controlar fácilmente poniendo un manto de pasto de más o menos 10 cm sobre las camas, (Camacho, 2012).
- **Hormigas:** Las hormigas son depredador natural de la lombriz. La hormiga es atraída por el azúcar que la lombriz produce al momento de deslizarse por debajo del sustrato, el control de la misma es mantener la humedad a 80%. (Camacho, 2012).
- **Planaria**: Es la plaga de mayor importancia dentro de los criaderos de lombrices, es un gusano plano que puede medir de 5 mm a 50 mm, de color café oscuro, con rayas longitudinales de color café, que se adhiere a la lombriz, se controla con manejo del sustrato regulando el pH entre 5 y 8,4. (Cabrera Santa Cruz, 2006).
- **Ratones**: es otra plaga peligrosa para el cultivo de lombrices, se puede controlar al igual que las hormigas manteniendo la humedad alta, es decir en un 80% de humedad (Cabrera Santa Cruz, 2006).

3.1.6 Alimentación

Fajardo, V. (2002), señala que las lombrices comen casi cualquier sustancia orgánica putrefacta y son muy golosas para las azúcares, las sales y la celulosa. Cuanto más fino sea el granulado de la comida, menor dificultad tendrá para ingerirla y por tanto mayor será la producción de humus; es indispensable que el

granjero triture el alimento antes de suministrarlo, para acelerar el proceso de degradación y mejorar la textura.

La materia orgánica o Residuos Sólidos Orgánicos (RSO) más que los estiércoles debe estar totalmente compostados para suministrarle a la lombriz en forma de alimento, (Cabrera Santa Cruz, 2006).

Se asegura que la calidad de la alimentación influye mucho sobre la reproducción Romero, F. (2004), quien alimentó con residuos de cocina y obtuvo resultados de 21145 anélidos y León, P. (2002) quien alcanzó 15563 (en 90 días iniciando con un promedio de 3300).

3.1.8 Cantidad y periodicidad

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 (AECI, 2000).

Para Sales, (2008) el alimento listo para las camas debe llevar cuatro características importantes: temperatura ambiente entre 25 y 27 °C, olor inodoro, color marrón oscuro, pH neutro o casi neutro.

Según (Agrolanzarote, 2016), el alimento de las lombrices deben cumplir con las siguientes condiciones: pH entre 6,5 y 7,5, humedad del 75%, temperatura entre 15°C y 25°C, proteína del 13%.

3.1.9 Humus de lombriz

Producto resultante de la transformación digestiva y metabólica de la materia orgánica, mediante la crianza sistemática de lombrices de tierra, denominada lombricultura, que se utiliza fundamentalmente como mejorador, recuperador o enmienda orgánica de suelos, abono orgánico, inoculante microbiano, enraizador, germinador, sustrato de crecimiento, ente otros usos, (Gómez Ramos, 2007).

El humus de lombriz es un abono orgánico, obtenido del excremento de las lombrices alimentadas de los desechos orgánicos en donde actúan, resultado final der vermicompostaje, (Domínguez et al., 2010).

Es el producto final de la lombricultura y viene a ser el estiércol de las lombrices, materia orgánica granulosa inodora de color café oscuro, (Sales, 2008).

El humus posee una alta carga de microorganismos, 20,000 millones por gramo en base seca, se debe al aprovechamiento de las lombrices de sustancias contenidas en el residuo para su nutrición, esto le confiere características de fertilizantes biológicos, la relación entre microorganismos y raíces hace aumentar la disponibilidad de nutrientes asimilables: nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, hierro, zinc, boro; además produce ácido giberélico y ácido indol-acético sustancias reguladoras y promotoras de crecimiento vegetal, (Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, 2000).

La acción química que realiza la lombriz es de reciclar desechos orgánicos convirtiéndolos en humus que sirve para enriquecer la fertilidad del suelo (Sánchez, 2003).

Para Jaramillo Andy & Muñoz Nivelo, (2018), es un abono 100% natural, que se obtiene de la transformación de residuos orgánicos compostados, por medio de la lombriz roja de california.

El aprovechamiento de residuos orgánicos, es una alternativa viable, siendo las lombrices organismos que permiten un proceso rápido de descomposición (humus), resultando de las deyecciones, siendo un polvo liviano de olor agradable a tierra mojada cuya apariencia y textura es similar a la borra de café, suave al tacto, (Gutiérrez et al., 2020).

3.1.10 Parámetros de calidad del humus de lombriz

Para Gómez Ramos, (2007), norma mexicana, el humus de lombriz debe cumplir con la siguientes especificaciones:

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicas del humus de lombriz

Característica	Valor
Nitrógeno total	De 1 a 4% (base seca)
Materia orgánica	De 20% a 50%(base seca)
Relación C/N	≤20
Humedad	De 20 a 40% (sobre materia húmeda)2
pH	de 5,5 a 8,53
Conductividad eléctrica4	≤ 4 dS m -1
Capacidad de intercambio catiónico	> 40 cmol kg-1
Densidad aparente sobre materia seca (peso volumétrico)	0,40 a 0,90 g mL-1
Materiales adicionados	Ausente

Fuente: NMX-FF-109-SCFI-2008

3.1.11 Instalaciones para la crianza de lombrices

3.1.11.1 Lombricario

Según Camacho, (2012) el lumbricario debe estar alejado de malezas y obras de construcción, evitar el uso de madera que se pudra.

3.1.11.2 Cunas, cúmulos, literas o lechos

Estas deben ser de madera fuerte, que permita la aireación y el drenaje, este cajón debe estar preferentemente levantado del suelo, con una abertura a cada costado para un buen drenaje, (Camacho, 2012).

3.1.11.3 Orientación

Para que la lombriz tenga un buen desarrollo se deben considerar algunos aspectos, como la orientación que obedece al declive del terreno, estos nos permitirán diseñar y dirigir los canales de drenaje que protegerán los lechos en época de lluvia, (Camacho, 2012).

3.1.11.4 Sanidad de las lombrices

La lombriz californiana no sufre ni transmite enfermedades. Tampoco sufre impacto ecológico ante una eventual fuga a un medio natural. En cambio es común encontrar daños ocasionados por las condiciones de cuna.

Las causas pueden ser:

- Lesiones e infecciones producidas por acción de insecto o parásitos.
- La muerte de la lombriz provoca una pequeña infección que causa daño a otras.
- La presencia de sustancias nocivas en la comida puede provocar una disminución de las lombrices y una pérdida de peso.
- Intoxicación proteica o “gozzo ácido”. Este es un síndrome desencadenada por la presencia de un alto contenido de sustancias proteicas (no transformadas en el alimento de las lombrices (Sánchez, 2003).

3.1.12 Proceso de compostación

Proceso que se elabora a partir de material biodegradable, es el resultado de la transformación del material vegetal o animal, mediante un proceso donde interviene microorganismos y factores en condiciones aerobias hasta alcanzar estabilidad, (Camacho, 2012).

El tiempo de descomposición, depende del tipo de material y condiciones ambientales. Los residuos más suculentos demoran 3-6 semanas, el más seco y maduro de 2 a 4 meses y los de mayor diámetro 1 año o más. El compost será adecuado cuando los productos tomen color marrón oscuro y se rompan fácilmente (Ochoa, 2003).

3.1.13 Fases del compostaje

Según Román et al., (2015) durante el proceso de compostaje existe la presencia de cuatro fases, las mimas que presentan un proceso biológico que ocurre en condiciones aeróbicas:

3.1.13.1 Mesófila

La temperatura del material de partida pasa de temperatura ambiente a 40ºC, debido a la actividad microbiana, las bacterias mesófilas inician del proceso (bacteria que se desarrolla preferentemente entre 30-40º C), (Román et al., 2015, p. 25).

Los microorganismos, bacterias, hongos y actinomicetes principalmente aparecen en el comienzo de la fase mesófila (Ochoa, 2003).

3.1.13.2 Termófila

El material alcanza temperaturas mayores a 40°C, los microorganismos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco por lo que pH del suelo sube, este periodo puede durar de unos días hasta meses, también nombrada como fase de higienización porque la calor sube y destruye bacterias, (Román et al., 2015).

3.1.13.3 Enfriamiento

Durante esta fase, continúa la degradación de forma más compleja y aparecen algunos hongos visibles a simple vista; esta fase de enfriamiento o mesófila II requiere de varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración, (Associació Catalana d'Enginyeria Sense Fronteres, 2018).

3.1.13.4 Maduración

Reaparecen lo microorganismos mesófilos, se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonatados para la formación de ácidos húmicos, (Associació Catalana d'Enginyeria Sense Fronteres, 2018, p. 26).

3.1.13.5 Parámetros a controlar

Según Associació Catalana d'Enginyeria Sense Fronteres, (2018), los parámetros a controlar para la obtención de un compost optimo son los siguientes:

Humedad: se sitúa entre un 45% y 60%, necesaria para la reproducción correcta de microorganismos que desarrollaran la descomposición.

Temperatura: nos ayuda saber que microorganismo está trabajando en cada momento en el compost y en qué fase se encuentra.

PH: define la supervivencia de los microorganismos, por el valor adecuado que tiene cada uno para crecer y reproducirse el intervalo general es de 5,8 a 7,2.

Oxígeno: tener muy en cuenta la cantidad de oxigeno presente en el compost que permite la respiración de los microorganismos a través de los volteos.

3.1.14 Sistema de siembra de la lombriz en la cama

La modulación o sistema de siembra de las lombrices debe efectuarse en las primeras horas de la mañana con la finalidad de que la incidencia de los rayos solares obligue a las lombrices a introducirse rápidamente en el sustrato, (Sales, 2008, p. 25).

Para Ortegon & Zuñiga, (2016), antes de sembrar la lombriz, se debe hacer una prueba de letalidad (PL 50), consiste en poner muestras de 50 lombrices cada 5 metros a lo largo de la cama y observar su comportamiento durante 24 horas, si no hay problema para adaptarse en la nueva cama (pp. 25).

3.1.15 Composición y calidad del humus de lombriz

Según Mejia, (2010) la composición de humus de lombriz es la siguiente- ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, huminas y ulminas:

- **Acidos húmicos:**

Son aquellas sustancias extraídas normalmente del humus con un agente alcalino o neutro que forman un precipitado amorfo con los ácidos, tienen más carbono que los ácidos fúlvicos, alrededor del 50 - 62%.

- **Ácidos fúlvicos**

Es él grupo de los ácidos fúlvicos el que más controversias han suscitado. Existen en la fracción soluble que queda al tratar el extracto alcalino con ácido.

- **Humina y ulminas**

Constituyen la parte no soluble y por tanto no extraíble de las sustancias húmicas. Sin embargo, su insolubilidad explica por el grado de unión con las partes minerales.

3.1.15.1 Parámetros de calidad

Bollo (2001) citado por Pati (2002), para poder determinar la buena calidad del humus de lombriz tendremos en cuenta parámetros como:

- pH neutro, en un rango entre 6,7 a 7,3
- Contenidos de materia orgánica superiores a 28%
- Nivel de nitrógeno superior a 2%
- Relación C/N en un rango entre 9 a 13

- Contenido de cenizas no superiores al 27%

Bollo (2001), también menciona que; un alto contenido de cenizas nos permite concluir que el manejo del proceso no ha sido adecuado y que ha habido mucha contaminación con tierra. Lo que queremos es mejorar el suelo y no aumentar su volumen.

Tabla 3. Valores encontrados de diferentes investigadores de producción de humus de lombriz

Autor	Producido en:	Residuo orgánico utilizado	Composición nutritiva	Laboratorio
Pantoja Benancio (tesis 2018, UNAS)	Distrito de Huaycho, provincia de Marañon, Perú	Estiércol de vacuno	N = 1,64 % P = 0,9 % K = 1,25 % pH = 6.8 C/N = 12.5 %	UNAS (Universidad Nacional Agraria la Selva)
Piza Carmen (tesis 2017, UMSA)	Estación Experimental Patacamaya, Fac. Agronomía, UMSA, La Paz	Estiércol de vacuno	N = 1,08 % P = 0,14 % K = 0,04 % pH = 7,6 C/N = 10,67 %	IBTEN (2014)
Carrillo Victa (tesis 2013, UMSA)	Comunidad Ananea, Municipio de Achacachi, Provincia Omasuyos, La Paz	Estiércol de vacuno Estiércol de ovino	N = 1,9 % P = 0,31 % K = 0,56 % pH = 7,6 C/N = 16,2 %	Universidad Mayor de San Andrés Facultad de Ciencias Puras y Naturales del Instituto de Ecología, Laboratorio de Calidad Ambiental (LCA)

Elaboración propia (2021).

La calidad de un lombricompost o humus de lombriz varía en función del sustrato tratado y de la metodología implementada, (Costa *et al*., 1991; Nogales *et al*., 1995; Adami *et al*., 1995 citado por Fernández, 2013).

Tabla 4. Descripción físico-química del humus de lombriz de muestras en laboratorio IBTEN-Patacamaya- Bolivia.

Parámetros	Unidad	T1 (Eov)	T2 (Rf,Eov)	T3 (Rd,Eov)
C/N	-	15,3	10,3	10,2
pH	-	7,64	8,31	8,24
CE	mmho/cm	0,501	2,56	3,71
N	%	1,319	1,471	1,531
P	%	0,121	0,155	0,391
K	%	0,121	0,28	1,026
Humedad	%	63,77	50,6	60,31
Materia seca	%	36,23	49,4	39,69

Fuente: (Piza, 2017)**, dónde: T1= 100% de estiércol ovino, T2= 50% de residuos de mercado frescos, 50% de estiércol ovino: T3= 50% de residuos de mercado deshidratados, 50% de estiércol ovino.**

Según Cabrera Santa Cruz, (2006) para la determinación de la calidad en humus de lombriz esto depende mucho del alimento y la taza de reproducción del pie de cría ó núcleo, siendo preferentemente suministrar materia orgánica compostada, mezclada con estiércol de cualquier animal en proporciones de 30-40% por 70-60%.

3.1.16 Contenido de nutrientes en el humus de lombriz

El humus de lombriz resulta rico en elementos nutritivos (Sánchez, 2003). El cuadro # presenta los parámetros que determinan la calidad del humus.

Tabla 5. Parámetros que determinar si el humus producido es de buena calidad.

Parámetros	Valores
pH	6,7-7,3
Materia orgánica	28%
Nivel de nitrógeno	1,5
C/N	9 y 13

Fuente: Sánchez 2003

Los parámetros presentados en el anterior cuadro muestran los valores que debe poseer el humus en el momento de la cosecha.

3.1.17 Cosecha de humus de lombriz

La cosecha se inicia a los 3 meses y medio de inocular las camas, para dicha cosecha se debe reducir la humedad a un 40%, secado que se realiza a temperatura ambiente, para luego para luego tamizar con la finalidad de tener un acabado y presentación más óptima, (Sales, 2008, p. 28).

Según Cabrera Santa Cruz, (2006), antes de la cosecha se recomienda retrasar la alimentación por lo menos 4 días, para después poner trampas para atrapar lombrices, una vez cosechada las lombrices se procede a la cosecha de humus, con un 40% de humedad, (pp. 19).

3.1.18 Dosis de empleo de humus de lombriz

El humus de lombriz es un fertilizante de acción inmediata y de larga duración debido a la presencia de macro y micro nutrientes en forma fácilmente asimilables. La dosis de empleo de humus de lombriz para recuperación de terrenos es de 1200-1500 kg/ha (Sánchez, 2003).

El humus es un abono orgánico altamente nutritivo para todo tipo de plantaciones en la agricultura ya sea en especies anuales, perennes y generalmente en la producción de plantones en viveros.

Tabla 6. Dosis de aplicación del humus en cultivos

CULTIVOS	DOSIS DE HUMUS
Hortalizas y legumbres	60/100 gr.
Arvejas	800 kg/ha
Berenjena	60/80 gr/planta
Cebolla	2000 kg/ha
Espinaca	450 gr/m2
Lechuga	350 gr/m2

CULTIVOS	DOSIS DE HUMUS
Pepinos	70/80 gr/planta
Pimientos	90/100 gr/planta
Remolacha	1000 kg/ha
Tomate	80/100 gr/planta
Flores y plantas de interior	200 gr
Macetas	½ cucharada c/meses
Vajillas	4/8 cucharadas c/2 meses
Arbustos	250 gr
Rosales y leñosas	500 gr
Zapallo, melón, sandia	400 gr
Césped por m2	200/500 gr
Cítricos, frutales, olivos	½ kg
Manzana, peral, duraznero	1 kg/planta c/3 meses
Naranjo, limonero	1,5/2 kg/planta c/3 meses
Vid	1,5 kg/planta
Praderas por m2	800 gr
Horticultura invernaderos	Al 20%
Trasplantes	500/100 gr/m3
Trigo	1000 kg/ha en terreno
Maíz	2000 kg/ha en surco

Fuente: Guía de lombricultura ADEX, 2002

3.2 Trichoderma

Considerado como un hongo bueno o antagónico, es el más desarrollado por todo tipo de suelos. Se caracteriza por ser hongos saprófitos, que sobreviven en suelos con diferentes cantidades de materia orgánica, los cuales son capaces de descomponerla y en determinadas condiciones pueden ser anaeróbios facultativos, (Infante et al., 2009).

El género Trichoderma tiene cinco especies consideradas como antagonistas: Trichoderma harzianum, Trichoderma koningii, Trichoderma longibrachiatum, Trichoderma pseudokoningii y Trichoderma viride, (García et al., 2006).

Según Domínguez, D 2019 citado por (Condori, 2020) Trichoderma spp. se considerar un hongo bueno o antagónico. Es el hongo más vasto que se encuentra en todo tipo de suelos. Coloniza rápidamente las raíces de las plantas y las protege contra patógenos. El *Trichoderma* ha desarrollado numerosos mecanismos para atacar a otros hongos y a la vez mejorar el crecimiento de las raíces de las plantas, tiene un alto poder de fertilización, ya que contiene metabolitos benéficos que estimulan el crecimiento de la planta. Sobre todo, induce en el crecimiento radicular, consiguiendo raíces más grandes y sanas.

Es un tipo de hongo anaerobio facultativo que se encuentra de manera natural. Pertenece a la subdivisión Deuteromicete que se caracteriza por no poseer o no presentar un estado sexual determinado, (Montero Villalobos & Venegas Porras, 2008).

Según (Ordóñez Andrade, 2014), el uso de trichoderma en fase de compostaje es aceptable pues los valores presentado son adecuados a los de un compost maduro, el compost elaborado fue a base de lodos (residuos semisólidos proveniente de desechos orgánicos).

Las especies del género Trichoderma son los antagonistas más utilizados a nivel mundial debido a su facilidad de ser aísladas y cultivadas, crecimiento rápido y su amplio rango de protección de las plantas, (Sivila & Alvarez, 2013).

Imagen 1. Hongo Trichoderma inoculo en arroz

Fuente: (Montero Villalobos & Venegas Porras, 2008)

3.2.1 Mecanismos de acción

3.2.1.1 Micoparasitismo:

Proceso que incluye el crecimiento del antagonista hacia el patógeno, desarrollándose alrededor de éste o formando estructuras similares a ganchos o apresorios en la superficie del hospedero, lo que permite penetrar al interior del patógeno, degrada la pared celular, (Sivila & Alvarez, 2013).

3.2.1.2 Antibiosis:

Se refiere a la producción por parte de un microorganismo de sustancias tóxicas para los microorganismos patógenos, las cuales actúan a bajas concentraciones, (Sivila & Alvarez, 2013).

3.2.1.3 Competencia por espacio y nutrientes:

Según Sivila & Alvarez, (2013) define como competencia el desigual comportamiento de dos o más organismos ante un mismo requerimiento, siempre y cuando la utilización del mismo por uno de los organismos reduzca la cantidad disponible para los demás. Factor importante para que ocurra la competencia es la “escases”.

3.2.1.4 Otros mecanismos:

Según Howell 2003, trichoderma posee otros mecanismos de acción que no han sido tan estudiados como los anteriores, y se han manifestado por incremento de peso y área de la raíz de la planta y cambios en la nutrición de la planta.

El aumento en el crecimiento de plantas producido por cepas de trichoderma ha sido reportado por muchos años en cultivos como tomate, maíz, lechuga, pepino, rábano, clavel, papa, Tovar 2008.

Para Sivila & Alvarez, (2013) se tiene un trichoderma de mejor calidad si esta se produce en inoculo de sustratos de arroz.

Según los mecanismos de resistencia se refiere al incremento en la resistencia de una planta hacia los patógenos, después que ha estado expuesta la planta a microorganismos o químicos, se describe a las capas de trichoderma como agentes responsables de la síntesis de sustancias causantes de inducción de resistencia en las plantas, (Sivila & Alvarez, 2013).

Yedidia et al 2001, sugieren que el efecto de trichoderma sobre el crecimiento de las plantas es debido al incremento de la raíz, lo que permite que la raíz explore un mayor volumen de suelo y que por lo tanto más nutrientes estén disponibles para las plantas, especialmente en ambientes de suelo donde los nutrientes son ilimitados.

Según Bal 2008, algunas especies de trichoderma pueden interactuar mejor con ciertas especies de plantas, estas especies poseen más afinidad hacia esas plantas debido a exudados que secretan las raíces y que hacen que se induzca o inhiba el crecimiento micelial de trichoderma.

3.2.2 Método de aplicación

Según ITAS Instituto Tecnologico para La Agricutura Sostenible, (2013). Aplicación en brotación y post cosecha a través de riego o aspersión al suelo, aplicar cada 15 días, además la preparación debe aplicarse máximo 4 horas después de preparada y mantenida e agitación.

Trichoderma puede ser inoculado al sustrato para semilleros o directamente al suelo en campo abierto. También el tratamiento a la semilla (inoculación), se emplea para el combate de hongos fitopatógenos, por ser un método muy rápido, fácil y económico. Otra forma de usarlo es mediante la aplicación en residuos

vegetales, que permite disminuir la población de patógenos de los residuos y del suelo. Además, es posible su aplicación de forma foliar, (Chiriboga et al., 2015).

3.2.3 Principales beneficios agrícolas del trichoderma

Protege las raíces de enfermedades causadas por Pythium, Rhizoctonia y Fusarium y permite el crecimiento de raíces más fuertes y por lo tanto, sistemas radiculares más sanos, (Condori, 2020).

- Aumenta la capacidad de captura de nutrientes y de humedad, así como mejora rendimientos en condiciones de estrés hídrico.
- No requiere equipamiento especial para su aplicación.
- Compatible con inoculantes de leguminosas y posibilidad de aplicar a semillas que han sufrido un tratamiento fungicida químico.

3.3 Fuentes de materia orgánica

3.3.1 Estiércol

El estiércol o guano es la base de alimentación de las lombrices, es un abono orgánico constituido por la mezcla de deyecciones sólidas y liquidas, Si queremos dedicarnos a la lombricultura, lo primero que debemos asegurar es una fuente garantizada de estiércol, (ENEEK, 2013).

3.3.1.1 Gallinaza

La gallinaza se considera como “excretas de aves ponedoras, en etapa de producción, son las mezclas con otros materiales” (Mullo Guaminga, 2012).

La gallinaza es el residuo con alto contenido de nitrógeno (relación C/N 10-15/1), por consiguiente, necesita de la adición de fibra (por lo menos una cuarta parte del volumen total) y más volteos, a fin de que se evapore el amoniaco, (ENEEK, 2013).

La calidad de la gallinaza está determinada principalmente por: el tipo de alimento, edad del ave la calidad del alimento desperdiciado, la cantidad de plumas, la temperatura ambiente y la ventilación del galpón, (Estrada Pareja, 2005).

Para Estrada Pareja, (2005), el valor de la gallinaza si esta se usara para alimento en ganado, como fertilizante u otro uso, debe tenerse muy presente que la composición de la misma cambia de acuerdo al momento de recolección y al tipo de almacenamiento.

Pérez, M. Villegas, R. (2009), alucen que la gallinaza es un residuo, pero también es considerado como un producto valioso por sus posible aplicaciones. Con la transformación de la gallinaza por medio de los diferentes tratamientos se generan una alternativa para darle valor agregado a un residuo orgánico abundante y mitigar el impacto ambiental negativo que este puede ocasionar cuando no se procesa, debido a una mala utilización o disposición.

Propiedades del compost (2002) Estrada, M. (2005), indica que la gallinaza se utiliza tradicionalmente como abono, su composición depende principalmente de la dieta y del sistema de alojamiento de las aves. La gallinaza obtenida de explotaciones en piso, se compone de una mezcla de deyecciones y de un material absorbente que puede ser viruta, pasto seco, cascarillas, entre otros y este material se conoce con el nombre de cama; esta mezcla permanece en el galpón durante todo el ciclo productivo.

3.3.1.2 Riqueza nutricional de la gallinaza

La gallinaza seca posee una mayor concentración de nutrientes, este valor depende del tiempo y rapidez del secado, así como de la composición del N, P (P_2O_5), K (K_2O). Es lo que se tiene en especial relevancia en el caso del nitrógeno y el fosforo y aparte de su valor como abono, tiene en exceso de estos elementos que se consideran contaminantes en el suelo, (Estrada Pareja, 2005)

Tabla 7. Análisis químico proximal de gallinaza

Nutriente	%
Humedad	7-15
Cenizas	24-28
Proteína bruta	18-35
Extracto etéreo	2-3
Fibra bruta	10-25

Fuente: http://es.scribd.com/doc/22891519/124/MANEJO-DE-LA-GALLINAZA. (2008)

3.3.2 Desechos de hojas

Es el conjunto de hojas secas de árboles y plantas y que cubre el suelo, y es fuente principal de materia orgánica en los ecosistemas forestales, (García Osorio et al., 2020).

Según Jaimez & Franco, (2003), la hojarasca es la principal fuente de aporte de nutrientes al suelo en los sistemas agroforestales, y su aporte nutricional depende de la zona y la especies que son las hojas.

3.3.3 Sustratos

Se define como cualquier medio que se utilice para cultivar plantas en contenedores, entendido por contenedor cualquier recipiente que tenga una altura limitada y que su base se halle a presión atmosférica, los sustratos abarcan campos de aplicación muy diversa, una característica del mismo suele distinguir las propiedades físicas, químicas y biológicas, la importancia del conocimiento dependerá del manejo adecuado que se le da, (Burés, 2001).

3.3.3.1 Sustratos en la lombricultura

Para LÓPEZ-MÉNDEZ et al., (2003), una de las alternativas para el estudio de estos sustratos es criar lombrices y de esta manera contribuyan a mitigar la contaminación.

Según Durán & Henríquez, (2009), establecieron un estudio donde se evaluó diferentes tipos de sustratos en el crecimiento, reproducción y adaptación de la lombriz.

3.4 Costos de producción

Según Sánchez, (2003), el alimento ingerido por la lombriz, es cerca al 60% convertido en humus o excretas y un 40% restante es asimilado y utilizado como energía.

Los costos de producción son los egresos necesarios para adquirir o producir bienes. El tamaño de la inversión y los costos de producción deben estar relacionados con la disponibilidad de recursos, (Ortegon & Zuñiga, 2016).

4. LOCALIZACIÓN

La provincia Sud Yungas el Municipio de Chulumani actualmente cuenta con una superficie aproximada de 287 Km^2, limitando con la segunda sección municipal de Coripata de la Provincia Nor Yungas y al noroeste con el Cantón Villa Barrientos quinta sección Municipal La Asunta, (Gobierno Autonomo de Chulumani, 2012).

Geográficamente se encuentra localizada a una latitud de 16°41’’00’ S y longitud 67°52’’00’ O. con una elevación de 1750 m. (Gobierno Autonomo de Chulumani, 2012).

Específicamente el estudio se realizó en la Comunidad Villa Remedios Bajo ubicada al sur del Municipio de Chulumani a una latitud de 16°23´29.45´´ S y longitud 67°28´44.83´ O con una elevación 1432msnm.

Imagen 2. Imagen satelital de la ubicación del estudio.

Fuente: Google Earth, (2021)

4.1 Precipitaciones pluviales

La precipitación pluvial alcanza de 106 mm/año, y una humedad relativa de 78,2% la estación lluviosa dura aproximadamente 9.5 meses que empieza del 22 de julio al 7 de mayo con un intervalo móvil de 31 días de lluvia por lo menos con 13 milímetros, el régimen de lluvias, es una de las variables más importantes que tiene incidencia sobre la producción agrícola, (es.weatherspark.com).

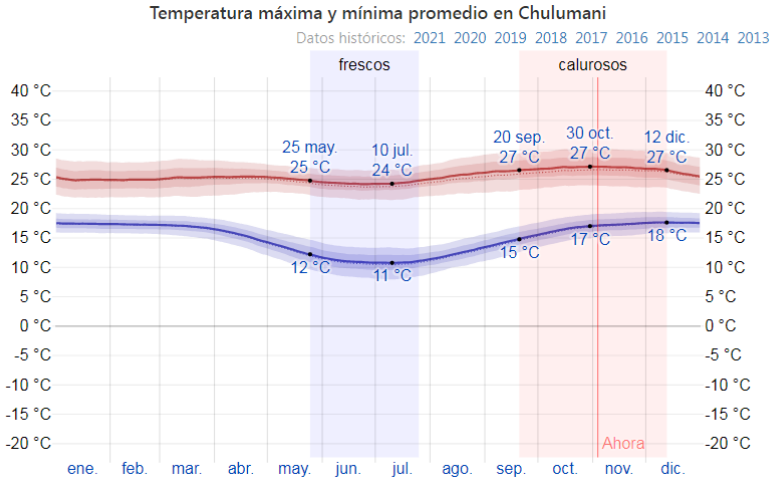
El periodo del año sin lluvia dura 2.5 meses, del 7 de mayo al 22 de julio con 8 milímetros, (es.weatherspark.com).

4.2 Clima y Temperatura

El Municipio de Chulumani tiene un promedio variable de temperatura en temporada templada dura 2.8 meses, del 20 de septiembre al 12 de diciembre, y la temperatura máxima promedio diario es más de 27°C, el mes más caluroso del año en el Municipio de Chulumani es noviembre, con una temperatura máxima en promedio de 27°Cy una mínima de 17°C, (es.weatherspark.com).

En la figura 1, podemos apreciar los datos de temperatura máxima y mínima promedio.

FIGURA 1. Temperatura máxima y mínima promedio en el Municipio de Chulumani.



Fuente: es.weatherspark.com.

El clima varía según la altitud, desde tropical pasando por la sub tropical a templado, la humedad es generalmente muy alta. Está variabilidad climática de la región (clima húmedo, templado y subtropical), (Gobierno Autonomo de Chulumani, 2012).

El siguiente cuadro presenta las temperaturas medias registradas del Municipio de Chulumani:

Tabla 8. Temperaturas promedio

TEMPERATURA PROMEDIO	VALORES ºC
Máxima media	29.2
Mínima media	11.4
Máxima extrema	30.1
Mínima extrema	-1.5
Temperatura promedio	20.41

Fuente: SENAMHI – Periodos de observación 10 años.

4.3 Características físico-biológicas

Desde el punto de vista fisiográfico, en la región encontramos desniveles abruptos, y laderas con pendientes predominantes del 20 a 30 % o más, cuya gradiente altitudinal oscila de 1.200 a 3.921 msnm. Prácticamente no existen zonas planas, al contrario, muy pocos sectores presentan pendientes del orden del 10 %. (Gobierno Autonomo de Chulumani, 2012).

4.4 Riesgos climáticos

La región por sus características propias, está expuesta a vientos orientales que son portadores de lluvia, por tanto, los riesgos climáticos que presenta la zona de Chulumani, son vientos fuertes en los meses de julio y agosto, granizadas poco frecuentes y muy localizadas, heladas blancas en las partes altas (a más 1.800 m.s.n.m.) y sequías que se presentan en la época invernal, (Gobierno Autonomo de Chulumani, 2012).

4.5 Suelos

4.5.1 Principales características

Según estudios las características predominantes se refieren especialmente que se trata de suelos mayormente someros, aparentemente constantes debido a la relativa homogeneidad de la roca madre, presentan gran acumulación de materia orgánica cuando tienen cobertura vegetal de estrato arbóreo, tanto en las partes altas como en las bajas. En las partes medias de mayor pendiente, existen afloraciones de rocas metalimolitas, pizarras, meta-areniscas y lutitas pizarrosas, del sistema ordovícico que son las rocas de la edad ordovícica hace más de 485 millones de año , (Gobierno Autonomo de Chulumani, 2012).

La región presenta suelos excesivamente drenados, con evidencia de erosión hídrica moderada a severa. El pH es fuertemente ácido, con valores del orden de 5.0 a 5.5 en las zonas altas y boscosas con suelo orgánico y con la característica de la presencia de helechos de arbóreos (Cyatheales); sin embargo, existen zonas con pH 4.0 a 4.5 generalmente en las laderas y zonas bajas. (PDM Chulumani 2015 – 2019 pp. 11a).

Según el BUREAU OF RECLAMATION DE EE.UU, este tipo suelo pertenece a una clase estructural de segundo orden con las siguientes características químicas: PH 5.45, nitrógeno 0.24%, fósforo 0.16% y fosfatos 58.40 %.

4.6 Flora

Los Yungas es una de las regiones mejor exploradas de Bolivia, donde existen decenas de especies consideradas como endémicas; no obstante, se siguen encontrando especies nuevas para la ciencia y nuevos registros para el país, presenta un bosque de árboles de porte bajo, mediano y alto, siempre verdes y de hojas coriáceas. Las epifitas, especialmente musgos y líquenes, abundan formando colchones verdes que cubren desde el suelo hasta las copas de los árboles, Killeen et. Al 1993 citado (Gobierno Autonomo de Chulumani, 2012).

Tabla 9. Muestra de las principales familias y especies registradas en el municipio de Chulumani.

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA
Chirimoya	*Annona cherimolia*	Annonaceae
Mango	*Mangifera indica*	Apocynaceae
Cuñuri	*Oreapanax sp.*	Araliaceae
Aduete	*Bixa orellana*	Bixaceae
Balsa	*Ochroma pyramidale*	Bombacaceae
Sanco	*Sambucus peruviana*	Caprifoliaceae
Papaya	*Carica papaya*	Caricaceae
Oregano de Monte	*Caryophyllaceae sp.1*	Caryophyllaceae
Ambaibo	*Cecropia menbranaceae*	Cecropiaceae
Paico	*Chenoipodium ambrosioides*	Chenopodiaceae
Toronjil de Monte	*Ageratina sp.*	Compositae
Saca	*Verbesina sp.*	Compositae
Camote	*Ipomoea batatas*	Convolbulaceae
Estrella del Sur	*Euphorbia sp.1*	Euphorbiaceae
Ceguera	*Euphorbiaceae sp.1*	Euphorbiaceae
Sirqui	*Euphorbiaceae sp.2*	Euphorbiaceae
Soliman	*Hura crepitans*	Euphorbiaceae
Hortensia	*Hydrangea macrophylla*	Hydrangeaceae
Nogal	*Juglans boliviana*	Juglandaceae
Muña	*Satureja parvifolia*	Labiatae
Palta	*Persea americana*	Lauraceae

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTPIFICO	FAMILIA
Roble	*Amburana acreana*	Fabaceae
Mani	*Arachis bypogea*	Fabaceae
Tacarcaya	*Cassia bocleriana*	Fabaceae
Siquili	*Inga edulis*	Fabaceae
Siquili de Monte	*Inga sp.*	Fabaceae
Platanillo	*Indigofera suffruticosa*	Fabaceae
Alfa Alfa	*Medicago sativa*	Fabaceae

Fuente: (Gobierno Autonomo de Chulumani, 2012)

5 MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Materiales

Los materiales que se usaron en la presente investigación fueron:

5.1.1 Material biológico

- En la presente investigación se utilizaron 5 kilos de lombrices de la especie roja californiana *(Eisenia foetida)*.
- Cepa de Trichoderma harziarum – Inoculo de arroz, 4,2 kg.

5.1.2 Material orgánico

5.1.2.1 Material de origen vegetal

- 15 sacos de hojarasca fresca picada (hojas de árboles frescas) de las siguientes especies: Gynerium sagittatum-Charo, Echinochloa cruz-galli-Capin, Musa balbisiana-platano hojas, Erythrina crista-galli-Ceibo- hojas y flores, Cecropia membranácea-Ambaibo.
- 15 sacos de hojarasca seco (hojas de árboles secas), de las siguientes especies: Erythrina crista-galli-Ceibo- hojas y flores, Cecropia membranácea-Ambaibo.

5.1.2.2 Material de origen animal

- 12 sacos de gallinaza sanitizada.

5.1.3 Materiales de campo

- 1 Hidrómetro
- 1 PH metro
- 1 Termómetro para sustrato - digital
- 3 bidones de 5 litros cada uno
- Carretilla
- Pala cuchara
- Rastrillo con puntas redondeadas
- Tamiz de 5 mm de alambre galvanizado (construido caseramente)
- 1 Balanza
- 1 Romana de 30 kg
- Planillas de registro
- Cámara fotográfica

5.1.4 Material de gabinete

- Libreta de apuntes, bolígrafos, hojas de papel, computadora portátil, calculadora científica.

5.2 Metodología.

El trabajo de investigación se realizó el 07 de julio de 2019 al 20 de enero de 2020, desde la sanitización de la gallinaza, preparación del pre-sustrato alimento, hasta obtención del humus de lombriz.

5.2.1 Fase de campo

5.2.1.1 Delimitación del área de investigación

Galpón que reunía las condiciones homogéneas para dicho estudio, con un área de 14.4 m^2 donde realizamos la sanitización de la gallinaza y la construcción de las camas.

5.2.1.2 Obtención y sanitización de la gallinaza

Se obtuvo la gallinaza de una granja cercana al lugar de estudio, misma que usa camas de cascarilla de arroz. Para la sanitización de la gallinaza se realizó un apilamiento de la misma en dicho galpón, se humedeció a un 50%, se dejó reposar por dos semanas midiendo la temperatura cada 3 días, para después retirar y embolsar.

5.2.1.3 Construcción de las camas

Se preparó 27 unidades experimentales (cajas de madera), con las siguientes dimensiones altura de 0,40 cm, longitud de 0,85 cm para cada cama y ancho de 0,50 cm.

5.2.1.4 Obtención del material orgánico

Se recolecto la hojarasca de lugares aledaños al lombricompostaje, en estado seco y fresco, se molió la el material seco y picó el material fresco para mejorar el tiempo de pre-compostaje.

5.2.1.5 Adquisición de trichoderma

El trichoderma usado en el experimento fue adquirido en la estación experimental de Sapecho dependiente de la Facultad de Agronomía UMSA. El trichoderma es de la sepa harziarum, la cual se inoculo de arroz fresco, la dosis recomendada para el uso de trichoderma es de 200 g en 20 litros de agua para el uso en papa y yuca, según (Montero Villalobos & Venegas Porras, 2008). Este hongo puede vivir unos 15 días después de madurar de forma fresca.

5.2.1.6 Adquisición lombrices adultas

Se adquirieron las lombrices rojas californianas de un lombricultor. Las mismas se transportaron en primera instancia en bolsas de nailon, para después ser transferidas a cajas de cartón con superficie de bolsas de nailon, hasta su llegada al lugar de estudió.

5.2.1.7 Proporciones de alimento para iniciar la prueba de sobrevivencia

Se realizó antes de establecer las camas con las proporciones adecuadas para las lombrices, estas relaciones de supervivencia y adaptación se realizó con 50

lombrices por tratamiento. Los tratamientos propuestos a un principio fueron: S1 = 100% Gallinaza, S2 = 100 % Hojarasca y S3 = 50% Gallinaza + 50% Hojarasca.

Para la realización se necesitó 3 botellas de aceite de 5 litros a la mitad previamente lavados, donde colocamos las 50 lombrices adultas, mismas que equivalen a 50 gr. Las ubicamos en la parte superior de cada bandeja con el respectivo sustrato.

5.2.1.8 Prueba de sobrevivencia

Para tener un normal desenvolvimiento de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) dentro el sustrato, se realizaron las correspondientes pruebas error, donde se puso a prueba cada sustrato propuesto a un principio en este estudio, obteniendo diferentes resultados de interacción de lombriz/sustrato, dichas pruebas de midieron en 24 horas.

5.2.1.8.1 Sustrato 1

Este sustrato es de 100% de gallinaza, al implementar se puso en la bandeja la gallinaza sanitizada, humedecimos al 80% para después inocular con los 50 gr de lombrices adultas para esta muestra.

Pasando unos minutos las lombrices se encontraban sobre el sustrato en grupo, y de coloración roja casi a morado, después de dos horas se volvió a revisar el sustrato, las lombrices estaban dentro, no mostraban alguna dificultad para ingresar.

5.2.1.8.2 Sustrato 2

El sustrato 2 es de hojarasca al 100% (fresca y seca), las cuales se obtuvieron de recolección de huertas aledañas al lombricario, eran hojas de árboles frutales y silvestres, estas fueron picadas para acelerar la descomposición con dos semanas de compostaje.

Una vez humedecido se inoculo con 50 lombrices. En este sustrato se observó el fácil ingreso de las lombrices, el problema fue que en 24 horas este sustrato estaba seco por lo que no cumplió con la humedad requerida para dicho experimento, además que el sustrato presentaba muchas moscas encima.

5.2.1.8.3 Sustrato 3

El sustrato 3 consistió en la utilización de un 50% de gallinaza sanitizada y un 50% de hojarasca picada (fresca y seca), con una compostación de dos semanas, pasado este tiempo se humedecido al 80%, para después inocular con 50 lombrices adultas. En este sustrato las lombrices se metieron rápidamente, al cabo de 24 horas se observaron las lombrices que estaban muy bien, en 5 días no se observó ningún problema.

5.2.1.9 Decisión final para establecer el sustrato definitivo

Tabla 10. Prueba de 50 lombrices adultas.

	Inoculación	PL50 (24 hrs)	5 días
Sustrato 1	50	50	50
Sustrato 2	50	46	30
Sustrato 3	50	50	50

Dónde: sustrato 1=100% gallinaza, sustrato2 = 100% gallinaza, sustrato 3= 50% gallinaza + 50% hojarasca.

Después de la prueba de 50 lombrices adultas se decidió establecer las siguientes proporciones a raíz del problema que se tuvo durante la prueba de sobrevivencia de las lombrices.

S1 = 100% Gallinaza
S2 = 70% hojarasca + 30% gallinaza
S3 = 50% hojarasca + 50% gallinaza

Se decidió cambiar las proporciones del sustrato 2 para que este tenga mayor retención de humedad, por tanto se incorporó un 30% de gallinaza, además se realizó la correspondiente descomposición de los tres sustratos con volteos de cada 5 días, esto se realizó por 51 días hasta que las hojas y la gallinaza encuentren un equilibrio, siempre midiendo el pH y la temperatura de estos sustratos.

5.2.1.10 Sustratos definitivos

5.2.1.10.1 Sustrato 1 (100% gallinaza)

La gallinaza fue recolectada de una granja de pollos de engorde, la cual cumplió con el proceso de sanitización, una vez dentro el lumbricario se procede a desembolsar, dejar en pre-compostaje para homogenizar el pH y la temperatura. Después de 51 días se lleva a las camas, una vez humedecido al 80% se inocula con las lombrices, en fecha del 8 de septiembre, se usó 150 lombrices por unidad experimental.

5.2.1.10.2 Sustrato 2 (30% gallinaza + 70% hojarasca)

Se recolecto hojarasca de huertas cercanas al lombricario, se picó las hojas frescas y se molió las hojas secas, mezclamos con un 30% de gallinaza. Una vez obtenido el sustrato 2 se procedió a dejar en pre-compostaje para tener un pH y temperatura homogenizada, también por 51 días, pasado este tiempo para la fecha del 8 de septiembre se llevó a las camas con una humedad al 80%, se inoculo las camas con 150 lombrices por tratamiento.

5.2.1.10.3 Sustrato 3 (50% gallinaza + 50% hojarasca)

De acuerdo a la prueba de supervivencia de decidió no modificar las proporciones de este sustrato donde se usó 50% de gallinaza y 50% de hojarasca, la misma se dejó en pre-compostaje por 51 días. Pasado este tiempo se llevan a las camas y se humedece un 80% para inocular el 8 de septiembre en homogeneidad del estudio, con 150 lombrices por tratamiento.

5.2.1.11 Dosis de aplicación del trichoderma

La dosis aplicada es de 200g de trichoderma en 20 litros de agua libre de cloro, 3 litros para cada cama, de acuerdo al diseño experimental, no se utilizó ningún adherente.

5.2.1.12 Frecuencia de aplicación de trichoderma

Para la frecuencia de aplicación nos basamos en la viabilidad de hongo en las bolsas que eran de 15 días. Por lo mismo se usó una frecuencia de aplicación del hongo trichoderma de cada 10 días y cada 20 días.

(Montero Villalobos & Venegas Porras, 2008) “Indica el uso de trichoderma es un beneficio para el suelo y el cultivo, tiene diversas ventajas como agente de control biológico pues posee un rápido crecimiento, desarrollo y produce una gran cantidad de enzimas inducibles con la presencia de hongos fitopatógenos…, volver aplicar a los 30 días”.

De acuerdo con Blaszczyk et al.,2014 citada por (Castañeda et al., 2017), indica que el género Trichoderma, realiza la producción de enzimas hidrolíticas que permite la degradación eficiente y versátil de la materia orgánica lo que permite la proliferación de este hongo.

5.3 Manejo del lombricario

Para el manejo del lombricario se determinaron parámetros que son importantes para la obtención y el buen desenvolvimiento de las lombrices en los sustratos a estudiar.

En este estudio se colocó en las camas el sustrato-alimento con una altura de 20 centímetros, estos previamente humedecidos a 80%.

Una vez humedecidas las camas se inocularon las mismas con 150 lombrices por tratamiento.

Este proceso es el de mayor importancia para la producción de lombrices y del humus propiamente.

5.3.1 Determinación de la Humedad

El método más sencillo para saber la humedad adecuada para las lombrices es apretar el sustrato en un puño y observar que salgan de 8 a 10 gotas que se acerca a la humedad de 80%.

Este método se utilizó para la medición en las camas, además de un medidor de humedad.

5.3.2 Determinación de la temperatura

La temperatura es otro factor importante que influye tanto en la reproducción y fecundidad de las capsulas como en la producción de humus.

En nuestro experimento se tomó la temperatura cada 3 días con un termómetro digital para sustrato, en todo el transcurso del estudio fueron 35 veces que se midió este dato hasta la primera cosecha.

5.3.3 Determinación del pH

Para un desarrollo adecuado de la lombriz el sustrato necesita un pH neutro valores mayores o menores provocan que la lombriz ingrese en latencia.

Para medir el pH se utilizó un medidor de pH digital de la marca Onsinic, que también nos ayuda a medir la humedad. El dato de pH se tomó cada 3 días por todo el transcurso del proceso desde el pre-compostaje hasta la cosecha del humus de lombriz.

5.3.4 Determinación del riego y la humedad.

Para el riego de las unidades experimentales, se realizó dos veces por semana, de acuerdo al requerimiento de la humedad que necesitan las lombrices, combinando con la frecuencia de aplicación del hongo trichoderma que conforme al estudio se tiene dos frecuencias de aplicación: A1 cada 10 días y A2 cada 20 días.

La humedad de cada sustrato se mantuvo entre 70 y 75% que es óptimo para las lombrices y la vida del hongo.

5.3.5 Remoción del sustrato

La remoción del sustrato en las camas se dio una vez a la semana, con ayuda de una pala y las manos con mucho cuidado de no lastimar las lombrices, la remoción del sustrato se realiza para agregar aire al sustrato y evitar la compactación por el riego que hacemos para mantener la humedad necesaria para las lombrices.

5.4 Toma de datos

5.4.1 Temperatura de los sustratos durante el proceso de pre-descomposición

Se tomaron los datos de temperatura cada 3 días, con ayuda del termómetro digital, durante 51 días, este datos es importante porque nos ayuda a saber el

trabajo microbiano que se tiene en los sustratos, si están listo para la inoculación de las lombrices y el hongo trichoderma.

5.4.2 Volumen del pre-sustrato inicial al sustrato alimento final

Para medir el volumen se utilizó un flexo, se tomaron las medidas de volumen (ancho, largo, alto), desde el inicio día 0, a los 40 días y al final que en promedio fueron 120 días.

Se determinó medir el volumen del sustrato alimento para observar la cantidad de espacio ocupa el material a usar y la cantidad de espacio que ocupa el mismo material durante el proceso de lombricompostaje.

5.4.3 Número de días a la descomposición de los sustratos

5.4.3.1 Pre-compostaje

Para el pre compostaje se dejó el sustrato-alimento por 51 días, en compostación hasta el momento en que esta mezcla se homogenice en la estructura, cambie el color y el olor, se reparten en las unidades experimentales se procede a humedecer e inocular las camas.

5.4.3.2 Lombricompostaje

Para el lombricompostaje se tomaron los datos de días a la humificación de los sustratos, este parámetro se midió por observación, que se aprecia el cambio en temperatura, apariencia física (estructura, olor, color) de estos sustratos.

Este proceso es denominado lombricompostaje por la intervención de las lombrices para la obtención de humus de lombriz.

5.5 Cosecha del humus

La cosecha se realizó con ayuda de trampas que se usaron para reducir la cantidad de gusanos en el humus, estas se colocaron dos semanas antes de la cosecha, además que requerimos una malla de 0.005 mm para cernir, después se dejó secar en sombra por una semana, por ultimó se embolso en saquillos y dejamos madurar en un galpón no húmedo por un mes.

5.6 Diseño experimental

Para analizar el estudio se utilizó el modelo estadístico de Diseño completamente al azar con arreglo combinatorio Bifactorial, de acuerdo a (Balzarini et al., 2008).

$$Y = \mu + A+B + (A*B) + E$$

Dónde:

Y_{ij} = Una observación cualquiera.

μ_i = Media poblacional.

A = Efecto fijo i-ésimo

B = Efecto fijo j-ésimo

A*B = Efecto de interacción

E_{ij} = Efecto aleatorio residuales o error experimental NIID~(0, G^2_e).

5.6.1 Factores de estudio

Los factores de estudio de esta investigación fueron: frecuencia de aplicación de trichoderma y tres tipos de sustratos:

a) **Frecuencia de aplicaciones de trichoderma**

A0: TESTIGO (sin aplicación – 0 días)

A1: Cada 10 días

A2: Cada 20 días

b) **Tipo de sustratos**

S1: 100% Gallinaza

S2: 70% Hojarasca + 30% de gallinaza

S3: 50% hojarasca **+** 50% de gallinaza

Descripción de tratamientos

TT1 = A0 + S1 = testigo (sin aplicación – 0 días) + sustrato 1

TT2 = A0 + S2 = testigo (sin aplicación – 0 días) + sustrato 2

TT3 = A0 + S3 = testigo (sin aplicación – 0 días) + sustrato 3

T4 = A1 + S1 = aplicación 1 (10 días) + sustrato 1

T5 = A2 + S1 = aplicación 2 (20 días) + sustrato 1

T6 = A1 + S2 = aplicación 1 (10 días) + sustrato 2

T7 = A2 + S2 = aplicación 2 (20 días) + sustrato 2

T8 = A1 + S3 = aplicación 1 (10 días) + sustrato 3

T9 = A2 + S3 = aplicación 2 (20 días) + sustrato 3

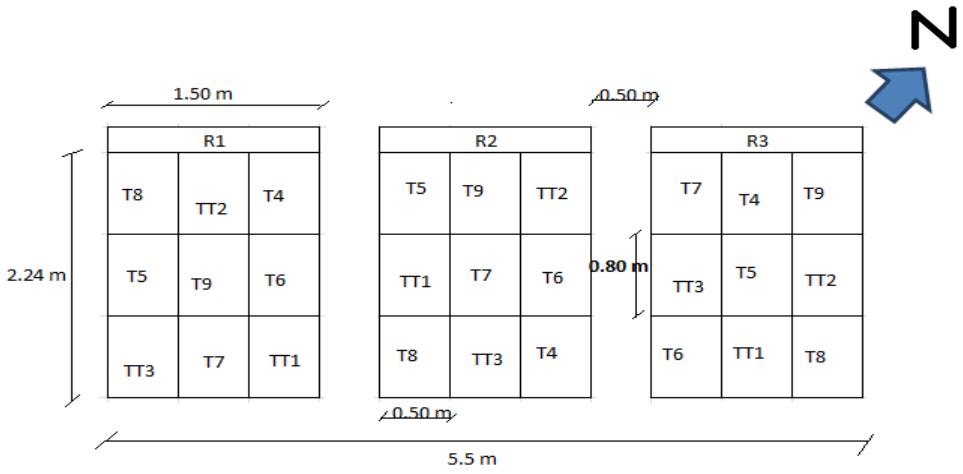
Unidades experimentales

La cantidad de unidades experimentales para la realización de este estudio fueron de 27, las dimensiones de cada unidad experimental fue de 0,80m*0,50m*0,40m, con tres repeticiones.

5.6.2 Croquis experimental

En la figura 1 se muestra el croquis de las repeticiones de cada sustrato, se realizó todo al azar de las relaciones de cada repetición como se puede observar.

FIGURA 2. Croquis y descripción de las unidades experimentales.



Elaboración propia

Detalles de las camas:

Longitud de 2.80m, ancho de 0.50m y altura de 40cm.

5.6.3 Variables de respuesta

5.6.3.1 Días a la obtención de humus

Una vez que se tienen los sustratos elaborados se observa el cambio en estructura, color y olor de cada tratamiento, se toma la medida mediante los días observados en que se muestre esta diferencia en las camas ya inoculada.

De acuerdo con nuestro estudio el sustrato 1 (100% gallinaza), presento un proceso mucho más lento, donde se muestra que al paso del tiempo la pérdida del sustrato 1, que se debe a la acidificación de la misma y la no adaptación de las lombrices al sustrato-alimento, puesto que en la prueba de sobrevivencia no se mostró ninguna reacción de las lombrices en 24 horas y los 5 días posteriores.

Las variables que se midieron fueron el pH, temperatura, se observó el cambio de estructura que no presento ningún cambio es este periodo de tiempo, color no cambio en ningún momento y olor se sentía olor fétido que se debió por el exceso

de humedad, y al momento de verificar el estado de las lombrices no se observó lombrices adultas vivas.

5.6.3.2 Calidad de humus de lombriz

Para poder determinar la calidad de humus de lombriz se llevó a laboratorio muestras representativas de cada unidad experimenta, con un peso de 1 kg, debidamente secado a sombra, tamizada y con un tiempo de maduración de un mes, de las mismas que se analizó los siguientes elementos (pH, fosforo, nitrógeno, potasio, relación C/N) que contemplamos para medir la calidad del humus elaborado en nuestro estudio.

Para la toma de muestras es necesario que sea de manera homogénea los materiales utilizados deben estar limpios para no contaminar entre las muestras por lo que se puede utilizar agua destilada para limpiar las herramientas a utilizar, se debe realizar una torta y un cuarteo es este el que se llevara a laboratorio, debidamente etiquetado con el nombre, tipo de muestra, fecha, para la manipulación de la misma se utilizan guantes de latex, según (Onainor, 2019).

El resultado de laboratorio de cada elemento es la media por sustrato elaborado.

Todos los resultados obtenidos son del laboratorio del ABEN (Agencia Bolivia de Energía Nuclear), situada en la ciudad de La Paz en la calle 23 de San Miguel.

5.6.3.2.1 Análisis químico pH

Para el análisis del pH en el humus de lombriz obtenido, se llevó a laboratorio donde se realizó por el método de potenciometria.

5.6.3.2.2 Análisis químico fosforo total (P)

Para el análisis químico del fosforo total, el cual se realizó por el método de Espectrofotometría UV- visible, donde los datos obtenidos se muestran en ppm.

5.6.3.2.3 Análisis químico nitrógeno total (N)

Para el análisis químico del nitrógeno total se realizó por el método de Kjeldahl, los datos obtenidos se muestran en porcentaje (%).

5.6.3.2.4 Análisis químico potasio total (K)

Para el análisis químico del potasio total se realizó por el método de emisión atómica los datos obtenidos se muestran en meq/100g.

5.6.3.2.5 Relación carbono nitrógeno (C/N)

El laboratorio brinda este dato por la relación carbono nitrógeno que tiene el humus de lombriz obtenido en este estudio.

5.6.3.3 Rendimiento en volumen de humus de lombriz

Al final del estudio de obtuvo el porcentaje de descomposición de cada unidad experimental, para determinar el mismo, se midió el volumen final del sustrato seguidamente del mismo que había sido descompuesto, después realizar la relación. La medición fue realizada en centímetros y de forma visual la descomposición del sustrato.

5.6.3.4 Comparación del peso inicial del sustrato alimento vs el peso final del humus obtenido

Para el dato de los pesos inicial (sustrato-alimento) vs el peso final (humus), se pesa a un inicio todas las unidades experimentales, para después de todo el proceso de humificación y se realiza la cosecha se pesa también y se obtiene la comparación para saber la relación que se tiene.

5.6.3.5 Rendimiento en peso de humus de lombriz

La variable rendimiento en peso del humus de lombriz obtenido se midió en kg, este dato se obtuvo pesando cada unidad experimental en su totalidad, con los datos obtenidos de obtuvo el porcentaje de rendimiento de alimento consumido y no consumido por la lombriz.

5.7 Análisis económico

Para finalizar el estudio se realizó un análisis económico por tratamiento, contemplando el consto de producción, ingreso total y costo total.

5.7.1 Relación Beneficio y Costo (B/C)

En dicho estudio se utilizó esta relación de beneficio/costo para medir la capacidad que tiene los sustratos alternativos y generar rentabilidad por cada unidad monetaria gastada.

Si el valor de B/C es mayor a 1 = Inversión aceptada

Si el valor de B/C es igual a 1 = Inversión dudosa

Si el valor de B/C es menor a 1 = Inversión rechazada

6 RESULTADOS

Los resultados obtenidos que a continuación se presentan, muestran los efectos de los factores estudiados en el presente trabajo de investigación.

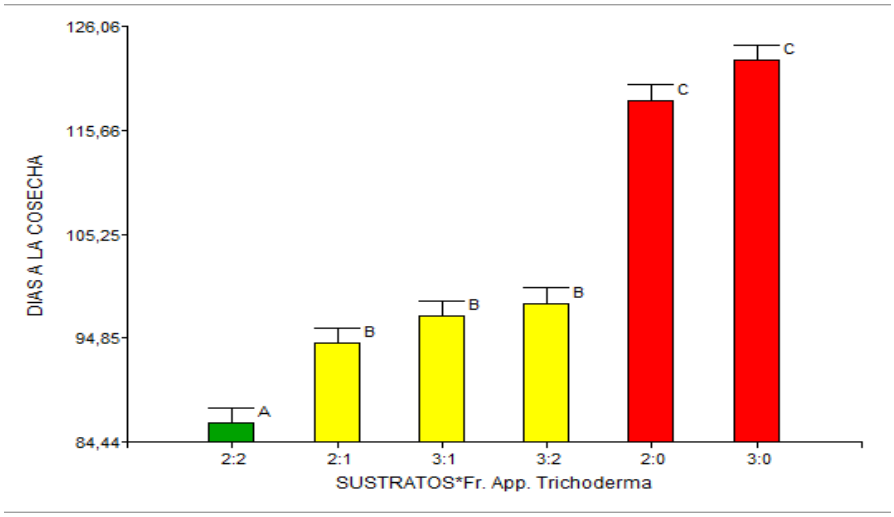
6.1 Días a la obtención de humus

De acuerdo con la toma de datos de campo se pudo evidenciar la pérdida del sustrato 1 (100% gallinaza), debido a que el sustrato presenta bastante humedad, un pH no uniforme y al pasar el tiempo no presenta ningún tipo de cambio en su estructura, donde se observa mucha fibra no digerible por las lombrices.

Según (Compagnoni et al. 1989) citado por (Facultad de Ciencias Agrarias, 2004), menciona que la lombriz no tritura materiales fibrosos, ligninas, celulosas, hemicelulosa, etc.

Los efectos de los días a la cosecha del humus de lombriz fueron analizados mediante un diseño completamente al azar con arreglo bi-factorial.

FIGURA 3. Análisis de varianza de días a la cosecha de humus de lombriz.



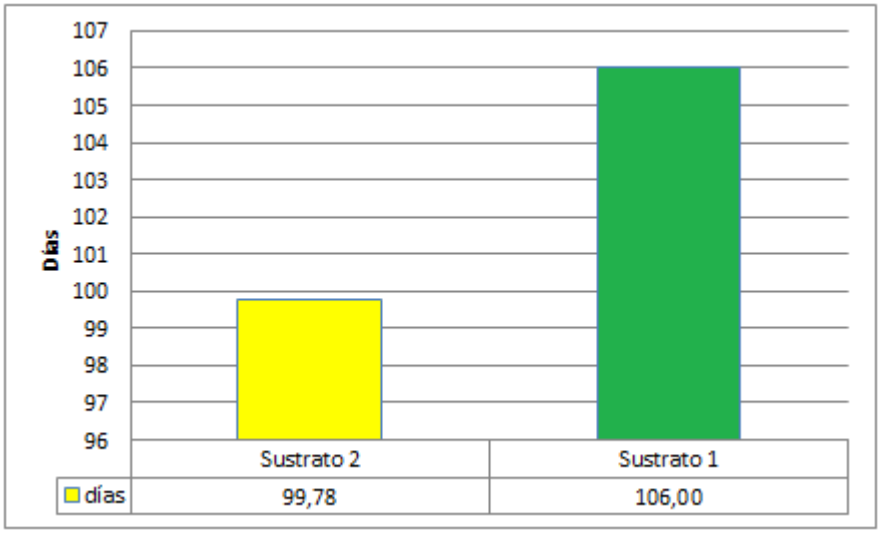
Dónde: 2:2 sustrato 2-aplicación 2(20 días), 2:1 sustrato 2-aplicación 1(10 días), 3:1 sustrato 3: aplicación 1(10 días), 3:2 sustrato 3-aplicación 2(20 días), 2:0 sustrato 2-aplicación 0 días, 3:0 sustrato 3-aplicación 0 días.

En la figura 3 del análisis de varianza nos muestra la diferencia estadística

existente entre los sustratos, la frecuencia de aplicación de trichoderma y de la misma forma la interacción, significando aquello la existencia de una diferencia estadística entre los mismos.

El coeficiente de variación es de 1.35%, este valor determina la confiabilidad de los datos obtenidos.

FIGURA 4. Prueba de significancia de Duncan de sustratos.



Dónde: sustrato 2 (30% gallinaza + 70% hojarasca), sustrato 3 (50% gallinaza + 50% hojarasca).

En la figura 4, la prueba de significancia Duncan nos muestra que el sustrato 2 (30% gallinaza + 70% hojarasca), tiene menor día a la cosecha de humus de lombriz con una media de 99,78 días, a diferencia del sustrato 3 (50% gallinaza + 50% hojarasca), con un promedio de 106 días a la cosecha.

La diferencia que se tiene en los días a la cosecha se estos sustratos se debe a la cantidad de hojarasca y gallinaza de ambos sustratos, donde Guizado Gonzales, (2015), determina la eficiencia de la gallinaza en la elaboración de compost mediante pilas dinámicas a partir de residuos orgánicos con un proceso de compostaje por un periodo de 93 días a la cosecha.

Tabla 11. Prueba de significancia de Duncan de la frecuencia de aplicación de trichoderma

Fr. App. Trichoderma	Medias	n	E.E.	
10 días	92,33	6	1,06	A
20 días	95,67	6	1,06	B
0 días testigo	120,67	6	1,06	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

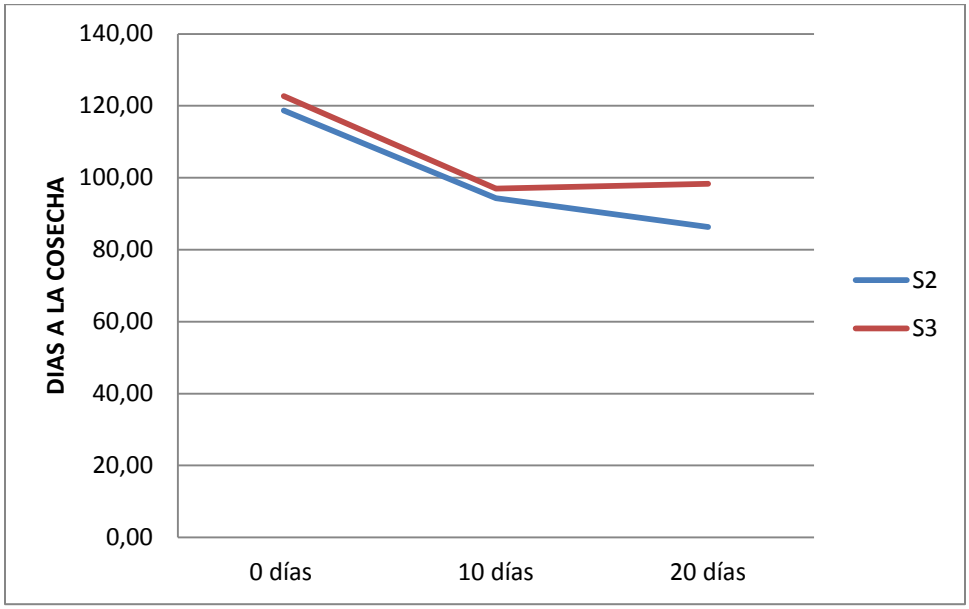
El análisis de medias Duncan al 5% nos muestra que la mejor frecuencia de aplicación de trichoderma es a los 10 días con un promedio de 92,33 días a la cosecha de humus de lombriz, a diferencia del tratamiento testigo (sin aplicación) con un promedio de 120,67 días a la cosecha de humus de lombriz.

Tabla 12. Prueba de efectos simples para la interacción sustratos vs Frecuencia de aplicación de trichoderma.

Fuentes de Variación (F.V.)	GL	SC	CM	Fc	Ft		
					0,05	0,01	
Sustrato 2	2	43098,67	21549,34	2,8	3,88	6,63	NS
Sustrato 3	2	49309,33	24654,67	3,2	3,88	6,63	NS
Error Experimental	12	92386,67	7698,89				

En la tabla 12, que muestra la prueba de efectos simples para la interacción sustratos vs Frecuencia de aplicación de trichoderma, presenta diferencias estadísticas no significativas para los sustratos.

FIGURA 5. Análisis de efectos simples para la interacción sustratos vs Frecuencia de aplicación de trichoderma.



Donde S2= 70% de hojarasca, 30% de gallinaza, S3= 50% de hojarasca, 50% de gallinaza.

Como se observa en la figura 5, el análisis de efectos simples para la interacción sustratos vs frecuencia de aplicación de trichoderma nos muestra que la aplicación de trichoderma cada 20 días es indistinta sobre los sustratos 2 y 3 para obtener menores días a la cosecha.

Tabla 13. Prueba de efectos simples para la interacción frecuencia de aplicación de trichoderma vs sustratos.

Fuentes de Variación (F.V.)	GL	SC	CM	Fc	Ft		
					0,05	0,01	
Aplicación 0 días	1	10,67	10,67	0,471	4,75	9,33	NS
Aplicación 10 días	1	216	216	9,528	4,75	9,33	**
Aplicación 20 días	1	24	24	1,059	4,75	9,33	NS
Error Experimental	12	271,99	22,67				

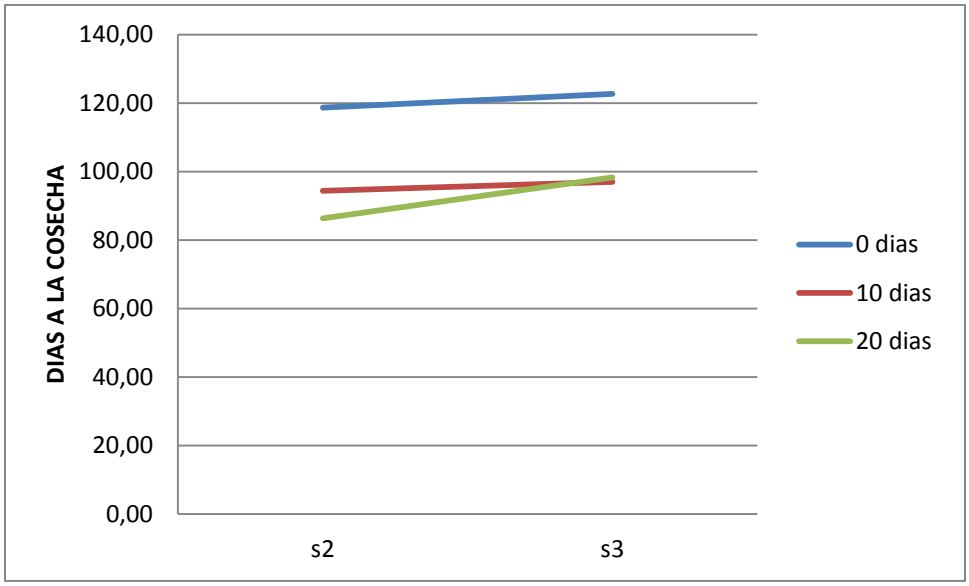
En la tabla 13, se muestra la prueba de efectos simples, para la variable frecuencia de aplicación de trichoderma presenta diferencias estadísticas, en el caso de la aplicación cada 10 días, donde se tiene un comportamiento altamente

significativo diferenciado de la aplicación cada 20 días y el testigo (sin aplicación 0 días), que existe diferencia no significativa.

El hongo trichoderma toma nutrientes de los hongos que parasita y de materiales orgánicos, ayudando a su descomposición, por lo cual las incorporaciones de materia orgánica y compostas favorecen su proliferación (Ramos et al., 2008).

Para la frecuencia de aplicación de trichoderma el mejor resultado se presentó con la aplicación cada 10 días, de acuerdo con Hermosilla H, (2011), el hongo trichoderma ayuda al desarrollo de las raíces por estimulación del hongo trichoderma y las enzimas hidroliticas que presenta.

FIGURA 6. Análisis de efectos simples para la interacción frecuencia de aplicación de trichoderma vs sustratos.



Donde S2= 70% de hojarasca, 30% de gallinaza, S3= 50% de hojarasca, 50% de gallinaza.

La figura 6, indica que existe interacción entre la frecuencia de aplicación de trichoderma con los sustratos donde se señala un menores días a la cosecha, siento en este caso el sustrato 2 con ambas aplicaciones en promedio.

Por tanto los resultados obtenidos nos demuestran que existe una diferencia entre el sustrato 2 (30% gallinaza + 70 % hojarasca) y el sustrato 3 (50% gallinaza +

50% hojarasca), se respalda el hecho de que sustrato con mayor cantidad de gallinaza, tiende a tener un proceso más largo.

De acuerdo a Ochoa T, (2020), el uso de gallinaza como sustrato en humus de lombriz, presentaron resultados donde los tratamientos con menor producción fueron aquellos que tenían gallinaza, esto debido a que las lombrices no pueden asimilar insumos con alto contenido de celulosa y lignina.

El uso de distintos estiércoles en la preparación de los sustratos influye en el tiempo de cosecha del humus, dando resultados como los de Mamani L, (2016), existe diferencia entre los tratamiento T_0 (testigo tierra agrícola) se obtuvo en 161 días, el T_1 (estiércol de ovino) con 130 días, y el tratamiento T_2 (estiércol de vacuno), con 142 días, lo que se debe por el tiempo de maduración de estiércol.

También Paco et al., (2011) debido a las características de consumo en su influencia en el porcentaje de descomposición se observa que en los primeros meses se tiene un 10% de descomposición en el proceso de compostaje, a medida que avanza el proceso se tiene en un tiempo de 75 días más de un 50% de descomposición al tercer mes con un 90 % de descomposición finalizando en un periodo de 120 días con sustratos de un 95% de descomposición.

6.2 Calidad de humus de lombriz

Según los resultados de laboratorio se tiene los siguientes resultados:

6.2.1 Composición química del humus de lombriz obtenido de los tratamientos

La tabla 14, muestra los parámetros de calidad que se tomaron en cuenta en este estudio: pH, potasio, nitrógeno, fosforo y la relación carbono nitrógeno.

Tabla 14. Composición química del humus de lombriz obtenido de los tratamientos, después del lombricompostaje

Parámetros	Unidad	SUSTRATO 2	SUSTRATO 3
pH	-	7,38	7,45
P	ppm	10,9	9,32
N	%	0,65	0,73
K	meq/100g	8,9	9,91
Rel. C/N	-	7,56	5,03

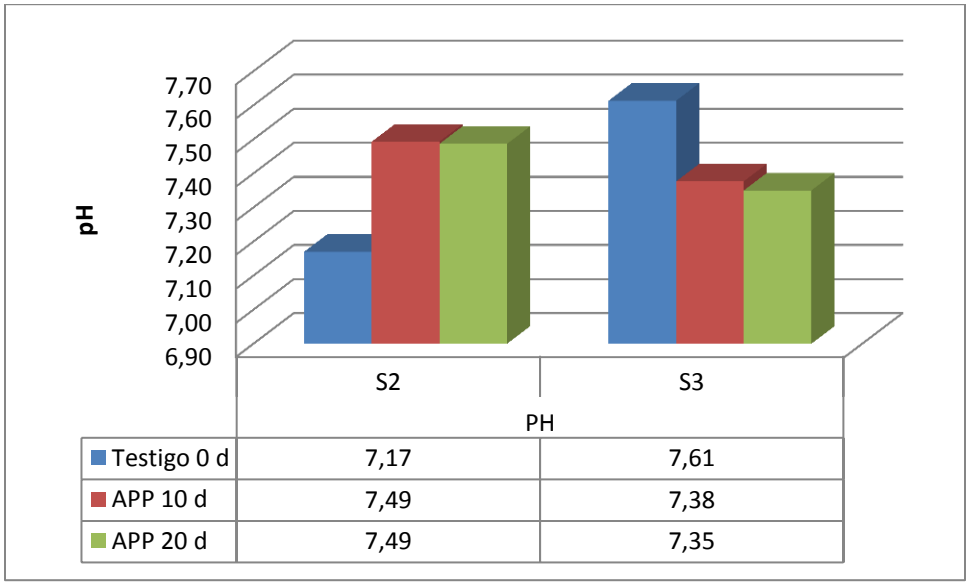
Fuete: Elaboración propia con los resultados de los análisis efectuados en laboratorios del ABEN (2021); Donde S2= 70% de hojarasca, 30% de gallinaza, S3= 50% de hojarasca, 50% de gallinaza.

6.2.2 Comparación del pH, entre los sustratos del humus de lombriz obtenido

El comportamiento del pH en los sustratos de humus de lombriz obtenidos que se muestra en la figura 3, nos indica que el sustrato 3 con la aplicación testigo (sin aplicación del hongo trichoderma), tiene el pH más alto de 7,61, a diferencia del sustrato 2 con la misma aplicación testigo (sin aplicación) con un valor de 7,17 siendo esta el valor mínimo obtenido.

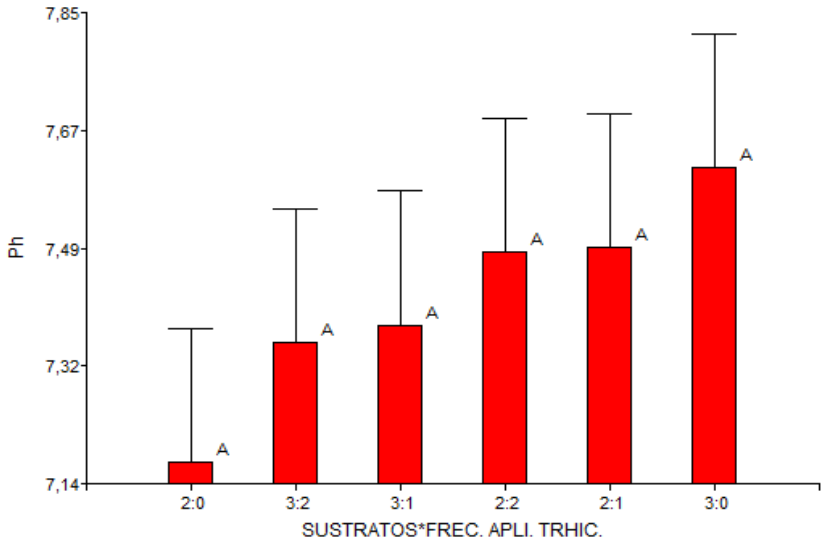
Por consiguiente se muestra un cabio en el pH de los sustratos con las frecuencias de aplicaciones donde el sustrato 2 tiene los mayores valores de 7,49 en ambas aplicaciones (cada 10 y 20 días), a diferencia de los valores del sustrato 3 con valores de 7,38 y 7,35 con frecuencia de aplicación de (cada 10 y 20 días) respectivamente.

FIGURA 7. Comparación del pH en los sustratos del humus de lombriz obtenido.



Donde S2= 70% de hojarasca, 30% de gallinaza, S3= 50% de hojarasca, 50% de gallinaza.

FIGURA 8. Análisis de varianza del pH en comparación a los sustratos y la frecuencia de aplicación de trichoderma del humus de lombriz obtenido.



Dónde: 2:2 sustrato 2-aplicación 2(20 días), 2:1 sustrato 2-aplicación 1(10 días), 3:1 sustrato 3: aplicación 1(10 días), 3:2 sustrato 3-aplicación 2(20 días), 2:0 sustrato 2-aplicación 0 días, 3:0 sustrato 3-aplicación 0 días.

Realizando el análisis de varianza para la variable pH la figura 8, muestra que no existe diferencia estadística significativa entre la aplicación de frecuencias de

trichoderma y los sustratos sobre el pH, también se tiene el coeficiente de variabilidad de 4,71% que nos indica que los datos tiene un alto grado de confiabilidad.

Para Mulet del Pozo et al., (2008), se obtuvo un pH en promedio de 7 que refiere que es un nivel bajo según datos comparativos con otros estudios lo que demuestra la necesidad de mejorar las condiciones de maduración y obtención de la materia prima empleada.

Según Melgarejo P et al., (2010), el valor de pH que presento los materiales que implementaron lombriz roja californiana en los sustratos, estuvieron dentro el rango medio 6,5 a 8,0 a diferencia del compost de rosas que estuvo por debajo del intervalo óptimo.

Se encontró diferencias en pH cuando se utiliza distintos estiércoles, donde Mamani L, (2016), demuestra la diferencia estadística en pH, T_0 (tierra agrícola) con 7 neutro, T_1 (Estiércol de ovino) con 6,6, T_2 (estiércol vacuno) con 6,6 y T_3 (estiércol de cuyes) con 6,5.

También para Pantoja Medina, (2020), destaca que el rango mayor de pH del humus de lombriz se obtuvo con el tratamiento T_0 (EV = estiércol de vacuno) con 6,99, T_2 (EV+RVF = estiércol de vacuno + restos de vegetales frescos) con , 6,94 y T_1 (EV+EM 5% = estiércol de vacuno + microorganismos eficientes5%) con 6,80, los cuales son estadísticamente similares, seguido del T_3 (EV+EM 5%+ RVF = estiércol de vacuno + microorganismos eficientes5% + restos de vegetales frescos) con 6,75 que es significativamente inferior a los demás tratamientos.

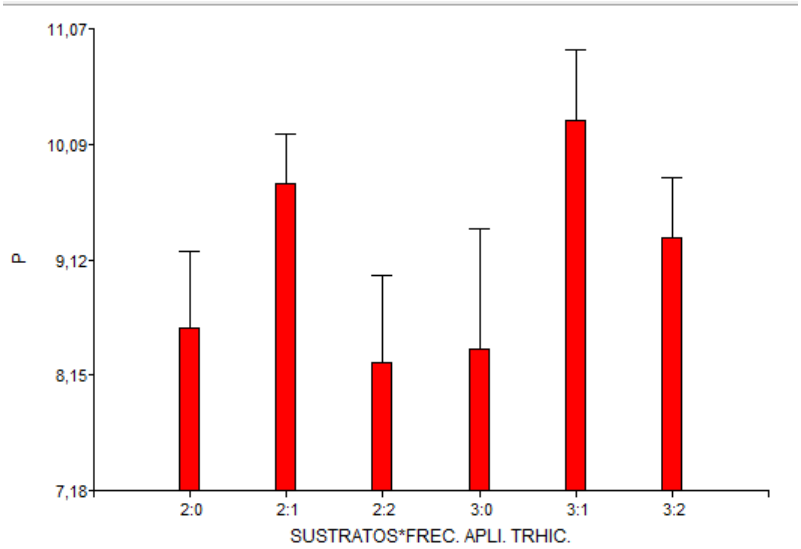
Los valores obtenidos de pH se encuentran dentro el rango de la norma mexicana que nos indica que este valor debe estar entre 5,5 a 8,5, para que el humus elaborado sea de calidad.

También este humus obtenido presenta un pH en rango más hacia la basicidad, lo que nos ayudaría a equilibrar el pH del suelo de la zona de estudio, siendo esta más acida.

6.2.3 Comparación del fosforo P_{total}, entre los sustratos del humus de lombriz obtenido

Realizando el análisis de varianza para la variable fosforo la figura 9, muestra que no existe diferencia estadística significativa entre la aplicación de frecuencias de trichoderma y los sustratos sobre el fosforo, también se tiene el coeficiente de variabilidad de 12,93% que nos indica que los datos tienen confiabilidad.

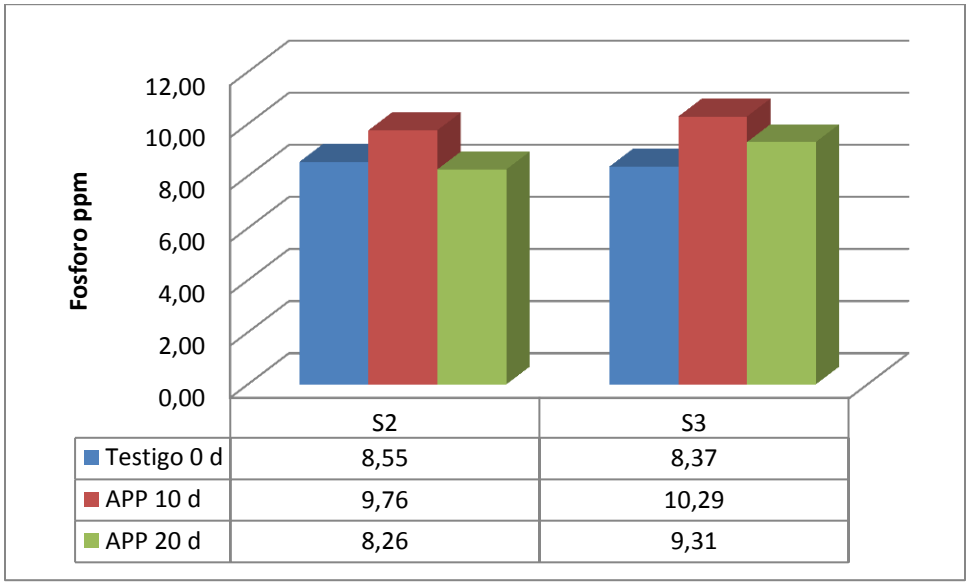
FIGURA 9. Análisis de varianza del fosforo (P) en comparación a los sustratos y la frecuencia de aplicación de trichoderma del humus de lombriz obtenido.



Dónde: 2:2 sustrato 2-aplicación 2(20 días), 2:1 sustrato 2-aplicación 1(10 días), 3:1 sustrato 3: aplicación 1(10 días), 3:2 sustrato 3-aplicación 2(20 días), 2:0 sustrato 2-aplicación 0 días, 3:0 sustrato 3-aplicación 0 días.

En la figura 10, se apreciar los niveles de fosforo que se tiene en los sustratos de humus de lombriz obtenido, donde el sustrato 3 con muestra el mayor valor con 10,29 ppm de fosforo.

FIGURA 10. Muestra la comparación del fosforo entre los sustratos de humus de lombriz obtenidos



Donde S2= 70% de hojarasca, 30% de gallinaza, S3= 50% de hojarasca, 50% de gallinaza.

Según Ochoa T & Panduro P, (2014), el nivel de fosforo que se tiene según sus tratamientos se ve incrementado por la mezcla se escobajo con vacaza con valores de 62,5% en T1 y T2 y en 87,5% en T3 en comparación al testigo.

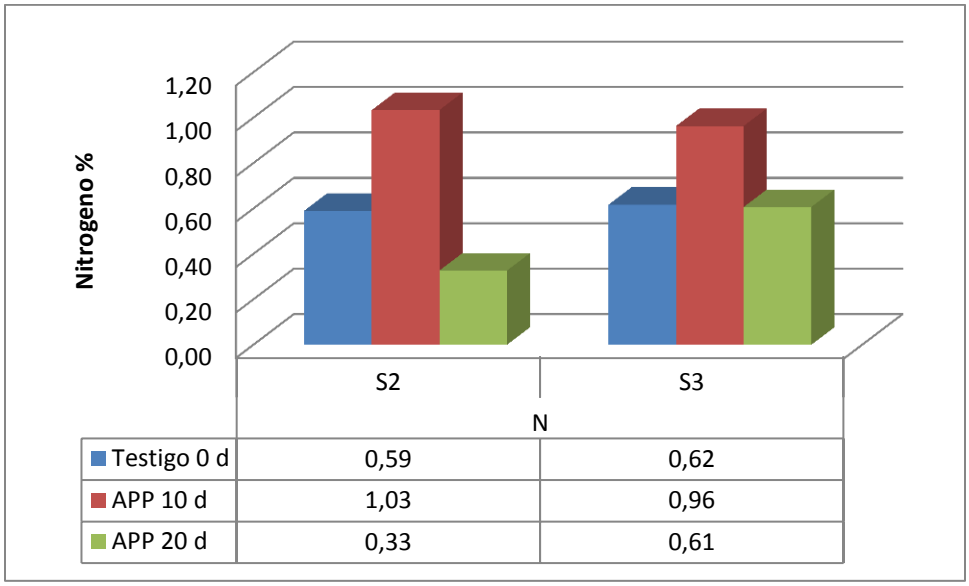
Para Ayma R, (2020), se obtuvo valores del fosforo de 3800 mg/kg de humus en el tratamiento T4 (estiércol de vacuno 25% + ave 25%), con similares contenidos el tratamiento T3 (estiércol de cuy) con 3333,3 mg/kg, T2 (estiércol de ave) con 2866,7 mg/kg y T6 (estiércol de vacuno 25% + ave 25%) con 2626,7 mg/kg resultando superior a los tratamientos T5 (estiércol de vacuno 25% + estiércol de cuy 25%) con 2386,7 mg/kg, T7 (estiércol de vacuno 16.7% + ave 16.7% + estiércol de cuy 16,7%) con 2200 mg/kg y T1 estiércol de vacuno 50% testigo) con 2160 mg/kg.

Los valores obtenidos del fosforo están por debajo de lo esperado, esto puede deberse tal vez a la falta de maduración del humus al momento de la cosecha.

6.2.4 Comparación del nitrógeno N $_{total}$, entre los sustratos del humus de lombriz obtenido

La figura 11, se puede observar la comparación del nitrógeno en los sustratos propuestos donde en el sustrato 2 con aplicación de trichoderma cada 10 días presenta el valor más alto con 1,03 % de nitrógeno.

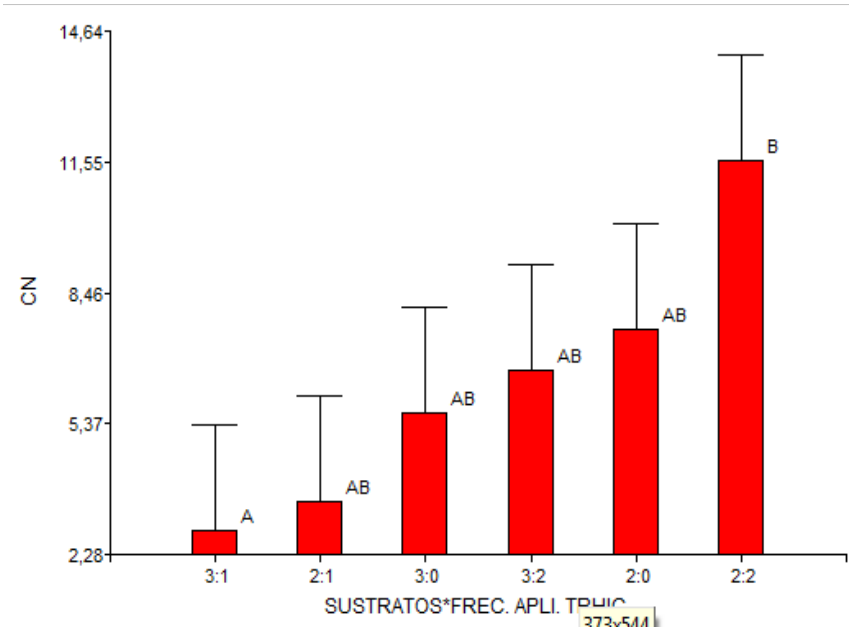
FIGURA 11. Comparación del N total, entre los sustratos del humus de lombriz obtenido



Donde S2= 70% de hojarasca, 30% de gallinaza, S3= 50% de hojarasca, 50% de gallinaza.

El análisis de varianza en la tabla 17 nos muestra que no existe una diferencia estadística significativa entre el uso de sustratos y la frecuencia de aplicación de trichoderma en relación a la cantidad de nitrógeno en los tratamientos.

FIGURA 12. Análisis de varianza del nitrógeno en comparación a los sustratos y la frecuencia de aplicación de trichoderma del humus de lombriz obtenido.



Dónde: 2:2 sustrato 2-aplicación 2(20 días), 2:1 sustrato 2-aplicación 1(10 días), 3:1 sustrato 3: aplicación 1(10 días), 3:2 sustrato 3-aplicación 2(20 días), 2:0 sustrato 2-aplicación 0 días, 3:0 sustrato 3-aplicación 0 días.

El coeficiente de variación es de 2,17%, este valor determina la confiabilidad de los datos.

Por tanto los datos obtenidos del nitrógeno en el sustrato 2 están dentro el rango de la norma mexica 1% a 4%, lo que nos lleva a entender que el humus de lombriz cosechado tiene calidad, a diferencia del sustrato 3 que tiene un valor por debajo de este rango.

De acuerdo con Ochoa T & Panduro P, (2014), se muestra resultados de escobajo de palma aceitera (hojas) con gallinaza, cuyos valores para el nitrógeno aumentan en de 2,60 y 1,19 en tratamientos T2 y T3, hasta el valor de 3,5 y 3% que se incrementa en T2 en comparación del testigo con un valor de 1%.

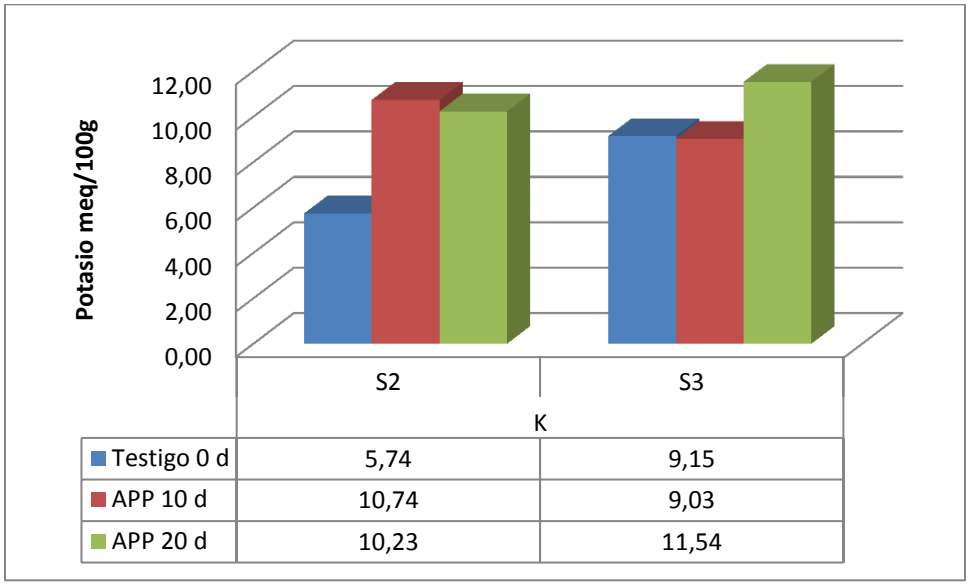
A diferencia de Álvarez y Rimski-Korsakov, (2015, p.173), citado por Ayma R, (2020), reportan niveles de nitrógeno en el humus de lombriz de entre 0,46 a 1,16% dependiente del origen del material de alimentación.

Lo que conlleva a Donoso et al., (2008), en la elaboración de humus de lombriz con estiércol de borrego, durante tres meses presento nitrógeno total de 2,19%, (pp. 58), que nos demuestra el nitrógeno en humus depende del material utilizado también Piza, (2017), observa que en el T3 (50% residuos de mercado deshidratado, 50% de estiércol ovino), con una composición de nitrógeno de 1,459% es el mejor tratamiento que se tiene, por el alto contenido de nitrógeno.

6.2.5 Comparación del potasio K $_{total}$, entre los sustratos del humus de lombriz obtenido

En la figura 13, se apreciar los niveles de potasio que se tiene en los sustratos de humus de lombriz obtenido, donde el sustrato 3 con la frecuencia de aplicación cada 20 días tiene el mayor valor 11,54 meq/100g de potasio, y el menor valor obtenido es del sustrato 2 sin aplicación de trichoderma (testigo) el valor de 5,74 meq/100g.

FIGURA 13. Comparación del potasio K, entre los sustratos del humus de lombriz obtenido.



Donde S2= 70% de hojarasca, 30% de gallinaza, S3= 50% de hojarasca, 50% de gallinaza.

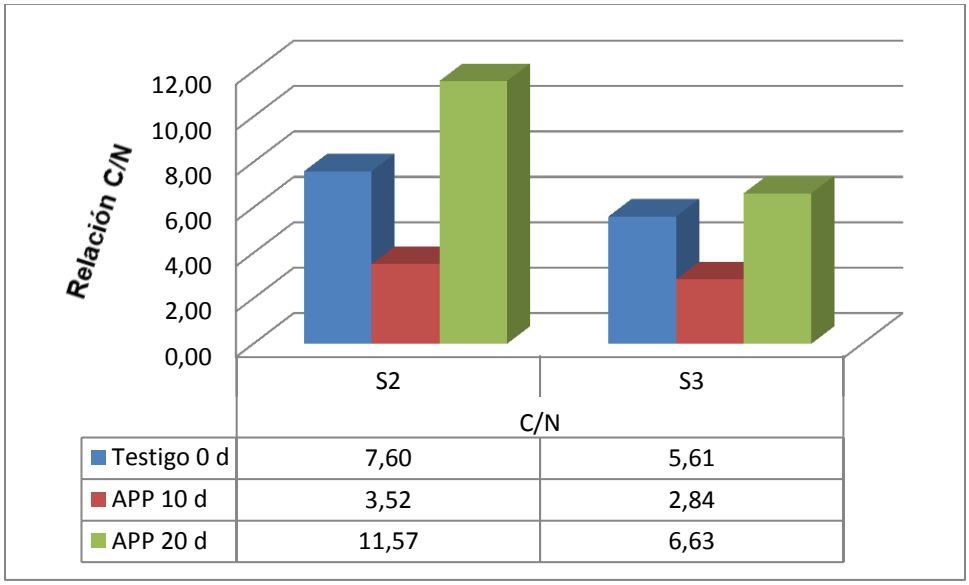
En cuanto al potasio se tiene para el tratamiento T2 con 0,25% continuando con el tratamiento T3 con 0,095% y finalizando con el T1 con menor cantidad 0,043%, donde estos tres tratamientos tuvieron una reducción durante el proceso de humificación, el T3 con 1,026% a 0,93% a diferencia de los tratamientos T1 reduciendo a 0,078 y T2 con 0,03%, esto se debe al lavado del estiércol de ovino y el proceso de humificación.

Los valores obtenidos en el laboratorio del humus de lombriz elaborado en el estudio están por debajo de lo esperado, puede deberse a la falta de maduración del humus después de la cosecha.

6.2.6 Comparación de la relación carbono/nitrógeno C/N, entre los sustratos del humus de lombriz obtenido

En la figura 14, se muestra la relación C/N que se tiene en comparación sobre los sustratos de humus de lombriz obtenidos con la frecuencia de aplicación de trichoderma.

FIGURA 14. Comparación de la relación C/N, entre los sustratos del humus de lombriz obtenido.



Donde S2= 70% de hojarasca, 30% de gallinaza, S3= 50% de hojarasca, 50% de gallinaza.

Para Diaz (2002), estableció un rango aceptable de C/N está entre 9 y 13 y si es inferior a 9 se producirán pérdidas importantes de nitrógeno.

Para Ochoa T & Panduro P, (2014), se encontraron que en los tres tipos de mezcla, todos los tratamientos muestran menores valores de relación C/N en porcentajes elevados, respecto al testigo 15.2% en humus de lombriz.

Para Durán y Enríquez, (2006), citado por Piza, (2017), donde menciona que la relación C/N, el T1 mostro mayor valor de 10,67 esto se debe posiblemente a las altas cantidades de fibra que proviene de la dieta de los animales.

Por tanto la mejor relación se encuentra en el sustrato 2 (30% de gallinaza + 70% de hojarasca) con la frecuencia de aplicación de cada 20 días, con un valor de 11,57.

Tabla 15. Norma mexicana vs datos de laboratorio del humus obtenido.

Datos		pH	Nitrógeno %	R. C/N
Norma mexicana		5,5 a 8,53	1 a 4 %	≤20
Resultados de laboratorio		pH	Nitrógeno %	R. C/N
SUATRATO 2	TESTIGO	7,17	0,59	7,60
	TRAT 6	7,49	0,62	5,61
	TRAT 7	7,49	1,03	3,52
SUATRATO 3	TESTIGO	7,61	0,33	11,57
	TRAT 8	7,38	0,96	2,84
	TRAT 9	7,35	0,61	6,63

Elaboración propia.

La tabla 15. Muestra los datos obtenidos de laboratorio y la norma mexicana, para saber cuál de los sustratos elaborador tiene mejor calidad.

6.3 Rendimiento en volumen de humus de lombriz

Los tres sustratos presentaron disminución de volumen durante el proceso de descomposición hasta la producción del humus de lombriz. La tabla 16. Presenta el volumen inicial, volumen de inoculación y volumen final del sustrato elaborado después de la descomposición y el humus elaborado por las lombrices.

Tabla 16. Rendimiento de volumen de humus de lombriz obtenido.

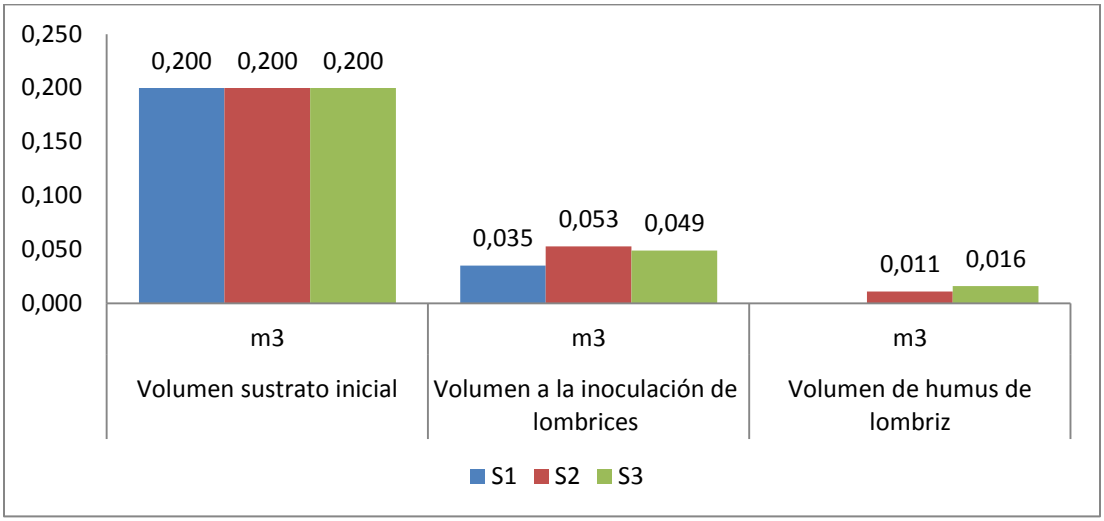
Sustratos	Volumen sustrato inicial	Volumen a la inoculación de lombrices		Volumen de humus de lombriz	
	m^3	m^3	%	m^3	%
S1	0,2	0,035	43,75	PERDIDO	PERDIDO
S2	0,2	0,053	66,25	0,011	21
S3	0,2	0,049	62,25	0,016	32

Fuente: elaboración propia, trabajo de campo (Julio de 2019 - Diciembre 2019). Dónde: S1 = 100% de gallinaza, S2= 70% de hojarasca, 30% de gallinaza, S3= 50% de hojarasca, 50% de gallinaza.

El volumen de sustrato inicial es de 0.200 m^3 para los tres sustratos, después del tiempo en pre-descomposición de 51 días, resultaron diferentes volúmenes que registraron los distintos sustratos.

La siguiente figura 15, demuestra que el volumen final mayor de obtuvo con la aplicación de (50% gallinaza y 50% hojarasca) sustrato 3 con un valor de 0,016 m^3 que indica que el sustrato inicial redujo a 32%, el sustrato 2 que corresponde a (30% gallinaza y 70% hojarasca), del sustrato inicial redujo a un 21% a humus de lombriz.

FIGURA 15. Rendimiento de volumen de humus de lombriz obtenido.



Dónde: S1 = 100% de gallinaza, S2= 70% de hojarasca, 30% de gallinaza, S3= 50% de hojarasca, 50% de gallinaza.

Dicha disminución puede deberse a la generación de lixiviados o evaporación en forma de vapor de agua según Rosas (2017), que señala a Robles (2005), que los residuos orgánicos procedentes de los mercados presentan un 90% en contenido de agua lo cual influyo en la reproducción de volumen del sustrato alimento a humus de lombriz.

La disminución del volumen en los sustratos se debe al material utilizado que influyo en la reducción del volumen inicial al volumen del sustrato alimento a humus de lombriz o lombricomposta.

6.4 Comparación del peso inicial del sustrato-alimento vs el peso del humus obtenido

El peso en kg de humus de lombriz por sustrato se muestra en la tabla 19, también se observa el peso del sustrato inicial y el porcentaje del alimento consumido.

Después del lombricompostaje se obtuvo el peso final de 106,46 kg del sustrato 2 con un peso promedio por unidad experimental de 14,75 kg equivalente al 41%, para el sustrato 3 se obtuvo un peso final de 153 kg con un peso promedio por unidad experimental de 19,79 kg equivalente al 59%.

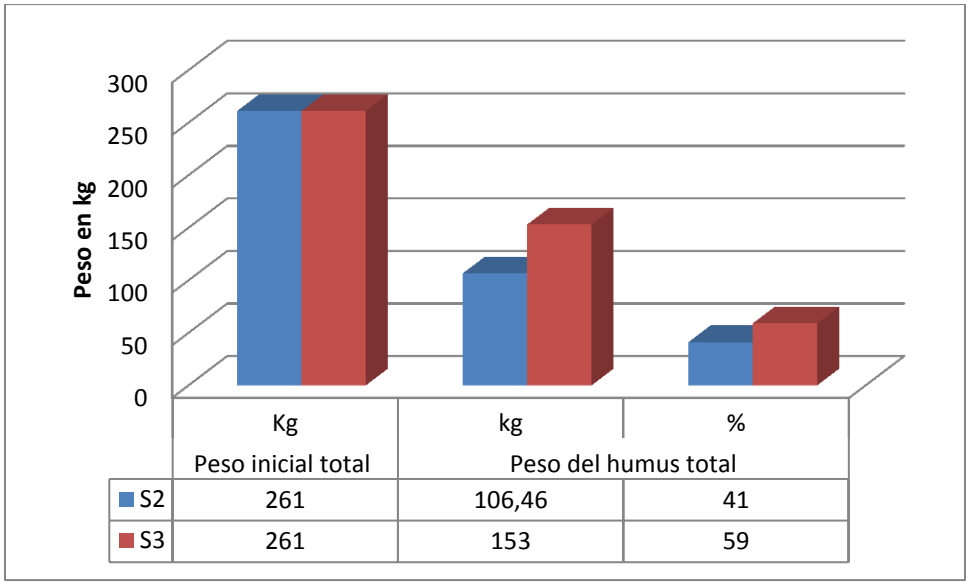
Tabla 17. Comparación del peso inicial del sustrato alimento vs el peso del humus obtenido

Sustratos	Peso inicial total	Peso del humus total	
	Kg	kg	%
S2	261	106,46	41
S3	261	153	59

Dónde: S2= 70% de hojarasca+30% de gallinaza, S3= 50% de hojarasca+50% de gallinaza.

La figura 16, nos muestra el peso inicial del sustrato alimento, el peso final del humus de lombriz obtenido y el porcentaje del humus obtenido.

FIGURA 16. Comparación del peso inicial del sustrato alimento vs el paso del humus obtenido



Dónde: S2= 70% de hojarasca, 30% de gallinaza, S3= 50% de hojarasca, 50% de gallinaza.

El peso es diferente al volumen, cada sustrato ocupa un volumen con diferente peso. Debido a la composición de los residuos orgánicos utilizados en el estudio. También influyo el porcentaje de humedad en el rendimiento de humus, después de la cosecha los porcentajes de humus fueron de 50,6% y 60,5% de humedad respectivamente en comparación a Rosa (2017), que obtuvo rendimientos que están entre 57,64%, 58,7% y 60,22% con el uso de la sustrato de ovino y residuos de mercado frescos y deshidratados.

Según Tenecela, (2012), de la alimentación que reciben las lombrices el 60% se emplea en su mantenimiento y reproducción y el 40% restante se transforma en humus, lo que nos indica que para 500 kg de alimento por año procesado se cultiva 200 kg de humus.

Por tanto el consumo del sustrato alimento por la lombriz fue casi lo esperando para ambos sustratos.

6.5 Rendimiento en peso de humus de lombriz obtenido

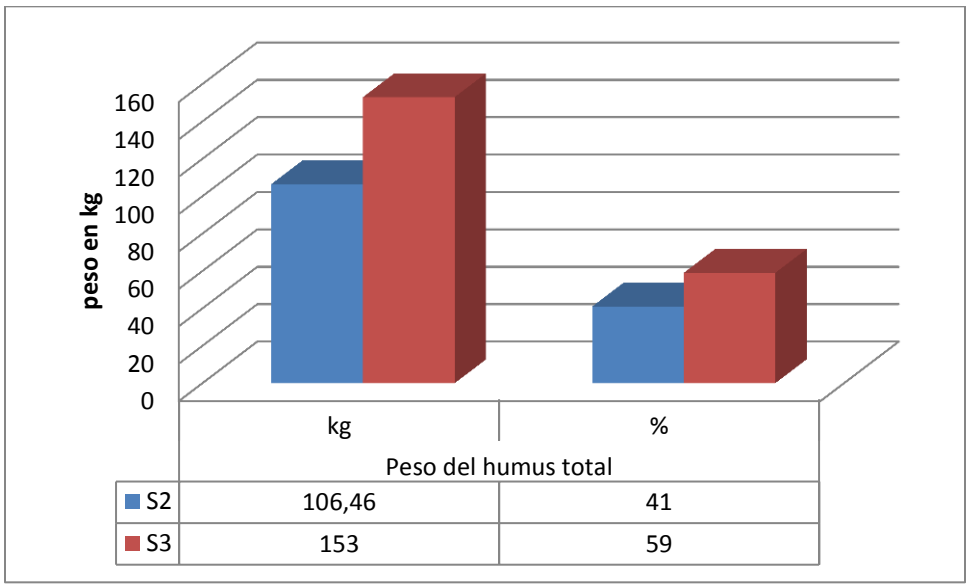
La tabla 18, muestra el rendimiento que se obtuvo de los sustratos estudiados, en fase final humus de lombriz.

Tabla 18. Rendimiento en peso y porcentaje de los sustratos a humus de lombriz

Sustratos	Peso del humus total	
	kg	%
S2	106,46	41
S3	153	59

Dónde: S2= 70% de hojarasca+30% de gallinaza, S3= 50% de hojarasca+50% de gallinaza.

FIGURA 17. Rendimiento en peso y porcentaje de los sustratos a humus de lombriz



Dónde: S2= 70% de hojarasca+30% de gallinaza, S3= 50% de hojarasca+50% de gallinaza.

Para Rojas P, (2005), durante el proceso de su investigación las lombrices estuvieron adaptadas al nuevo sustrato alimenticio por lo que el mayor rendimiento

de humus es de 58%, y el mejor segundo rendimiento es del tratamiento T-5 (hojas de plátano+pulpa de café+ hojas de siquili), con 56% de humus producido.

Para Pati, (2001), obtuvo rendimientos bajos que están entre 35% y 27% con el uso de sustratos con ingesta bovina y residuos de mercado.

Según Piza, (2017) el mejor tratamiento en rendimiento de peso es el T2 (), con una producción de lombriz 12,3 kg peso promedio el mismo que es equivalente a un 63,1%.

Por tanto en la presente investigación los resultados de pesos son aceptables por donde el mejor sustrato es S2 (50% gallinaza + 50% hojarasca), con un 59% de humus producido.

6.6 Análisis económico

El análisis económico, se realizó para conocer el beneficio/costo y establecer la rentabilidad económica del estudió.

Tabla 19. Costo de producción del humus elaborado.

N°	DETALLE	CANTIDAD	UNIDAD	P/U	TOTAL Bs.
1	**Ingreso total**			16,0	**4135**
	Venta de humus	259	KG	15	3885
	Venta de lixiviado	50	LTR	5	250
2	**COSTO TOTAL (a+b)**				**1696,75**
	a). Costos Fijos			0,6	**156,75**
	Pala	1	Unid	70,00/4	17,5
	Manguera	30	mts	1,5/2	22,5
	Cunas de madera	1	Unid	100,00/2	50
	ph metro e hidrómetro	1	Unid	260/8	35,5
	Termómetro	1	Unid	250/8	31,25
	b). Costos Variables			5,9	**1540**
	Lombriz	5	kg	200	1000
	Gallinaza	12	sacos	5	60
	cepa de trichoderma de 200 g la bolsa	22	unid	15	330
	Mano de obra directa	12	Hrs	12,5	150
3	**UTILIDAD SIN IVA**				12

Precio del humus en base al mercado local.

6.6.1.1.1 Punto de equilibrio

Según Sánchez Santaella, (2014), en términos contables de costos, es aquel punto de actividad (volumen de ventas) donde los ingresos totales son iguales a los costos totales, es decir el punto de actividad donde no existe utilidad ni pérdida, hallar este punto es hallar el número de unidades a vender.

Formula del punto de equilibrio

$$p.e = \frac{cft}{pst - cvu}$$

Dónde:

p.e = punto de equilibrio

cft = costo fijo total (sin IVA)

pst = precio de venta unitario (sin IVA)

cvu = costo variable unitario (cvt/cp)

cvt/cp = costo variable total / cantidad producida

$$p.e. = \frac{622{,}5}{15 - 5{,}9} = 68{,}8$$

Observando el resultado, para percibir ganancias económicas el proyecto debe producir mayor a 68,8 kilos de humus, de lo contrario el emprendimiento no sería rentable.

6.6.2 Beneficio costo

Para un adecuado proceso de toma de decisiones, estas deben ser evaluadas atendiendo al costo-beneficio correspondiente a cada curso de acción, este proceso constituye una de las mayores responsabilidades administrativas, (Aguilera D & Univeridad de la Habana Cuba, 2017).

$$\frac{B}{C} = \frac{4135}{1540} = 2{,}4\ Bs.$$

Observando lo resultados del beneficio costo y considerando la cantidad de producción total de humus y lixiviado de cada tratamiento, sugiere que el proyecto es viable con la utilización de hojarasca y gallinaza para la alimentación de las lombrices californianas y que por cada boliviano invertido se ganó 1,40 Bs.

Realizando la evaluación de la tabla 20, se observa en el beneficio costo por tratamientos, donde el beneficio costo del sustrato S3 (50% hojarasca + 50% gallinaza) con 3,00 bolivianos, y el sustrato S2 (70% hojarasca + 30% gallinaza), con beneficio costo de 1,92 bolivianos.

Tabla 20. Análisis del beneficio/costo de los sustratos de producción de humus

Tratamiento	BN (Bs/Kg)	CV (Bs/KG)	B/C (Bs)
Sustrato 2	1715	891,75	1,92
Sustrato 3	2420	80675	3,00

Dónde: S2= 70% de hojarasca, 30% de gallinaza, S3= 50% de hojarasca, 50% de gallinaza.

En ambos sustratos se genera ganancia esto es debido al material usado que se encuentra cerca al lugar donde se implementó el lombricompostaje.

La diferencia entre el beneficio/costo de ambos sustratos de debe al uso de trichoderma en cantidades diferentes, quedando como el mejor sustrato en ganancia el sustrato 3, con 2 bs por 1 boliviano invertido.

7 CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados en la presente investigación.

"Determinación de la calidad de humus de lombriz roja californiana *(Eisenia foetida),* en tres sustratos con frecuencia de aplicación de trichoderma en la Comunidad de Villa Remedios bajo - Chulumani - La Paz".

Se llegó a las siguientes conclusiones:

Respondiendo al primer objetivo de implementar procesos de elaboración de humus de lombriz con frecuencia de aplicación de trichoderma se obtuvieron las siguientes conclusiones correspondientes a sus variables.

El tiempo de proceso de elaboración de humus de lombriz, tuvo un periodo de 99.78 días desde la inoculación hasta la cosecha para el sustrato 2 (30% gallinaza + 70% hojarasca), teniendo el mejor tiempo en días a la cosecha, a diferencia del sustrato 3 un promedio de 106 días.

Al establecer el proceso de elaboración de humus de lombriz con frecuencia de aplicación de trichoderma, se observó el cambio de estructura, color y olor en el sustrato 2 con aplicación cada 20 días con un promedio de cosecha de 99.78 días hasta la cosecha.

La mejor frecuencia de aplicación de trichoderma es de cada 10 días, de acuerdo a los resultados obtenidos, siendo indistinta al sustrato en estudio.

En cuanto al segundo objetivo determinación de características químicas del humus de lombriz (Calidad) se concluye que:

Para la variable pH se tiene valores con un comportamiento muy similar en ambos sustratos los mismos que están dentro la norma mexicana para indicar que se tiene calidad, este humus tiende a ser más básico lo que es muy aceptable para el área de estudio donde se tienen suelos más ácidos.

Para la variable P (fosforo) se tiene valores por debajo de la norma mexicana, puede deberse tal vez a la falta de maduración de los sustratos, el uso de aplicación de trichoderma no influye en este elemento lo que se demuestra estadísticamente.

Para la variable N (nitrógeno) de acuerdo a los resultados obtenidos se concluye que se tiene valores dentro la norma mexicana para calidad del humus elaborado, esto se observa en el sustrato 2 con un valor de 1.03%.

Para la variable K (potasio) se obtuvieron valores por debajo de la norma mexicana en ambos sustratos y con frecuencia de aplicación de trichoderma, esto puede deberse a la falta de maduración después de la cosecha.

Para la variable comparación de la relación C/N (carbono/nitrógeno), se obtuvo la mejor relación de 11,57 esto en el sustrato 2 (30% de gallinaza + 70% de hojarasca), con una frecuencia de aplicación de cada 20 días.

En relación a la variable rendimiento del volumen de humus de lombriz elaborado se observó una disminución notable en el sustrato 2 que tenía un 70% de hojarasca que es lo que más se notó al momento de preparar las camas con una disminución de 21% al momento de la cosecha.

Para la variable pesos de los sustratos al iniciar vs el peso del humus obtenido se observó que el sustrato 2 obtuvo un peso final de 106,46 kg a diferencia del sustrato 3 con un peso de 153 kg, esto se debe al material utilizado que tenía un 50 % de gallinaza.

Para la variable rendimiento en peso del humus elaborado se tiene que el mejor sustrato es el tercer con una composición de 50% de hojarasca + 50% de gallinaza con un 59% de humus producido.

Y cumpliendo con el tercer objetivo se tiene los costos de producción del humus obtenido, donde se sugiere que es muy rentable la elaboración con la utilización de hojarasca y gallinaza obteniendo un beneficio costo del mejor sustrato que es el tercero con una ganancia de 2 bs por 1 boliviano invertido.

Una vez analizados detenidamente los resultados en cada una de las variables de respuesta se puede concluir que de acuerdo a los resultados de laboratorio el sustrato 2 muestra mejores características y menor días a la cosecha, con diferencia del sustrato 3 que presenta mejor rendimiento en peso y beneficio costo.

8 RECOMENDACIONES

Se recomienda no usar gallinaza al 100% como un sustrato, porque al descomponerse el pH del mismo empieza a acidificarse, además que la temperatura fluctúa mucho, esto hace que las lombrices mueran en el proceso, no es un sustrato adecuado para la producción de humus de lombriz.

Mantener la humedad entre 70% y 75% si se usara trichoderma porque este hongo no soporta humedades altas, pierde su eficacia.

Para los tratamientos del sustrato S3 (50% hojarasca+50% gallinaza) se recomienda que el riego sea cada 15 días, esto por la conformación de dicho sustrato que es bastante húmedo.

Se recomienda la implementación de ceniza en el proceso de pre-compostaje, esto ayudara a mejor la cantidad de potasio y fosforo presente en el humus al final de todo el proceso.

Podría realizarse más estudios de cuantificación de pérdidas de las características químicas, físicas y biológicas de la gallinaza sanitizada y mesclada con diferente materia orgánica, para utilizarlo como alimento para la lombriz.

También se podría realizar estudios de cuantificación de trichoderma y las características de este hongo a la cosecha de humus de lombriz.

Se recomienda implementar estos sustratos en campo y verificar que el aporte que puede brindar a un cultivo, como una segunda fase del estudio.

9 BIBLIOGRAFIA

Agrolanzarote. (2016). Manual Práctico para la Lombricultura. *Agrolanzarote La Web Del Campo de Lanzarote*, *1*, 12. http://www.agrolanzarote.com/ Consultado el 20 de agosto de 2021.

Aguilera D, A., & Univeridad de la Habana Cuba. (2017). *El costo-beneficio como herramienta de decisión en la inversión en actividades científicas*. *87*(1,2), 149–200.

Associació Catalana d'Enginyeria Sense Fronteres. (2018). *Manual de producción de compost* (Vol. 148). https://esf-cat.org/wp-content/uploads/2018/12/Manual-produccion-de-compost-ESF.pdf

Ayma R, B. S. (2020). *Análisis Comparativo De Diferentes Fuentes De Estiércoles Y Su Efecto Combinado En La Elaboración De Humus De Lombriz (Eisenia Foetida)*. Universidad José Carlos Mariátegui Vicerrectorado De Investigación Facultad De Ingeniería Y Arquitectura Escuela Profesional De Ingeniería Agronómica.

Balzarini, M., Di Rienzo, J., Robledo, C., Casanoves, F., Gonzales, L., & Tablada, E. (2008). InfoStat Software manual del usuario. *FCA Universidad Nacional de Córdoba*, *November 2015*, 335. https://www.researchgate.net/publication/283491340

Borrero, C. A., & Silva H, M. R. (2010). Efectos de Trichoderma (in vitro) en los microorganismos no patógenos descomponedores de la materia orgánica de un suelo oxisol clase IV del piedemonte llanero. *Sheng Wu Yi Xue Gong Cheng Xue Za Zhi = Journal of Biomedical Engineering = Shengwu Yixue Gongchengxue Zazhi*, *27*(1), 215–218.

Burés, S. (2001). Manejo de sustratos. In *Viveros Forestales*. https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/consolidado/publicacionesdigitales/80-373_I_CURSO_DE_GESTION_DE_VIVEROS_FORESTALES/80-

373/7_MANEJO_DE_SUSTRATOS.PDF

Cabrera Santa Cruz, J. L. (2006). *MANUAL DE LOM g RICULTURA*. pp. 5-6.

Cajas Sánchez, S. F. (2009). *Efecto De La Utilización De Aserrín En Combinación Con Estiércol Bovino Como Sustrato En La Producción De Humus De Lombriz Eisenia Foétida (Lombriz Roja Californiana)*. A Superior Politécnica De Chimborazo Escuela Superior Politécnica De Chimborazo Facultad De Ciencias Pecuarias Facultad De Ciencias Pecuarias Escuela De Ingeniería Zootécnica Escuela De Ingeniería Zootécnica Efecto.

Camacho, N. A. (2012). *Manual de Buenas Prácticas para el Manejo de Cuencas Hidrográficas*.

Castañeda, C., Mercado, Y., Téllez, A., Mendoza, A., & Anducho, M. (2017). Efectos benéficos de Trichoderma y su regulación de la expresión génica de celulasas y hemicelulasas. *Ciencias Biológicas y de La Salud, ECORFAN-México*, 36–55.

Chiriboga, H., Gómez, G., & Garcés, K. (2015). Trichoderma spp. para el control biológico de enfermedades: Trichoderma spp. para el control biológico de enfermedades. *Instituto Interamericano de Cooperación Para La Agricultura (IICA)*, 15. https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/2647/BVE17038725e.pdf;jsessionid=FAE20E917A88F674C3FCEC4837B98B67?sequence=1

Condori, X. (2020). *Identificación y clasificación de microorganismos eficientes del suelo, en la estación experimental Patacamaya.* https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/24902/T-2770.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cruz C, J. M. J., Álvarez S, J. M., Fregoso Soria, M. D. J., & Candelaría Martínez, B. (2016). Producción de sustratos orgánicos para ornamentales a menor costo que los importados. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, *25*(1), 44–49.

Domínguez, J., Lazcano, C., & Gómez-Brandón, M. (2010). Influencia del vermicompost en el crecimiento de las plantas. Aportes para la elaboración de un concepto objetivo. *Acta Zoológica Mexicana (N.S.)*, *26*(2), 359–371. https://doi.org/10.21829/azm.2010.262900

Donoso, E., Lobos, G. A., & Rojas, N. (2008). Effect of Trichoderma harzianum and compost in nursery Pinus radiata seedling. *Bosque (Valdivia)*, *29*(1), 52–57. https://doi.org/10.4067/S0717-92002008000100006

Durán, L., & Henríquez, C. (2009). *Crecimiento Y Reproducción De La Lombriz Roja (Eisenia foetida) en Cinco Sustratos Orgánicos*. *33*(0377–9424), 275–281. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43613279011

ENEEK. (2013). *Compostaje De Estiércoles en Agricultura Ecológica*. http://www.eneek.org/descargas/dteknikoak/GUIA COMPOST_ENEEK_2013.PDF

Estrada Pareja, M. M. (2005). *Manejo y procesamiento de la gallinaza*. *2*(1), 7.

Facultad de Ciencias Agrarias, U. (2004). Eficiencia De La Lombriz Californiana Eisenia foetida, En La Producción De Humus En Base A Diferentes Sustratos. *Investigación Agraria*, *6*(2), 5–9.

Flores Torrez, G. L. (2006). *Control De Damping Off En Almacigos De REPOLLO (Brassica oleracea var . capitata L .) En La Zona De Rio Abajo , La Paz*. Universidad Mayor de San Andrés Facultad de Agronomía Carrera de Ingeniería Agronómica.

García Osorio, M. T., Escalante, F. O. P., Pérez, G. Á., Reyes, F. M., & Rodríguez, L. B. (2020). Production y tasa de descomposición de hojarasca en áreas bajo rehabilitación en El Porvenir, Hidalgo, Mexico. *Madera y Bosques*, *26*(3), 1–13. https://doi.org/10.21829/MYB.2020.2632099

García, R., Riera, R., Zambrano, C., & Gutiérrez, L. (2006). *Desarrollo De Un Fungicida Biológico A Base De Una Cepa Del Hongo Trichoderma Harzianum*

Proveniente De La Región Andina Venezolana. *10*, 8.

Gobierno Autonomo de Chulumani. (2012). *Plan de Desarrollo Municipal Gobierno Municipal de Chulumani "Villa de la Libertad"* (pp. 1–208).

Gómez Ramos, F. (2007). Humus De Lombriz (Lombricomposta) - Especificaciones Y Métodos De Prueba Vermicompost (Worm Casting) -. In *Norma Ofical Mexicana*.

Guizado Gonzales, M. J. (2015). Eficiencia de la gallinaza en la elaboración de compost mediante pilas dinámicas, a partir de los residuos orgánicos de la Universidad Peruana Unión [Universidad Peruana Unión Facultad De Ingeniería Y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental]. In *Resolucion*. http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/503

Gutiérrez, A. C., Juan, B., Ramos, S., Judith, R., & Castañeda, P. (2020). *CRIANZA DE Eisenia foetida (Lombriz Roja) En Diferentes Sustratos De Desarrollo Biológico Breeding Of Eisenia Foetida (Red Worm) In Different Substrates Of Biological Development*. *19*(2).

Hermosilla H, E. D. (2011). Efecto De La Aplicación De Trichoderma Harzianum En La Descomposición De La Materia Orgánica Que Compone El Fieltro. In *TạP chí Khoa học Đại học Huế* (Vol. 64). Universidad Dechile Facultad De Ciencias Agronómicas Escuela De Pregrado.

Infante, D., Martínez, B., Gonzáles, N., & Reyes, Y. (2009). MECANISMOS DE ACCIÓN DE Trichoderma FRENTE A HONGOS FITOPATÓGENOS Danay. *Estudios De Asia Y África*, *24*(2), 14–21.

Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. (2000). *Memoria 2000* (p. 47).

Interlatin corp. (2007). *Lombrices ayudan a recuperar el suelo de rellenos sanitarios*. https://www.bolivia.com/noticias/autonoticias/DetalleNoticia35789.asp,

consultado el 20 de marzo de 2021

ITAS Instituto Tecnologico para La Agricutura Sostenible. (2013). *Trichoderma suspension* (p. 1).

Jaimez, R., & Franco, W. (2003). *Dinámica de nutrientes en agroecosistemas de cacao (Theobroma cacao) con frutales en el sur del Lago de Maracaibo-Venezuela*. *December 2015*, 1–8.

Jaramillo Andy, J. T., & Muñoz Nivelo, M. R. (2018). "Diseño, Construcción Y Automatización De Un Extractor De Lixiviados A Partir De Humus De Lombriz Californiana (Eiseniafoetida)" [Escuela Superior Politécnica De Chimborazo Facultad De Ciencias Pecuarias Escuela De Ingeniería Zootécnica]. In *Computers and Industrial Engineering* (Vol. 2, Issue January). http://ieeeauthorcenter.ieee.org/wp-content/uploads/IEEE-Reference-Guide.pdf%0Ahttp://wwwlib.murdoch.edu.au/find/citation/ieee.html%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.cie.2019.07.022%0Ahttps://github.com/ethereum/wiki/wiki/White-Paper%0Ahttps://tore.tuhh.de/hand

Limachi M, E. (2018). *Evaluar El Efecto De Tres Dosis De Sustratos En La Alimentación De La Lombriz Roja Californiana (Eisenia Foétida) Con Estiércol Bovino Y Aserrín Descompuesto En Sapecho Alto Beni*. Universidad Mayor De San Andrés Facultad De Agronomía Carrera De Ingeniería Agronómica Programa De Ingeniería En Agronomía Tropical.

López-Méndez, C., Ruelas-Ayala, Rey David Sañudo-Torres, R. R., Armenta-Lopez, C., & Herrán, J. A. (2013). Influencia de diferentes sustratos orgánicos en la lombriz roja californiana (Eisenia foetida). *Information-Wissenschaft Und Praxis*, *54*(6), 329–334.

Mamani L, W. (2016). *Producción De Humus De Lombriz Roja Californiana (Eisenia Foetida) Con Alimentación De Estiercoles De Animales En El Vivero Forestal De La Prelatura De Corocoro En Patacamaya Provincia Aroma La Paz* [Universidad Mayor De San Andrés Facultad De Agronomía Carrera De

Ingeniería En Producción Y Comercialización Agropecuario Programa Técnico Superior Agropecuario Centro Regional Universitario Patacamaya Tesina]. http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/9846

Mejia, P. (2010). Manual lombricultura. *Agroflor Lombricultura*, *01 963*, 54. https://cdn.website-editor.net/a6d5d07bd07b4ebbb41c70f03402e2a8/files/uploaded/Manual%2520de%2520lombricultura.pdf%0Ahttp://agro.unc.edu.ar/~biblio/Manual de Lombricultura.pdf

Melgarejo P, M. R., Ballesteros G, M. I., & Bendeck L, M. (2010). Evaluación de algunos parámetros fisicoquímicos y nutricionales en humus de lombriz y composts derivados de diferentes sustratos. *Revista Colombiana de Química*, *26*(2), 11–19.

Montero Villalobos, A., & Venegas Porras, A. (2008). *Utilizacion del hongo Trichoderma una alternativa para producir sin causar daños al medio ambiente*. *3*(0), 1–2.

Mulet del Pozo, Y., Días Álvares, M. E., Vilches León, E. E., & Rodriguez, U. A. de L. H. F. (2008). Determinación de algunas propiedades físico-mecánicas, químicas y biológicas del humus de lombriz en condiciones de la vaquería de la finca Guayabal, San José de las Lajas, La Habana, Cuba. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, *17*(1), 27–30.

Mullo Guaminga, I. (2012). Manejo y procesamiento de la gallinaza [Escuela Superior Politécnica De Chimborazo Facultad Ciencias Pecuarias Escuela De Ingeniería Zootécnica]. In *Lasallista De Investigacíón* (Vol. 2, Issue 1). g

Ochoa T, J. B. (2020). “Produccion De Humus De Lombriz De Tierra (Eísenia Foétída Savigny), A Partir De Escobajo De Palma Aceitera (Elaeis Guineensis Jacq.) Y Gallinaza, En Sector Neshuya- Curimaná, Provincia De Padre Abad.” *La Planificación Curricular Y El Desarrollo De Los Proyectos Pedagogicos De Aula De Las I.E.I N° 269 Y 321 Del Distrito De Callería – Pucallpa – 2017*,

109.

Ochoa T, J. B., & Panduro P, G. (2014). *“Producción de humus de lombriz de tierra (Eisenia foètida), a partir de escobajo de palma aceitera (Elaeis guineensis) y vacaza, en el sector Neshuya- Curimanà, provincia de padre abad, región Ucayali; 2014”* (Vol. 2014, Issue 1) [Universidad Nacional De Ucayali Facultad De Ciencias Agropecuarias Escuela Profesional De Ciencias Agrìcolas]. http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3915/UNU_AGRONOMIA_2014_AC_JACKOCHOA_GROBERPANDURO.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Onainor, E. R. (2019). *Protocolo De Muestreo De Suelos Con Cadmio En Zonas Cacaoteras*. *1*(511), 105–112.

Ordóñez Andrade, G. M. (2014). *“Transformación De Los Lodos Generados En El Camal Municipal En Compost Para Uso En El Cultivo De Vicia (Vicia sativa).”* http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/10939

Ortegon, P. A., & Zuñiga, E. C. (2016). *Manual Básico Para Establecer Una Planta De Lombricultura* (Saltillo-). http://www.uaaan.mx/v3/images/stories/otros/manual-lombricomposta.pdf, consultado el 3 de abril de 2020

Paco, G., Loza-Murguía, M., Mamani, F., & Sainz, H. (2011). Efecto de la Lombriz Roja Californiana (Eisenia foetida) durante el compostéo y vermicomposteo en predios de la Estación Experimental de la Unidad Académica Campesina Carmen Pampa. *Journal of the Selva Andina Research Society*, *2*(2), 2–16. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2072-92942011000200004&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Pantoja Medina, B. (2020). *Efecto De Los Microorganismos Eficientes Y Restos Vegetales En La Calidad De Humus De Lombriz Roja Californiana (Eisenia foetida Sav.) En Huacrachuco, 2018*. Universidad Nacional Agraria De La Selva Escuela De Posgrado Maestría En Ciencias Agricolas Mención En

Cultivos Tropicales.

Pineda Rodríguez, J. arnold. (2006). *Lombricultura* (UAP-PASOLA).

Piza, C. (2017). *“Determinación De La Calidad De Humus De Lombriz Roja Californiana (Eisenia foetida) A Partir De Dos Procesos En El Tratamiento De Alimento Ofertado.”* Universidad Mayor De San Andrés Facultad De Agronomía Carrera De Ingeniería Agronómica Tesis.

Rojas P, M. (2005). *Producción de humus de lombriz roja Californiana (Eisenia foetida) elaborado con diferentes sustratos vegetales en la comunidad de trinidad pampa - coripata*. Universidad Mayor De San Andrés Facultad De Agronomía Carrera De Ingeniería Agronómica Tesis.

Román, P., Martínez, M. M., Pantoja, A., & Agricultura, O. de las N. U. para la A. y la A. F. (2015). Manual de compostaje del agricultor. In *Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe*. http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf

Sales, F. (2008). *Manual de lombricultura* (Vol. 2008).

Sánchez Santaella, R. (2014). Punto de equilibrio. *Ciencia Ergo Sum*, *2*(1), 57–58.

Schuldt, M., Pareja, E., & Castrillo, N. (2021). *Lombricultura: Un ayudante práctico para iniciarse con 2 o 3 simples pasos* (Inst i tut).

Sivila, N., & Alvarez, S. (2013). Producción Artesanal de Trichoderma. In *Universidad Jujuy Argentina*. http://www.library.umaine.edu/auth/EZProxy/test/authej.asp?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=lfh&AN=9008131796&site=ehost-live

Tenecela, X. (2012). Producción de humus de lombriz mediante el aprovechamiento y manejo de los residuos orgánicos. [Universidad de Cuenca Facultad de Ciencias Agropecuarias]. In *Universidad de Cuenca*. http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3252/1/TESIS.pdf

ANEXOS

ANEXO 1. Picado del material vegetal verde.

ANEXO 2. Molido del material vegetal seco de manera manual.

ANEXO 3. Sustrato 1 (100% hojarasca) humedecido para pre-compostaje.

ANEXO 4. Sustrato 2 (30% de gallinaza + 70% de hojarasca) pre-compostaje.

ANEXO 5. Sustrato 3 (50% de gallinaza + 50% de hojarasca) pre-compostaje.

ANEXO 6. Lombriz roja californiana (Eisenia foetida).

ANEXO 7. Inoculación de las camas con 150 g de lombrices adultas.

ANEXO 8. Trichoderma disuelto en agua para su aplicación.

ANEXO 9. Secado a sombra de humus de lombriz obtenido.

ANEXO 10. Cernido del humus de lombriz.

ANEXO 11. Humus de lombriz listo para embolsar.

ANEXO 12. Humus de lombriz embolsado y listo para dejar madurar.

ANEXO 13. Costo de producción para el sustrato 2 (30% gallinaza + 70% hojarasca)

N°	DETALLE	CANTIDAD	UNIDAD	P/U	TOTAL Bs.
1	**Ingreso total**			16,2	**1715**
	Venta de humus	106	KG	15	1590
	Venta de lixiviado	25	LTR	5	125
2	**COSTO TOTAL (a+b)**				**891,75**
	a). Costos Fijos			1,5	**156,75**
	Pala	70	Unid	70,00/4	17,5
	Manguera	30	mts	1,5/2	22,5
	Cunas de madera	1	Unid	100,00/2	50
	ph metro e hidrómetro	1	Unid	260/8	35,5
	Termómetro	1	Unid	250/8	31,25
	b). Costos Variables			6,9	**735**
	Lombriz	1,8	kg	200	360
	Gallinaza	3	sacos	5	15
	cepa de trichoderma de 200 g la bolsa	14	Unid	15	210
	Mano de obra directa	12	Hrs	12,5	150
3	**UTILIDAD SIN IVA**				12

Elaboración propia, precio del mercado local.

ANEXO 14. Costo de producción del sustrato 3 (50% gallinaza + 50% hojarasca)

N°	DETALLE	CANTIDAD	UNIDAD	P/U	TOTAL Bs.
1	**Ingreso total**			15,8	**2420**
	Venta de humus	153	KG	15	2295
	Venta de lixiviado	25	LTR	5	125
2	**COSTO TOTAL (a+b)**				**806,75**
	a). Costos Fijos			1,0	**156,75**
	Pala	70	Unid	70,00/4	17,5
	Manguera	30	mts	1,5/2	22,5
	Cunas de madera	1	Unid	100,00/2	50
	ph metro e hidrómetro	1	Unid	260/8	35,5
	Termómetro	1	Unid	250/8	31,25
	b). Costos Variables			4,2	**650**
	Lombriz	1,8	kg	200	360
	Gallinaza	4	sacos	5	20
	cepa de trichoderma de 200 g la bolsa	8	Unid	15	120
	Mano de obra directa	12	Hrs	12,5	150
3	**UTILIDAD SIN IVA**				12

Elaboración propia. Precio del mercado local.

ANEXO 15. Análisis de varianza de días a la cosecha de humus de lombriz.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	
Sustratos	1,39	1	1,39	23,36	0,0004	*
Fr. App. Trichoderma	21,11	2	10,55	177,23	0,0001	*
Sustratos * Fr. App. Trichoderma	0,69	2	0,34	5,77	0,0175	*
Error	0,71	12	0,06			
Total	23,9	17				

CV = 1.35%

ANEXO 16. Prueba de significancia de Duncan de sustratos

Sustratos	Medias	n	E.E.	
Sustrato 2	99,78	9	0,87	**A**
Sustrato 3	106,00	9	0,87	**B**

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

ANEXO 17. Análisis de varianza del pH en comparación a los sustratos y la frecuencia de aplicación de trichoderma del humus de lombriz obtenido.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	
Sustratos	0,02	1	0,02	0,15	0,7071	**NS**
Fr. App. Trichoderma	0,01	2	2,90E-03	0,02	0,9768	**NS**
Sustratos * Fr. App. Trichoderma	0,33	2	0,16	1,33	0,2999	**NS**
Error	1,46	12	0,12			
Total	1,81	17				

CV: 4,71%

ANEXO 18. Análisis de varianza del fosforo (P) en comparación a los sustratos y la frecuencia de aplicación de trichoderma del humus de lombriz obtenido.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	
Sustratos	0,98	1	0,98	0,71	0,4160	**NS**
Fr. App. Trichoderma	8,2	2	4,10	2,97	0,0897	**NS**
Sustratos * Fr. App. Trichoderma	1,14	2	0,57	0,41	0,6700	**NS**
Error	16,57	12	1,38			
Total	26,89	17				

CV: 12,93%

ANEXO 19. Análisis de varianza del nitrógeno en comparación a los sustratos y la frecuencia de aplicación de trichoderma del humus de lombriz obtenido.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	
Sustratos	2,0E-04	1	2,0E-04	0,19	0,6695	**NS**
Fr. App. Trichoderma	3,3E-03	2	1,7E-03	1,6	0,2419	**NS**
Sustratos * Fr. App. Trichoderma	2,3E+04	2	1,2E-04	0,11	0,8952	**NS**
Error	0,01	12	1,0E-03			
Total	0,01	17				

CV. = 2,17%.

ANEXO 20. Análisis físico químico del humus obtenido parámetro relación carbono/nitrógeno.

ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA

Agencia Boliviana de Energía Nuclear

ANALISIS FISICO QUIMICO DE SUELOS

INTERESADO: SORZANO PABON ALICIA

N° SOLICITUD: **DPIDT 03/21**

PROCEDENCIA: Departamento **de LA PAZ**

FECHA DE RECEPCION: 17 /marzo/ 2021

FECHA DE ENTREGA: 15 /abril/ 2021

DESCRIPCION: **MUESTRA DE HUMUS DE LOMBRIZ**

N° Lab	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
AH-R3T9/2021	Relacion C/N	9.68		Calculo numérico
AH-R1T6/2021	Relacion C/N	1.95		Calculo numérico
AH-R2#3/2021	Relacion C/N	6.51		Calculo numérico
AH-R3T8/2021	Relacion C/N	2.45		Calculo numérico
AH-R3T6/2021	Relacion C/N	1.66		Calculo numérico
AH-R2T7/2021	Relacion C/N	12		Calculo numérico
AH-R3#2/2021	Relacion C/N	11.4		Calculo numérico
AH-R3T7/2021	Relacion C/N	4		Calculo numérico
AH-R1T8/2021	Relacion C/N	2		Calculo numérico
AH-R2T9/2021	Relacion C/N	8.19		Calculo numérico
AH-R2T8/2021	Relacion C/N	4.08		Calculo numérico
AH-R1#3/2021	Relacion C/N	8.26		Calculo numérico
AH-R1#2/2021	Relacion C/N	2.35		Calculo numérico
AH-R1T9/2021	Relacion C/N	2.01		Calculo numérico
AH-R1T7/2021	Relacion C/N	18.71		Calculo numérico
AH-R2#2/2021	Relacion C/N	9.04		Calculo numérico
AH-R3#3/2021	Relacion C/N	2.05		Calculo numérico
AH-R2T6/2021	Relacion C/N	6.94		Calculo numerico

Vilmer Vidal Limachi Bautista
TECNICO PROTECCIÓN RADIOLOGICA
Y SEGURIDAD NUCLEAR
AGENCIA BOLIVIANA DE ENERGÍA NUCLEAR

V°B°
Lic. Luis F. Cáceres Choque

Calle Jaime Mendoza No. 987, esq. Peñaranda, Edificio Torre Soleil, Calacoto
Telfs.: 2127178 • 2127160 Fax (+591-2) 2129754
La Paz - Bolivia

www.aben.gob.bo

ANEXO 21. Análisis físico químico del humus obtenido parámetro pH

Agencia Boliviana de Energía Nuclear

ANALISIS FISICO QUIMICO DE SUELOS

INTERESADO: SORZANO PABON ALICIA

N° SOLICITUD: **DPIDT 03/21**

PROCEDENCIA: Departamento de LA PAZ

FECHA DE RECEPCION: 17 /marzo/ 2021

FECHA DE ENTREGA: 15 /abril/ 2021

DESCRIPCION: **MUESTRA DE HUMUS DE LOMBRIZ**

N° Lab	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
AH-R3T9/2021	pH en agua 1:5	7.06		Potenciometria
AH-R1T6/2021	pH en agua 1:5	7.69		Potenciometria
AH-R2#3/2021	pH en agua 1:5	7.16		Potenciometria
AH-R3T8/2021	pH en agua 1:5	7.10		Potenciometria
AH-R3T6/2021	pH en agua 1:5	7.35		Potenciometria
AH-R2T7/2021	pH en agua 1:5	7.21		Potenciometria
AH-R3#2/2021	pH en agua 1:5	7.11		Potenciometria
AH-R3T7/2021	pH en agua 1:5	7.42		Potenciometria
AH-R1T8/2021	pH en agua 1:5	7.76		Potenciometria
AH-R2T9/2021	pH en agua 1:5	7.35		Potenciometria
AH-R2T8/2021	pH en agua 1:5	7.27		Potenciometria
AH-R1#3/2021	pH en agua 1:5	8.33		Potenciometria
AH-R1#2/2021	pH en agua 1:5	7.15		Potenciometria
AH-R1T9/2021	pH en agua 1:5	7.64		Potenciometria
AH-R1T7/2021	pH en agua 1:5	7.83		Potenciometria
AH-R2#2/2021	pH en agua 1:5	7.25		Potenciometria
AH-R3#3/2021	pH en agua 1:5	7.35		Potenciometria
AH-R2T6/2021	pH en agua 1:5	7.44		Potenciometria

Wilmer Vidal Limachi Bautista
TÉCNICO PROTECCIÓN RADIOLÓGICA
Y SEGURIDAD NUCLEAR
AGENCIA BOLIVIANA DE ENERGIA NUCLEAR

DIRECTOR DE APLICACIONES DE LA TEC. NUCLEAR
V°B°
Ing. Luis F. Cáceres Choque
ABEN

Calle Jaime Mendoza entre Enrique Peñaranda y José María Zalles, Edificio Torre Soleil N° 987 - Zona Calacoto
Telfs.: 2127178 • 2127160 Fax (+591) 2129754
La Paz - Bolivia
www.aben.gob.bo

ANEXO 22. Análisis físico químico del humus obtenido parámetro fosforo.

ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA

Agencia Boliviana de Energía Nuclear

ANALISIS FISICO QUIMICO DE SUELOS

INTERESADO: SORZANO PABON ALICIA

N° SOLICITUD: **DPIDT 03/21**

PROCEDENCIA: Departamento **de LA PAZ**

FECHA DE RECEPCION: 17 /marzo/ 2021

FECHA DE ENTREGA: 15 /abril/ 2021

DESCRIPCION: **MUESTRA DE HUMUS DE LOMBRIZ**

N° Lab	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
AH-R3T9/2021	Fosforo	8.49	ppm	Espectofotometria UV- visible
AH-R1T6/2021	Fosforo	10.42	ppm	Espectofotometria UV- visible
AH-R2#3/2021	Fosforo	9.46	ppm	Espectofotometria UV- visible
AH-R3T8/2021	Fosforo	9.36	ppm	Espectofotometria UV- visible
AH-R3T6/2021	Fosforo	8.99	ppm	Espectofotometria UV- visible
AH-R2T7/2021	Fosforo	9.18	ppm	Espectofotometria UV- visible
AH-R3#2/2021	Fosforo	9.58	ppm	Espectofotometria UV- visible
AH-R3T7/2021	Fosforo	6.81	ppm	Espectofotometria UV- visible
AH-R1T8/2021	Fosforo	10.10	ppm	Espectofotometria UV- visible
AH-R2T9/2021	Fosforo	10.22	ppm	Espectofotometria UV- visible
AH-R2T8/2021	Fosforo	11.41	ppm	Espectofotometria UV- visible
AH-R1#3/2021	Fosforo	6.34	ppm	Espectofotometria UV- visible
AH-R1#2/2021	Fosforo	7.38	ppm	Espectofotometria UV- visible
AH-R1T9/2021	Fosforo	9.21	ppm	Espectofotometria UV- visible
AH-R1T7/2021	Fosforo	8.78	ppm	Espectofotometria UV- visible
AH-R2#2/2021	Fosforo	8.69	ppm	Espectofotometria UV- visible
AH-R3#3/2021	Fosforo	9.31	ppm	Espectofotometria UV- visible
AH-R2T6/2021	Fosforo	9.87	ppm	Espectofotometria UV- visible

Wilmer Vidal Limachi Bautista
TECNICO PROTECCION RADIOLOGICA Y SEGURIDAD NUCLEAR
AGENCIA BOLIVIANA DE ENERGIA NUCLEAR

Calle Jaime Mendoza No. 987, esq. Peñaranda, Edificio Torre Soleil, Calacoto
Telfs.: 2127178 • 2127160 Fax (+591-2) 2129754
La Paz - Bolivia

www.aben.gob.bo

ANEXO 23. Análisis físico químico del humus obtenido parámetro nitrógeno.

ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA

Agencia Boliviana de Energía Nuclear

ANALISIS FISICO QUIMICO DE SUELOS

INTERESADO: SORZANO PABON ALICIA

N° SOLICITUD: **DPIDT 03/21**

PROCEDENCIA: Departamento **de LA PAZ**

FECHA DE RECEPCION: 17 /marzo/ 2021

FECHA DE ENTREGA: 15 /abril/ 2021

DESCRIPCION: **MUESTRA DE HUMUS DE LOMBRIZ**

N° Lab	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
AH-R3T9/2021	Nitrogeno	0.22	%	Kjeldahl
AH-R1T6/2021	Nitrogeno	1.31	%	Kjeldahl
AH-R2#3/2021	Nitrogeno	0.39	%	Kjeldahl
AH-R3T8/2021	Nitrogeno	0.97	%	Kjeldahl
AH-R3T6/2021	Nitrogeno	1.43	%	Kjeldahl
AH-R2T7/2021	Nitrogeno	0.21	%	Kjeldahl
AH-R3#2/2021	Nitrogeno	1.35	%	Kjeldahl
AH-R3T7/2021	Nitrogeno	0.63	%	Kjeldahl
AH-R1T8/2021	Nitrogeno	1.27	%	Kjeldahl
AH-R2T9/2021	Nitrogeno	0.26	%	Kjeldahl
AH-R2T8/2021	Nitrogeno	0.65	%	Kjeldahl
AH-R1#3/2021	Nitrogeno	0.27	%	Kjeldahl
AH-R1#2/2021	Nitrogeno	0.15	%	Kjeldahl
AH-R1T9/2021	Nitrogeno	1.34	%	Kjeldahl
AH-R1T7/2021	Nitrogeno	0.14	%	Kjeldahl
AH-R2#2/2021	Nitrogeno	0.27	%	Kjeldahl
AH-R3#3/2021	Nitrogeno	1.19	%	Kjeldahl
AH-R2T6/2021	Nitrogeno	0.36	%	Kjeldahl

Wilmer Vidal Limachi Bautista
TÉCNICO PROTECCIÓN RADIOLÓGICA
Y SEGURIDAD NUCLEAR
AGENCIA BOLIVIANA DE ENERGÍA NUCLEAR

Calle Jaime Mendoza No. 987, esq. Peñaranda, Edificio Torre Soleil, Calacoto
Telfs.: 2127178 • 2127160 Fax (+591-2) 2129754
La Paz - Bolivia

www.aben.gob.bo

ANEXO 24. Análisis físico químico del humus obtenido parámetro potasio.

Agencia Boliviana de Energía Nuclear

ANALISIS FISICO QUIMICO DE SUELOS

INTERESADO: SORZANO PABON ALICIA

N° SOLICITUD: **DPIDT 03/21**

PROCEDENCIA: Departamento **de LA PAZ**

FECHA DE RECEPCION: 17 /marzo/ 2021

FECHA DE ENTREGA: 15 /abril/ 2021

DESCRIPCION: **MUESTRA DE HUMUS DE LOMBRIZ**

N° Lab	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
AH-R3T9/2021	POTASIO	8.01	meq/100g	Emision atómica
AH-R1T6/2021	POTASIO	12.62	meq/100g	Emision atomica
AH-R2#3/2021	POTASIO	12.11	meq/100g	Emision atómica
AH-R3T8/2021	POTASIO	9.2	meq/100g	Emision atomica
AH-R3T6/2021	POTASIO	10.23	meq/100g	Emision atómica
AH-R2T7/2021	POTASIO	6.31	meq/100g	Emision atomica
AH-R3#2/2021	POTASIO	0.68	meq/100g	Emision atómica
AH-R3T7/2021	POTASIO	8.35	meq/100g	Emision atomica
AH-R1T8/2021	POTASIO	13.3	meq/100g	Emision atómica
AH-R2T9/2021	POTASIO	10.23	meq/100g	Emision atomica
AH-R2T8/2021	POTASIO	4.6	meq/100g	Emision atómica
AH-R1#3/2021	POTASIO	2.90	meq/100g	Emision atomica
AH-R1#2/2021	POTASIO	5.97	meq/100g	Emision atómica
AH-R1T9/2021	POTASIO	16.37	meq/100g	Emision atomica
AH-R1T7/2021	POTASIO	16.03	meq/100g	Emision atómica
AH-R2#2/2021	POTASIO	10.57	meq/100g	Emision atomica
AH-R3#3/2021	POTASIO	12.45	meq/100g	Emision atomica
AH-R2T6/2021	POTASIO	9.37	meq/100g	Emision atomica

Wilmer Vidal Limachi Bautista
TÉCNICO PROTECCIÓN RADIOLÓGICA
Y SEGURIDAD NUCLEAR
AGENCIA BOLIVIANA DE ENERGÍA NUCLEAR

Calle Jaime Mendoza entre Enrique Peñaranda y José María Zalles, Edificio Torre Soleil N° 987 - Zona Calacoto
Telfs.: 2127178 • 2127160 Fax (+591) 2129754
La Paz - Bolivia
www.aben.gob.bo