

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



TESIS DE GRADO

**CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA, FENOLOGICA Y PRODUCTIVA DE
LOMBRICES ROJAS CALIFORNIANAS (*Eisenia foetida*) PROVENIENTES DE
CUATRO CRIADEROS DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

ISRAEL MACARIO LIMACHI LEDEZMA

LA PAZ – BOLIVIA

2023

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE AGRONOMÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA, FENOLÓGICA Y PRODUCTIVA DE
LOMBRICES ROJAS CALIFORNIANAS (*Eisenia foetida*) PROVENIENTES DE
CUATRO CRIADEROS DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

Tesis de grado presentado como requisito

**Parcial para optar al título de
Ingeniero Agrónomo**

ISRAEL MACARIO LIMACHI LEDEZMA

Asesores:

Ing. Ph. D. Roberto Miranda Casas _____

Ing. M. Sc. Miguel Angel Lopez Mamani _____

Tribunal Examinador:

Ing. M. Sc. Medardo Wilfredo Blanco Villacorta _____

Ing. Milton Indalicio Macias Villalobos _____

Ing. Willams Alex Murillo Oporto _____

APROBADA

Presidente tribunal examinador:

La Paz – Bolivia

2023

Dedicatoria

Con afecto, cariño y aprecio dedico esta tesis:

En primer lugar a mi querida madre y a mi hermana, bastiones fundamentales en el crecimiento y desarrollo de mi vida personal.

En segundo lugar a los profesionales agrónomos, investigadores, agricultores, ganaderos y productores campesinos, que con su esfuerzo y abnegado trabajo, nos brindan el alimento del diario vivir.

Finalmente dedicar también este proyecto a la Empresa Puruma "Agricultura Regenerativa" por permitirme ser parte fundacional en el desarrollo de las actividades que llevan a cabo.

"La Lealtad es de ambas partes si te lo pido a ti, lo recibirás de mi"

Agradecimientos

Agradecer de todo corazón:

A la divina providencia por obsequiarme paciencia, fortaleza y compañía en momentos cruciales en el desarrollo de este proyecto.

A mi madre Carmen Loreto Ledezma Espinoza, a mi hermana Milenka del Rosario Limachi Ledezma y a mi cuñado Marco Antonio Jauregui Mendez que con su apoyo emocional he podido afrontar de una mejor manera el desarrollo de mi vida académica y personal.

A mis abuelos Antonio Ledezma Calani y Maria Rosario Espinoza Miranda, por dejar el legado más grande del que somos parte toda mi querida familia Ledezma.

Al Ingeniero Miguel Angel Lopez Mamani, por ser mi mentor, un gran amigo, y mi asesor en este proyecto de tesis; a él mi mayor consideración de lealtad y respeto.

Al Doctor Roberto Miranda Casas, por ser mi asesor y también haberme permitido ser parte de su equipo de trabajo, como auxiliar de docencia de la materia de edafología; un gran afecto paternal y admiración hacia su persona.

A mis revisores: Ing. William Murillo Oporto, Ing. Milton Macias Villalobos e Ing. Wilfredo Blanco Villacorta por enriquecer este trabajo con las correcciones pertinentes sobre el tema.

A Eva Liceth Huanca Rivera por ser una pieza imprescindible en mi vida personal, brindándome amor, respeto, acompañándome en momentos realmente complejos.

A mis docentes, compañeros y amigos con los cuales he compartido más de un lustro en el tiempo, formando una relación de amistad con todos ellos, a pesar de las dificultades y aciertos, siempre los tengo presente en mi mente y mi corazón.

Finalmente a la Empresa Puruma y a la familia Lopez Mamani, por abrirme las puertas de su acogedora morada, haciéndome parte de su hogar: mi mayor agradecimiento y un gran sentimiento de aprecio a ellos.

RESUMEN

La utilización de abonos orgánicos para la agricultura, es un factor influyente dentro de la producción, por tal hecho el tema de caracterizar productivamente, fenológicamente y morfológicamente la especie de lombriz *E. foetida* tiene una valiosa importancia. El objetivo de esta investigación es describir características morfológicas, fenológicas y productivas de lombrices californianas provenientes de cuatro criaderos del departamento de La Paz alimentados con estiércol de llama en el municipio de Viacha.

Esta investigación se realizó en las instalaciones de la empresa Puruma, caracterizándose 4 diferentes criaderos de lombriz californiana, distribuidas bajo un diseño completamente aleatorio. Para la descripción productiva, se inició con la preparación y evaluación físico químico del sustrato, la inoculación de las lombrices; además se realizaron actividades dentro del proceso productivo, registrándose parámetros de control. Se han evaluado parámetros de calidad, cantidad e indicadores económicos acerca del producto de humus de lombriz. La descripción fenológica, inició con la selección de lombrices adultas para reproducirlas, extrayéndose los cocones ovipositados. Se contabilizaron los intervalos temporales acerca de las etapas: de incubación de cocones y del crecimiento de las lombrices, también se evaluaron las características acerca del comportamiento de oviposición y del comportamiento de eclosión. Para la descripción morfológica, se registró el comportamiento longitudinal en el crecimiento de las lombrices juveniles provenientes de la descripción fenológica; también fueron evaluadas la longitud, el diámetro, el número de anillos, la ubicación anillar del clitelio y el peso vivo de lombrices adultas progenitoras.

Sobre los parámetros de calidad del humus producido la densidad aparente oscila entre $0,53 \pm 0,02 \text{g/cm}^3$; la humedad esta entre $56,8 \pm 3,8\%$; el material orgánico particulado fue de $0,45 \pm 0,07\%$; el pH fluctúa entre $8,1 \pm 0,2$; la conductividad eléctrica se encuentra entre $3,28 \pm 0,2 \text{dS/m}$; la materia orgánica fue de $26,1 \pm 6,9\%$, el nitrógeno total promedio esta entre $1,87 \pm 0,1\%$; la relación C/N ondea entre $8,1 \pm 1,9$; el EMAH

oscila entre $76,4\pm 3,9\%$ y el índice germinativo fluctúa alrededor de $60\pm 20\%$. En cuanto a la cantidad producida, el mayor rendimiento porcentual de masa fue el criadero de valles interandinos con $71,22\%$, Tras realizar un análisis de varianza a los parámetros de calidad y cantidad, se determina que no existe una diferencia estadística significativa entre los tratamientos. El criadero del altiplano norte 1 presenta una rentabilidad beneficio / costo de 1,74, siendo el mayor valor de B/C obtenido.

Acerca de la fenología: el intervalo temporal de incubación oscila entre 43 ± 8 a 50 ± 8 días; el intervalo temporal de crecimiento fluctúa alrededor de 89 ± 8 a 96 ± 8 días; además el día 57 posterior a la oviposición, el criadero del altiplano norte 1 registró 57 lombrices eclosionadas, siendo el mayor valor numérico.

En cuanto a los parámetros morfológicos, el criadero del altiplano central obtuvo un crecimiento de 6,6cm en 118 días de evaluación, además para las lombrices adultas progenitoras la longitud registrada fue de $6,7\pm 0,9$ cm; el diámetro está alrededor de $3,1\pm 0,55$ cm; el número de anillos registrado fue de 99 ± 2 y la ubicación anillar cuantificada fue de 26 ± 2 a 31 ± 2 , evidenciando igualdad estadística entre todos los tratamientos. Sin embargo, los resultados del peso vivo tuvieron diferencias significativas, resultando el mayor promedio el criadero del altiplano norte con un valor de $0,80\pm 0,01$ g.

ABSTRACT

The use of organic fertilizers for agriculture is an influential factor within the production, for this fact the issue of productively, phenologically and morphologically characterizing the earthworm species *E. foetida* has valuable importance. The objective of this research is to describe morphological, phenological and productive characteristics of Californian earthworms from four hatcheries in the department of La Paz fed with llama manure in the municipality of Viacha.

This research was carried out at the Puruma company facilities, characterizing 4 different Californian worm hatcheries, distributed under a completely random design. For the productive description, it began with the preparation and physical-chemical evaluation of the substrate, the inoculation of the worms; In addition, activities were carried out within the production process, recording control parameters. Parameters of quality, quantity and economic indicators about the worm humus product have been evaluated. The phenological description began with the selection of adult worms to reproduce them, extracting the oviposited cocones. The time intervals about the stages were counted: of incubation of cocones and of the growth of the worms, the characteristics about the oviposition behavior and hatching behavior were also evaluated. For the morphological description, the longitudinal behavior in the growth of the juvenile earthworms from the phenological description was recorded; The length, diameter, number of rings, ring location of the clitellium, and live weight of adult progenitor worms were also evaluated.

Regarding the quality parameters of the humus produced, the apparent density ranges from $0.53 \pm 0.02 \text{g/cm}^3$; humidity is between $56.8 \pm 3.8\%$; the particulate organic material was $0.45 \pm 0.07\%$; the pH fluctuates between 8.1 ± 0.2 ; the electrical conductivity is between $3.28 \pm 0.2 \text{dS/m}$; organic matter was $26.1 \pm 6.9\%$, average total nitrogen was between $1.87 \pm 0.1\%$; the C/N ratio fluctuates between 8.1 ± 1.9 ; the EMAH oscillates between $76.4 \pm 3.9\%$ and the germinative index fluctuates around $60 \pm 20\%$. Regarding the quantity produced, the highest percentage yield of mass was the inter-Andean valleys hatchery with 71.22%. After performing an analysis of variance on the quality and quantity parameters, it was determined that there is no significant statistical difference between the treatments. The northern highland 1

hatchery presents a benefit / cost profitability of 1.74, being the highest value of B/C obtained.

About phenology: the incubation time interval ranges from 43 ± 8 to 50 ± 8 days; the growth time interval fluctuates around 89 ± 8 to 96 ± 8 days; In addition, on day 57 after oviposition, the hatchery in the northern highlands 1 registered 57 hatched worms, the highest numerical value.

Regarding the morphological parameters, the hatchery in the central highlands obtained a growth of 6.6cm in 118 days of evaluation, in addition to the adult progenitor worms the recorded length was 6.7 ± 0.9 cm; the diameter is around 3.1 ± 0.55 cm; the number of rings recorded was 99 ± 2 and the quantified ring location was from 26 ± 2 to 31 ± 2 , evidencing statistical equality between all treatments. However, the results of live weight had significant differences, the highest average being the hatchery of the northern highlands with a value of 0.80 ± 0.01 g.

CONTENIDO GENERAL

Dedicatoria.....	I
Agradecimientos	II
RESUMEN.....	III
ABSTRACT.....	V
CONTENIDO GENERAL.....	VII
INDICE DE GENERAL.....	VIII
INDICE DE TABLAS	XII
INDICE DE FIGURAS	XIII
INDICE DE ECUACIONES	XV
INDICE DE ANEXOS	XVI
ANEXOS.....	96

INDICE DE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES.....	2
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3. OBJETIVOS.....	4
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	4
1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICO	4
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. LOMBRICULTURA	5
2.1.1. VERMICOMPOST Y VERMICOMPOSTAJE	5
2.2. CARACTERÍSTICAS DE LA LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA	6
2.2.1. TAXONOMIA.....	6
2.2.2. MORFOLOGÍA	7
a) MORFOLOGÍA EXTERNA.....	7
1) Tamaño, Segmentos y Coloración.....	9
2.2.3. REPRODUCCIÓN	10
2.2.4. CICLO BIOLÓGICO	11
2.3. CONDICIONES AMBIENTALES PARA EL DESARROLLO DE LA LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA	12
2.3.1. TEMPERATURA	12
2.3.2. HUMEDAD	13
2.3.3. PH.....	13
2.3.4. CONDICIONES DE SUSTRATO Y AIREACIÓN	13
2.3.5. RIEGO Y REMOCIÓN.....	13
2.3.6. ALIMENTACIÓN	14
2.4. PLAGAS Y PATOLOGIAS	15
2.5. PROPIEDADES DEL HUMUS DE LOMBRIZ.....	15
2.5.1. PROPIEDADES FISICO QUIMICAS	15
3. LOCALIZACIÓN	16
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	16
3.2. CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES.....	17

3.3. ACTIVIDAD ECONÓMICA.....	17
4. MATERIALES Y MÉTODOS	17
4.1. MATERIALES	17
4.2. MÉTODOS.....	19
4.2.1. DISEÑO EXPERIMENTAL	19
a) Descripción de Tratamientos	19
b) Croquis Experimental	20
4.2.2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	20
a) Descripción Productiva del humus.....	20
1) Preparación de los sustratos y evaluación físico química de los sustratos	21
2) Inoculación de lombrices	21
3) Actividades dentro el proceso de producción	22
4) Parámetros de monitoreo físico y químico en el proceso de producción	22
Temperatura del sustrato.....	22
Humedad del sustrato.....	23
pH del sustrato	23
5) Parámetros físicos y químicos de la calidad del humus producido	24
6) Parámetros de la cantidad del humus producido.....	25
Rendimiento en masa.....	25
Rendimiento porcentual de masa	26
7) Análisis económico.....	27
Costo de Producción	27
Ingreso Bruto	27
Ingreso Neto	27
Relación Beneficio Costo.....	28
8) Flujograma general de la descripción productiva.....	29
b) Descripción Fenológica de las lombrices	31
1) Consideraciones generales	31
2) Selección de lombrices y tiempo de adaptación	31
3) Extracción de cocones por tratamiento.....	31

4)	Registro de variables de respuesta correspondiente a la fenología	32
	Comportamiento cronológico de la oviposición de cocones	32
	Tiempo de incubación de cocones.....	32
	Comportamiento de la eclosión de lombrices	32
	Tiempo de crecimiento de lombrices	33
	Ciclo fenológico de las lombrices.....	33
5)	Flujograma general de la descripción fenológica	33
c)	Descripción morfológica externa de las lombrices	35
1)	Consideraciones generales	35
2)	Crecimiento longitudinal	35
3)	Longitud de lombrices adultas	35
4)	Diámetro de lombrices adultas	36
5)	Cantidad de anillos de lombrices adultas.....	36
6)	Ubicación anillar del clitelio en las lombrices adultas.....	36
7)	Peso vivo promedio de las lombrices adultas	36
8)	Flujograma general de la descripción morfológica.....	37
5.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	39
5.1.	PRODUCCIÓN	39
5.1.1.	PARÁMETROS DE CONTROL EN LA PRODUCCIÓN.....	39
a)	TEMPERATURA AMBIENTAL DEL INVERNADERO.....	39
b)	TEMPERATURA DE LOS SUSTRATOS PRODUCTIVOS	40
c)	HUMEDAD DE LOS SUSTRATOS PRODUCTIVOS	41
d)	PH DE LOS SUSTRATOS PRODUCTIVO	42
5.1.2.	PARÁMETROS DE CALIDAD Y CANTIDAD DEL HUMUS DE LOMBRIZ	43
a)	PARÁMETROS DE CALIDAD	43
1)	Densidad Aparente.....	44
2)	Contenido de Humedad.....	45
3)	pH	47
4)	Conductividad Eléctrica	48
5)	Materia Orgánica.....	50

6) Nitrógeno Total.....	52
7) Relación Carbono Nitrógeno	53
8) Material Orgánico Particulado	55
9) Ácidos Húmicos.....	57
10) Porcentaje de Germinación	58
b) PARÁMETROS DE CANTIDAD.....	60
1) Rendimiento en Masa.....	60
2) Rendimiento Porcentual De Masa	62
5.1.3. ANÁLISIS ECONÓMICO	63
5.2. FENOLOGÍA.....	64
5.2.1. COMPORTAMIENTO DE LA OVIPOSICIÓN	64
5.2.2. TIEMPO DE INCUBACIÓN DE COCONES.....	67
5.2.3. COMPORTAMIENTO DE LA ECLOSIÓN	68
5.2.4. TIEMPO DE CRECIMIENTO DE LAS LOMBRICES.....	70
5.2.5. CICLO FENOLÓGICO DE LAS LOMBRICES	71
5.3. MORFOLOGÍA	74
5.3.1. CRECIMIENTO LONGITUDINAL	74
5.3.2. LONGITUD DE LOMBRICES ADULTAS.....	76
5.3.3. DIÁMETRO DE LOMBRICES ADULTAS	78
5.3.4. NÚMERO DE ANILLOS DE LOMBRICES ADULTAS	79
5.3.5. UBICACIÓN ANILLAR DEL CLITELIO DE LAS LOMBRICES ADULTAS.....	81
5.3.6. PESO VIVO PROMEDIO DE LAS LOMBRICES ADULTAS	83
6. CONCLUSIONES.....	85
7. RECOMENDACIONES.....	87
8. BIBLIOGRAFÍA.....	88
ANEXOS.....	96

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Características morfológicas externas de Eisenia foetida</i>	8
Tabla 2	<i>Características Físico Químicas del Estiércol de Llama</i>	14
Tabla 3	<i>Resultados de análisis físico químico de humus de lombriz</i>	15
Tabla 4	<i>Listado de Materiales e Insumos Utilizados en la Investigación</i>	18
Tabla 5	<i>Descripción de los tratamientos en estudio</i>	20
Tabla 6	<i>Parámetros físico químicos de la calidad del humus de lombriz</i>	24
Tabla 7	<i>Análisis de resultados Físicos y Químicos del Humus de Lombriz</i>	43
Tabla 8	<i>Análisis de Varianza de la Densidad Aparente</i>	44
Tabla 9	<i>Análisis de Varianza del Contenido de Humedad</i>	46
Tabla 10	<i>Análisis de Varianza del pH</i>	47
Tabla 11	<i>Análisis de Varianza de la Conductividad Eléctrica</i>	49
Tabla 12	<i>Análisis de Varianza de la Materia Orgánica</i>	51
Tabla 13	<i>Análisis de Varianza del Nitrógeno Total</i>	52
Tabla 14	<i>Análisis de Varianza de la Relación Carbono Nitrógeno</i>	54
Tabla 15	<i>Análisis de Varianza del Material Orgánico Particulado</i>	56
Tabla 16	<i>Análisis de Varianza del Extracto Masa de Ácidos Húmicos</i>	57
Tabla 17	<i>Análisis de Varianza del Índice de Germinación</i>	59
Tabla 18	<i>Análisis de Varianza del Rendimiento en Base a Masa</i>	61
Tabla 19	<i>Análisis de Varianza del Rendimiento Porcentual de Masa</i>	62
Tabla 20	<i>Comparación del Rendimiento Porcentual</i>	63
Tabla 21	<i>Evaluación Económica de los Tratamientos</i>	64
Tabla 22	<i>Conteo de Cocones por tratamiento</i>	67
Tabla 23	<i>Conteo de Lombrices Eclosionadas</i>	69
Tabla 24	<i>Días del Ciclo Fenológico</i>	73
Tabla 25	<i>Análisis de Varianza de la Longitud de Lombrices Adultas</i>	76
Tabla 26	<i>Análisis de Varianza del Diámetro de Lombrices Adultas</i>	78
Tabla 27	<i>Análisis de Varianza del Número de Anillos de Lombrices Adultas</i>	80
Tabla 28	<i>Análisis de varianza del Número de Anillos desde el Prostomio hasta el Clitelio</i>	81
Tabla 29	<i>Análisis de Varianza del Peso Vivo de las Lombrices Adultas</i>	83
Tabla 30	<i>Test Duncan (Alfa=0,05) para el Peso Vivo de las Lombrices Adultas</i>	83

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Tres regiones principales del cuerpo de la lombriz</i>	7
Figura 2 <i>Coloración y forma de la lombriz</i>	8
Figura 3 <i>Quetas o cerdas presentes en la lombriz</i>	9
Figura 4 <i>Diferencia de tamaños entre lombrices por edad temporal</i>	10
Figura 5 <i>Partes reproductivas y esquema de acople de dos lombrices</i>	11
Figura 6 <i>Ciclo reproductivo</i>	12
Figura 7 <i>Ubicación y localización de la Empresa Puruma</i>	16
Figura 8 <i>Croquis de diseño experimental</i>	20
Figura 9 <i>Diagrama de Flujo de la Descripción Productiva</i>	30
Figura 10 <i>Diagrama de Flujo de la Descripción Fenológica</i>	34
Figura 11 <i>Diagrama de Flujo de la Descripción Morfológica</i>	38
Figura 12 <i>Curva Térmica Ambiental</i>	39
Figura 13 <i>Curva Térmica del Sustrato de Producción</i>	40
Figura 14 <i>Contenido de Humedad durante el proceso de producción en los tratamientos</i>	41
Figura 15 <i>Comportamiento de pH durante el proceso de producción de los cuatro tratamientos</i>	42
Figura 16 <i>Valores de Densidad Aparente de los Diferentes Tratamientos en la Producción</i>	45
Figura 17 <i>Valores del Contenido de Humedad de los Diferentes Tratamientos en la Producción</i>	46
Figura 18 <i>Valores del pH de los Diferentes Tratamientos en la Producción</i>	48
Figura 19 <i>Valores de la Conductividad Eléctrica de los Diferentes Tratamientos en la Producción</i>	49
Figura 20 <i>Valores de la Materia Orgánica de los Diferentes Tratamientos en la Producción</i>	51
Figura 21 <i>Valores de Nitrógeno Total de los Diferentes Tratamientos en la Producción</i>	53
Figura 22 <i>Valores de la Relación Carbono Nitrógeno de los Diferentes Tratamientos en la Producción</i>	54

Figura 23 Valores del Material Orgánico Particulado de los Diferentes Tratamientos en la Producción	56
Figura 24 Valores de Extracto Masa de Ácidos Húmicos de los Diferentes Tratamientos en la Producción.....	58
Figura 25 Valores del Índice de Germinación de los Diferentes Tratamientos en la Producción	59
Figura 26 Valores de Rendimientos expresado en términos de Masa.....	61
Figura 27 Rendimiento Porcentual en Base a Masa	62
Figura 28 Comportamiento Cronológico de la Oviposición de Cocones	65
Figura 29 Intervalo de Días de Incubación desde la Oviposición hasta la Eclosión.....	68
Figura 30 Comportamiento Sumatorio Eclosional de Cocones.....	70
Figura 31 Intervalo de Días de Crecimiento desde la Eclosión hasta la Adulthood.....	71
Figura 32 Ciclo Fenológico Diferenciado por Tratamientos	72
Figura 33 Crecimiento Longitudinal de lombrices.....	75
Figura 34 Longitud de Lombrices Adultas	77
Figura 35 Diámetro de Lombrices Adultas	79
Figura 36 Valores Promedio acerca del Número de Anillos en Lombrices Adultas.....	80
Figura 37 Valores Promedio acerca del Número de Anillos desde el Prostomio hasta el Clitelio	82
Figura 38 Valores Promedio acerca del Peso Vivo de las Lombrices Adultas	84

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 <i>Contenido de Humedad Porcentual</i>	23
Ecuación 2 <i>Rendimiento de masa seca</i>	26
Ecuación 3 <i>Rendimiento porcentual de masa</i>	26
Ecuación 4 <i>Ingreso Bruto</i>	27
Ecuación 5 <i>Ingreso Neto</i>	28
Ecuación 6 <i>Relación Beneficio Costo</i>	28

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 <i>Temperatura Ambiental</i>	96
Anexo 2 <i>Temperaturas de los Sustratos de Producción</i>	97
Anexo 3 <i>Contenido de Humedad de los Sustratos de Producción</i>	98
Anexo 4 <i>PH de los Sustratos de Producción</i>	99
Anexo 5 <i>Resultados del Análisis de Laboratorio</i>	100
Anexo 6 <i>Rendimiento en Base a Masa</i>	101
Anexo 7 <i>Rendimiento en Base a Volumen</i>	102
Anexo 8 <i>Rendimientos Promedio</i>	103
Anexo 9 <i>Costos de Producción Por Tratamiento de la Descripción Productiva</i>	104
Anexo 10 <i>Comportamiento de la Incubación y la Eclósión</i>	105
Anexo 11 <i>Comportamiento de la Oviposición</i>	106
Anexo 12 <i>Comportamiento de las Fases Fenológicas</i>	106
Anexo 13 <i>Temperatura de Sustratos Reproductivos</i>	107
Anexo 14 <i>Distribución de Cocones en las Bandejas en el Periodo de Incubación en Laboratorio</i>	107
Anexo 15 <i>Descripción Morfológica de las Lombrices Adultas</i>	108
Anexo 16 <i>Resultado del Crecimiento Longitudinal de Lombrices</i>	109
Anexo 17 <i>Archivo Fotográfico</i>	110
Anexo 18 <i>Informe de los Resultados de Laboratorio</i>	115

1. INTRODUCCIÓN

Complementando a la agricultura que se viene desarrollando en nuestro entorno bajo el contexto de corrientes productivas como la agricultura orgánica, ecológica y/o regenerativa; la transformación de residuos de origen animal y vegetal con llevan a la incorporación de materia orgánica de buena calidad al suelo, acordes a este marco productivo, mejorando la productividad de los alimentos producidos, asegurando la sustentabilidad alimentaria destinada a la sociedad consumidora.

A su vez la lombricultura es una labor complementaria que ingresa dentro de estas corrientes agrícolas mencionadas, obteniendo como producto final el humus de lombriz, que contiene una cantidad exuberante de microorganismos y que trabajan sinérgicamente en la capacidad resiliente del suelo.

La lombricultura es una actividad productiva donde la lombriz es un factor influyente en esta producción, realizando un trabajo coludido con los microorganismos presentes en el sustrato de alimentación, generando distintos productos de los cuales se puede señalar a: 1) el vermicompost que deriva en el humus de lombriz; 2) el pie de cría o núcleo productivo de lombriz y 3) la carne de lombriz incluyendo a sus derivados.

En este sentido “la lombriz pertenece a la macrofauna del suelo, por lo cual es una especie biológica encargada de realizar las mayores transformaciones orgánicas que se suscitan en el suelo” (FAO, 2021). Al respecto la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) es la especie más proliferada y explotada en la producción de humus destinado para el abonamiento en actividades agrícolas en menor escala dentro el contexto agrícola boliviano.

El presente documento, busca caracterizar de forma descriptiva las particularidades que pueden presentar las lombrices (*E. foetida*) diferenciados por la procedencia de sus criaderos, realizando una descripción cuantitativa acerca de parámetros morfológicos y fenológicos de las lombrices, además evaluar la producción de humus de lombriz sujeto a parámetros de calidad y cantidad.

Teniendo en cuenta los enfoques mencionados con anterioridad, de esta manera es posible proponer lineamientos para una decisión objetiva al momento de elegir la adecuada perspectiva de producción lombrícola.

1.1. ANTECEDENTES

La lombricultura en latinoamérica ha sido desarrollada en la década de 1970, aunque el desarrollo expansivo ocurrió una década mas tarde en 1980, en aproximadamente la mayoría de países sudamericanos, en mayor o menor escala comparativamente. (Cajas, 2009)

Sullcata (2016), menciona que la lombriz roja californiana, es la especie que más se ha proliferado en Bolivia a partir 1989, desde entonces su expansión ha sido considerablemente rápida, por su tolerancia a diferentes ecosistemas de Bolivia.

De acuerdo a los hechos históricos señalados con anterioridad, en muchas partes de Bolivia, las lombrices han sido utilizadas como medio de producción por distintas empresas y criaderos lombrícolas, bajo este sentido se ha dejado de lado la investigación sobre caracterizar parámetros morfológicos, fenológicos y productivos de la lombriz, donde se identifica un bajo interés en la evaluación y registro de esta información, para obtener un mejoramiento productivo, que puede ser aprovechable por empresas, instituciones públicas y privadas, productores agrícolas entre otros.

Debido a la importancia otorgada a las lombrices por la comunidad científica mundial, se han ido desarrollando numerosos documentos internacionales que avalan el empleo de estos animales y la importancia del vermicompostaje como tecnología para el aprovechamiento de los residuos de la agricultura, ganadería e industria, como son los rastrojos del material vegetal, estiércoles de animales y lixiviados orgánicos. (Meléndez, 2003).

1.2. JUSTIFICACIÓN

Este trabajo fue planteado en complemento de algunas investigaciones precedentes, donde los autores han evaluado características alimentarias de sustrato para la obtención de humus de lombriz, aunque no se han determinado en muchos casos la especie ni la procedencia de las mismas.

En esta investigación los individuos evaluados tienen una procedencia de distintos pisos ecológicos, siendo ubicados en un mismo lugar para su caracterización, donde se evaluaron valores cuantitativos tomando en cuenta la importancia de los distintos enfoques productivos.

Una gran significancia se encuentra en las particularidades económica y social, donde se propone al productor, investigador o lector una respuesta objetiva para la toma de decisiones al momento de realizar esta actividad dependiendo de la perspectiva productiva por la cual se decida, siguiendo los lineamientos que fueron discutidos en acompañamiento de los resultados obtenidos. De esta manera proponer una herramienta para la optimización dentro de la lombricultura realizada por los productores lombrícolas.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Describir características morfológicas, fenológicas y productivas de lombrices californianas provenientes de cuatro criaderos del departamento de La Paz, alimentados con estiércol de llama en el municipio de Viacha.

1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

- Evaluar parámetros de calidad, cantidad y rentabilidad de la producción del humus de las lombrices californianas provenientes de cuatro criaderos del departamento de La Paz.
- Caracterizar fases fenológicas de las lombrices californianas de cuatro criaderos del departamento de La Paz.
- Describir la morfología externa de las lombrices californianas de cuatro criaderos del departamento de La Paz.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. LOMBRICULTURA

Fajardo, (2002), manifiesta que la lombricultura consiste en la crianza intensiva de la lombriz roja californiana; la cual transforma los residuos orgánicos aprovechándolos como abono para los cultivos agrícolas. A este material orgánico deyectado por la lombriz se conoce con el nombre de humus de lombriz.

La lombricultura es un conjunto de técnicas, que utiliza a una especie domesticada de lombriz como una herramienta de trabajo (biotecnología), empleando todo tipo de materia orgánica para obtener como producto de este trabajo: humus, carne y harina de lombriz. A la vez es un negocio en expansión, que en el futuro significará el medio más rápido y eficiente para la recuperación de suelos de las zonas rurales (Sánchez, 2003).

Según Durán y Henríquez, (2009) indican que la elección de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) en la lombricultura, se debe a la adaptación térmica, tasa de reproducción elevada, alimentación variada, longevidad, baja tendencia a la migración y la capacidad de convivir en una densidad poblacional alta.

Para Cegarra, (1998) esta actividad de lombricultura es un proceso de biotransformación de residuos orgánicos en material humificado destinado para el uso agrícola. Esta materia orgánica transformada por las lombrices es llamada "vermicompost".

2.1.1. VERMICOMPOST Y VERMICOMPOSTAJE

Etimológicamente el término de vermicompost es la unión de dos palabras, *vermis* proveniente del latín que significa lombriz o gusano de tierra; y *compost* que

señala al humus obtenido artificialmente por descomposición bioquímica en una elevación térmica de residuos orgánicos. (ETIMOLOGÍAS DE CHILE, 2021; Real Academia Española, 2021).

Eduards (1988) indica que el vermicompostaje es el proceso por el cual las lombrices son utilizadas con el fin de transformar residuos orgánicos en humus de lombriz.

El vermicompostaje se diferencia del compostaje en algunos aspectos; el primer aspecto indica, que utiliza lombrices además de microorganismos entran en una actividad metabólica entre 20 °C y 25 °C (temperatura dentro de la pila de descomposición); en comparación al compostaje que tiene etapas térmicas marcadas entre 35 y 55 °C; otro factor es la humedad, que en el vermicompostaje se tiene que manejar entre 75 a 90%, en comparación al compost, donde se debe manejar una humedad entre 35 y 60% (Sandoval, 2021)

2.2. CARACTERÍSTICAS DE LA LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA

2.2.1. TAXONOMIA

Según Pineda, (2006) señala que la lombriz roja californiana *Eisenia foetida* tiene la siguiente clasificación taxonómica:

Reino	Animalia
Phylum	Annelida
Clase	Oligochaeta
Subclase	Crassiclitellata
Orden	Haplotaxida
Familia	Lumbricidae
Genero	Eisenia
Especie	E. foetida

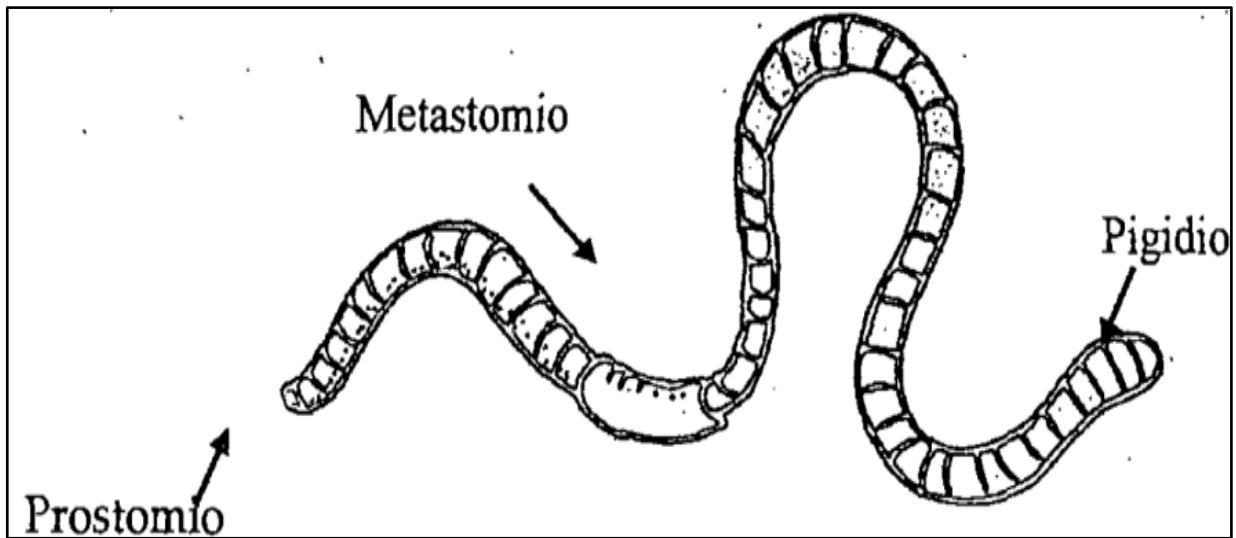
2.2.2. MORFOLOGÍA

a) MORFOLOGÍA EXTERNA

La morfología externa de las lombrices es muy homogénea. Presentan el cuerpo dividido en: prostomio, metastomio y pigidio, como se muestran en la figura 1. El prostomio es el primer lóbulo del cuerpo y el pigidio el último, donde abre el ano. El metastomio lo constituye el resto del cuerpo, formado por la serie de metámeros o anillos. La boca abre ventralmente entre el prostomio y el primer segmento denominado peristomio (Reines et al., 1998)

Figura 1

Tres regiones principales del cuerpo de la lombriz



Fuente: (Reines et al., 1998)

Tabla 1

Características morfológicas externas de Eisenia foetida

Carácter	<i>Eisenia foetida</i>
Color	Rojo vino, franjas naranjas o amarillas al final del cuerpo (ver figura 2).
Forma	Ligeramente aplanada dorsoventralmente,
Quetas o cerdas	Estructuras pilosas presentes en todos los anillos de las lombrices excepto en el prostomio y en pigidio (ver figura 3).
Longitud (cm)	5 – 10.
No. De segmentos	90 – 130.
Peso (g)	0,3 – 1.
Poros dorsales	Si.
Clitelio	[26 - 33].
Tubérculos pubertarios	Si.
Poros masculinos	15 – Con papilas. Forma globosa. 1 par en forma de ojal.
Poros femeninos	14. 1 par lateroventral.

Fuente: (Reines et al., 1998)

La parte ventral del cuerpo es más pálida que la parte dorsal que es de color rojizo, mostrado en la figura 2 (Bollo 1999).

Figura 2

Coloración y forma de la lombriz



Fuente: (Manual de lombricultura, 2021)

Figura 3

Quetas o cerdas presentes en la lombriz



Fuente: (Manual de lombricultura, 2021)

1) *Tamaño, Segmentos y Coloración*

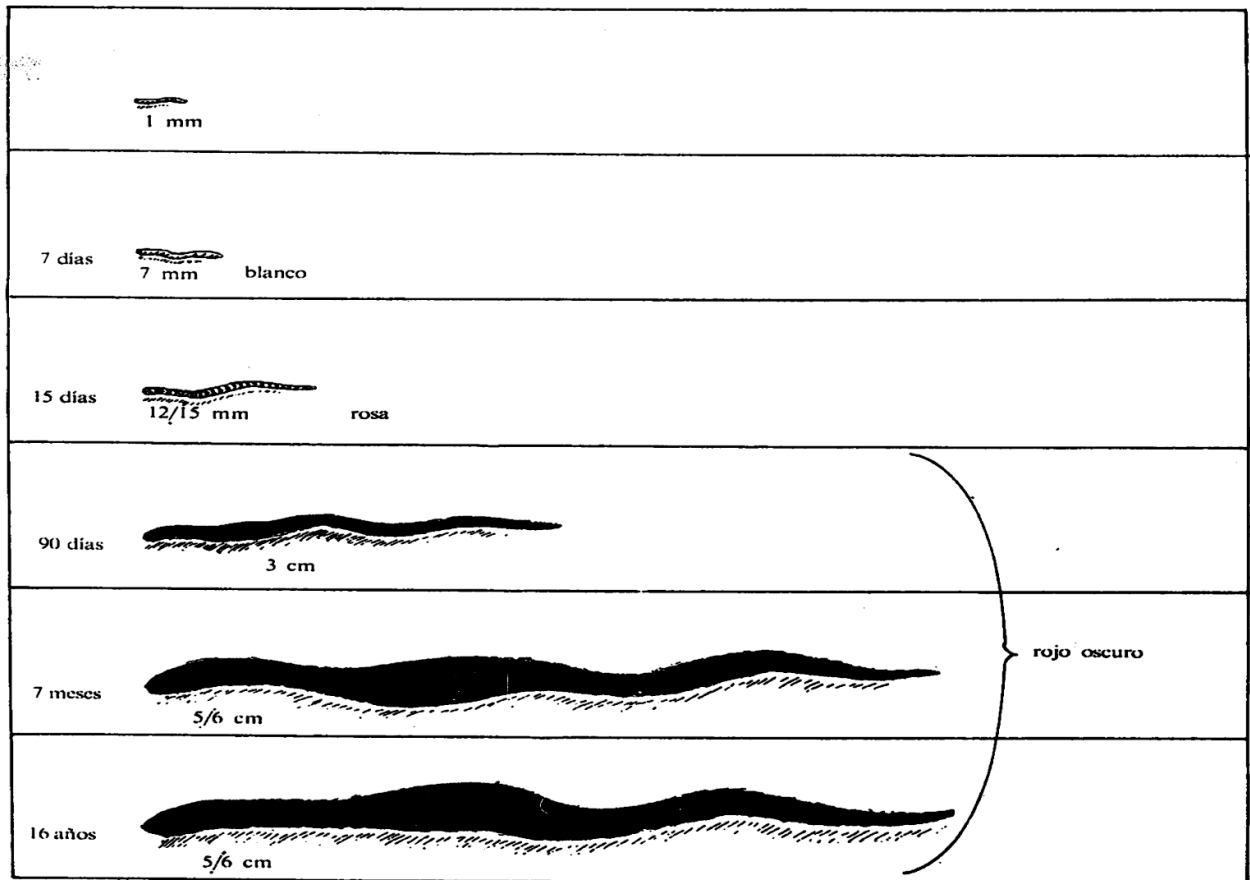
Reynolds, (1977) indica que las lombrices de la especie *Eisenia foetida* tienen una longitud entre 3,5 y 13 cm, siendo las frecuentes de 7 cm, un diámetro entre 3 a 5 mm, 80 a 110 segmentos o anillos, color variable, morado, rojo, rojo oscuro, rojo pardusco, a veces alternando bandas de color marrón rojizo en el dorso pigmentado con áreas intersegmentarias amarillas. Cuerpo cilíndrico.

Posee un cuerpo alargado, segmentos y con simetría bilateral. Existe una porción más gruesa en el tercio anterior de 5mm de longitud llamada clitelio cuya función está relacionada con la reproducción. Al nacer las lombrices son blancas. Transcurridos 5 o 6 días se ponen rosadas y a los 120 días ya se parecen a las adultas siendo de color rojizo y estando en condiciones de aparearse (Venter, 2015)

En la Figura 4 se puede apreciar los tiempos de crecimiento y de desarrollo de la lombriz desde el momento de su salida del huevo.

Figura 4

Diferencia de tamaños entre lombrices por edad temporal



Fuente: (Ferruzzi, 1986)

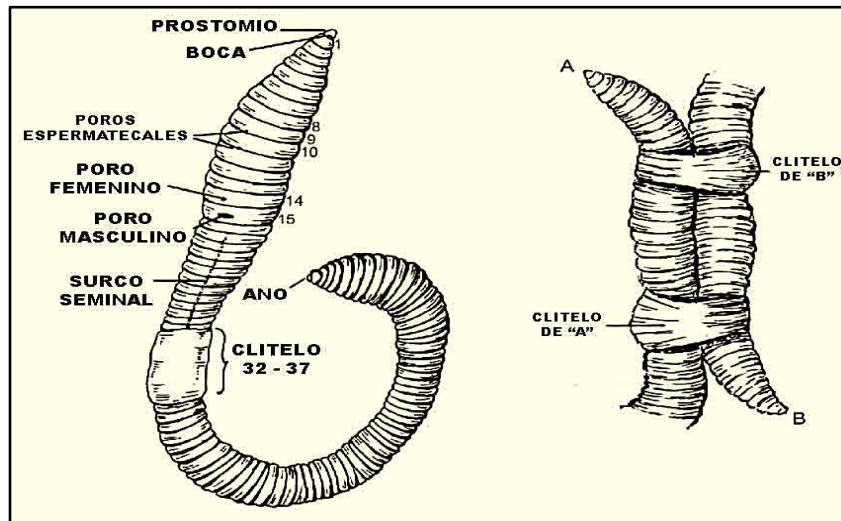
2.2.3. REPRODUCCIÓN

El aparato genital masculino está integrado por los testículos que son glándulas secretoras de esperma. Se ubica en la parte anterior, muy cercana de la boca. El aparato genital femenino recibe el esperma y lo retiene hasta el momento de la fecundación; este aparato se encuentra en una posición relativa posterior al aparato genital masculino. (Ferruzzi, 1986). En la figura 5 se puede apreciar las dos lombrices en fase de acoplamiento, donde ambas giran en sentido opuesto la una de

la otra, indicando de esta manera el contacto del aparato genital masculino de una lombriz con el aparato genital femenino de la otra lombriz.

Figura 5

Partes reproductivas y esquema de acople de dos lombrices



Fuente: (Lombritec, 2020)

2.2.4. CICLO BIOLÓGICO

Roman et al., (2013) menciona que las lombrices *E. foetida* comienzan su etapa reproductiva a los 90 a 120 días de edad, donde se realiza la cópula cada 7 días; como resultado se producen 1 cocón o capullo por cada individuo, el cual eclosionará entre los 14 a 44 días dependiendo de las condiciones favorables que se presenten en el sustrato y también en el ambiente; cada capullo contiene entre 2 a 4 crías de lombrices, que darán inicio nuevamente al ciclo biológico de las lombrices.

En la figura 6 se describe el ciclo biológico de la lombriz, señalando las fases fenológicas como la oviposición de cocones, la eclosión de lombrices y la adultez de lombrices. Además se muestra, las etapas fenológicas como la incubación de cocones y el crecimiento de lombrices.

Figura 6

Ciclo reproductivo



Fuente: (Roman, Martínez y Pantoja, 2013)

Reynolds, (1997) indica que las lombrices *E. foetida* tienen una esperanza de vida máxima entre 4 y 5 años, aunque los dos primeros años de vida es lo más habitual en cuanto a su tiempo de vida.

2.3. CONDICIONES AMBIENTALES PARA EL DESARROLLO DE LA LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA

2.3.1. TEMPERATURA

Blanco, (2020) indica que la temperatura óptima para el crecimiento, desarrollo y reproducción de la lombriz roja californiana esta entre los 12 y 25 °C. Con temperaturas menores o mayores a este rango, las lombrices ingresan a un periodo de latencia y/o letargo que perjudica, tanto a las lombrices como a la producción de humus.

2.3.2. HUMEDAD

El rango de humedad aceptable esta entre el 70 a 90%, sin embargo la humedad óptima para favorecer la crianza de las lombrices californianas abarca desde los 80 a 85%. Al igual que la temperatura si existe un exceso o déficit de humedad, las lombrices entrarian en un periodo de inactividad biológica (diapausa) (Dominguez y Gómez, 2010).

2.3.3. PH

Luna y Mendoza, (2020) señalan que: las lombrices presentan un amplio rango en cuanto a pH, siendo de 5 hasta 9, sin embargo, su función es más eficiente cuando el pH es próximo a la neutralidad (6,5 a 7,5).

2.3.4. CONDICIONES DE SUSTRATO Y AIREACIÓN

Es importante que la estructura del sustrato permita la difusión pasiva del aire y evite obstruir el desplazamiento de la lombriz, el drenaje del agua y la circulación del oxígeno, este último es el más importante, debido a que las lombrices requieren una concentración de oxígeno de 55%-65%. (Sánchez, 2017).

2.3.5. RIEGO Y REMOCIÓN

El riego debe realizarse siempre y cuando el sustrato lo necesite, porque el encharcamiento o exceso de agua desplaza el aire del sustrato y provoca fermentación anaeróbica. (Lopez y Machicado, 2010) citado por (Sirpa, 2022).

Díaz, (2002) señala que: la remoción del sustrato se recomendaria realizar 1 vez por semana.

2.3.6. ALIMENTACIÓN

La alimentación de las lombrices se realiza fundamentalmente con materia orgánica proveniente de las excretas animales, preferiblemente vacuna, aunque se puede utilizar también excreta porcina proveniente de los residuales del lecho de secado, excreta caprina, chivo, ovinasa, conejasa, equinasa, pulpa de café y otros (Fernández, 1990).

Stores, (1960) citado por Piza, (2017), indican que el estiércol es la base de alimentación de las lombrices, en ese sentido se debe asegurar una fuente garantizada de estiércol.

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

En la tabla 2 se puede apreciar los resultados físico y químico del estiércol de llama citadas por Chilon, (2018) y Villaroel, (1996), las cuales se denotan en características propias del altiplano.

Tabla 2

Características Físico Químicas del Estiércol de Llama

Tipo de Abono	Humedad %	M.O. %	N %	P Total %	K Total meq/100gAbono	pH	CE dS/m	Observación
Estiércol de Llama	22,5	59,8	1,7	0,03	0,113	7	5,358	Chilon, 2018
		81	1,5	0,85	1,16	7,9		Villaroel,1996

Fuente: (Chilon, 2018; Pati, 2002)

2.4. PLAGAS Y PATOLOGIAS

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 acido”. Esto es un síndrome desencadenado por la presencia de un contenido de sustancias proteicas (no transformadas en el alimento de las lombrices (Sánchez, 2003 citado por Mamani, 2016)

2.5. PROPIEDADES DEL HUMUS DE LOMBRIZ

2.5.1. PROPIEDADES FISICO QUIMICAS

Algunos autores mencionan que las características físico químicas del humus de lombriz varían de acuerdo al alimento proporcionado para la alimentación de la lombriz, por lo cual se registraron valores correspondientes a análisis de laboratorio físico químico mostrados en la tabla tres.

Tabla 3

Resultados de análisis físico químico de humus de lombriz

Parámetro	FAO, 2013		Pati, 2021		Sirpa, 2022	
	Valor	Unidad	Valor	Unidad	Valor	Unidad
Nitrógeno Total	0,3 – 1,5	%	1,1	%	1,12	%
Fósforo disponible	100 – 1000	ppm	521	mg/kg	159	%
Potasio intercambiable	1400	mg/kg	900	mg/kg	13,73	Meq/100gH
Materia Orgánica	22	%	14,13	%	32,13	%

Densidad aparente	0,19	g/cm ³	0,506	g/cm ³	0,514	g/cm ³
pH	6,8 – 7,3	-	7,95	-	8,48	-
Conductividad Eléctrica	-	-	2,97	dS/m	3,53	dS/m

Fuente: (FAO, 2013; Pati, 2021; Sirpa, 2022)

3. LOCALIZACIÓN

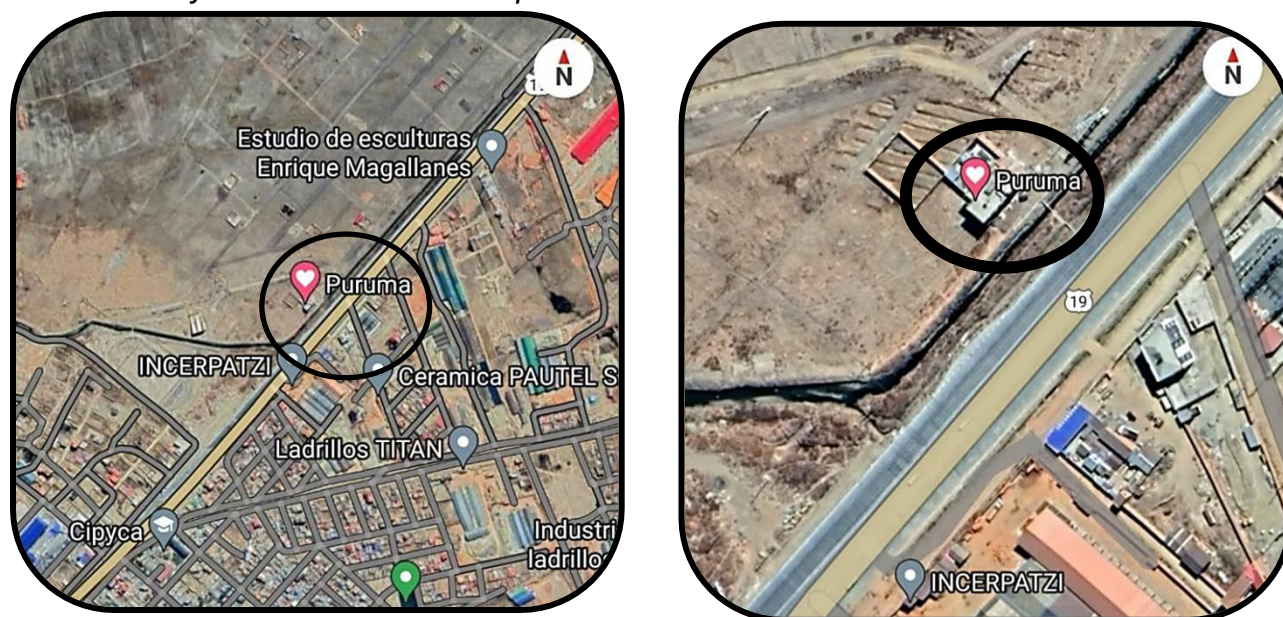
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El Municipio de Viacha está ubicado en la provincia Ingavi del Departamento de La Paz, a una distancia de la ciudad de La Paz de 35km. Es parte de la cuenca Katari en la sub región andina del Altiplano Norte. (Pati, 2021)

El proyecto de investigación se realizó en la empresa PURUMA ubicado en la Urbanización CBN, avenida Hacia el Mar, del Municipio de Viacha, con una altitud de 3864m.s.n.m. donde las coordenadas geográficas son: 16,641443° latitud sur y 68,290107° longitud oeste. La figura 7 muestra la ubicación geográfica utilizando como herramienta el buscador de Google, utilizando la aplicación Google Maps (Google, s.f.).

Figura 7

Ubicación y localización de la Empresa Puruma



3.2. CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES

El municipio de Viacha se encuentra en el altiplano boliviano, donde las temporadas de lluvia son muy marcadas entre los meses de noviembre a marzo, aunque el resto del año presenta un clima frío y seco. En cuanto a los parámetros ambientales se indica que la temperatura promedio anual es de 8,3 °C, una precipitación anual de 567,2 mm/año y humedad relativa de 56,1%. (SENAMHI, 2020 citado por Pati, 2021)

3.3. ACTIVIDAD ECONÓMICA

Para Pati, (2021) la actividad agropecuaria de mayor importancia es la ganadería, donde existe una crianza de camélidos, ovinos, porcinos y en especial ganado vacuno lechero.

En cuanto a cultivos agrícolas se producen alimentos característicos de la región como los tubérculos: la papa, la oca, papalisa, también productos de grano, como la quinua y la cañahua. Además, los productores ganaderos cuentan con sembradíos de forraje como cebada y avena.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. MATERIALES

En la tabla 4 se muestra el detalle de los materiales de campo, material biológico, materiales de laboratorio y materiales de gabinete que se utilizaron en la investigación.

Tabla 4*Listado de Materiales e Insumos Utilizados en la Investigación*

Material Biológico e Insumo Alimenticio	
Cantidad	Descripción
200 kg	Estiércol de llama
2 kg	Lombrices provenientes de 4 criaderos de diferentes lugares del departamento de La Paz
Material de Campo	
Cantidad	Descripción
12 Unid.	Macetas cilíndricas (Diámetro: 40cm, Altura: 20cm)
4 Unid.	Macetas cilíndricas (Diámetro: 23cm, Altura: 17cm)
1 Unid.	Pala
1 Unid.	Flexómetro
1 Unid.	Termómetro digital de aguja para suelos
1 Unid.	Regadera Manual
4 Unid.	Guantes de trabajo
2 m	Malla semi sombra (Sombra: 85%)
4 m ³	Agua para riego
4 Unid.	Bolsas de polipropileno para remojo de estiércol (Ancho: 60cm, Largo: 100cm)
Material de Laboratorio	
Cantidad	Descripción
50 Unid.	Bandejas de plástico (Volumen: 100cm ³)
4 Unid.	Bandejas de plástico (Volumen: 1000cm ³)
50 Unid.	Vasos de plástico (Volumen: 250cm ³)
12 Unid.	Cajas petri
10 l	Agua destilada
1 Unid.	Rollo de papel secante
1 Unid.	Film de plástico
1 Unid.	Lupa
1 Unid.	pHmetro de mesa
1 Unid.	Conductivímetro de campo
1 Unid.	Balanza analítica
1 Unid.	Probeta de vidrio (Volumen: 100cm ³)
1 Unid.	Botella de spray nebulizador para agua
1 Unid.	Pinzas metálicas
Material de Gabinete	
Cantidad	Descripción
1 Unid.	Paquete de hojas bond tamaño carta
1 Unid.	Tablero de madera

1 Unid.	Bolígrafo
1 Unid.	Marcador indeleble
1 Unid.	Calendario
1 Unid.	Reloj

4.2. MÉTODOS

4.2.1. DISEÑO EXPERIMENTAL

Esta investigación se realizó bajo un diseño completamente aleatorio, con el siguiente modelo aditivo lineal.

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Una observación de la variable de respuesta en la j-esima unidad experimental que ocurre con cada el i-ésimo criadero de lombriz

μ = Media general

α_i = Efecto fijo del i-ésimo criadero de lombrices

ε_{ijk} = Efecto aleatorio de residuales o error experimental

a) Descripción de Tratamientos

Los tratamientos evaluados han sido seleccionados de acorde a la proximidad del lugar de estudio, utilizando lombrices de cuatro criaderos dentro del departamento de La Paz, las cuales se detallan a continuación en la tabla cinco.

Tabla 5

Descripción de los tratamientos en estudio

Tratamiento	Descripción de la Procedencia de los Tratamientos
T1	Criadero N°1 del Altiplano Norte Zona 1 → (C1 AN1)
T2	Criadero N°2 del Altiplano Central → (C2 AC)
T3	Criadero N°3 de Valles Interandinos (C3 VI)
T4	Criadero N°4 del Altiplano Norte Zona 2 → (C4 AN2)

b) Croquis Experimental

El croquis experimental de distribución perteneciente a las unidades experimentales, enmarcadas en un diseño completamente aleatorio, utilizando cuatro tratamientos en estudio y con tres repeticiones, se puede apreciar en la figura ocho.

Figura 8

Croquis de diseño experimental

R	Tratamientos			
I	T4	T2	T3	T1
II	T2	T4	T3	T1
III	T1	T4	T3	T2

4.2.2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

a) Descripción Productiva del humus

La descripción productiva registró 7 etapas procedimentales, las cuales consistieron en: la preparación y evaluación sobre características físicas y químicas preliminares de los sustratos, la inoculación de lombrices, el registro periódico de

parámetros de control en el transcurso de tiempo desde la inoculación de lombrices hasta la cosecha de humus, la comparación acerca de la cantidad productiva, la calidad físico química del humus de lombriz y el análisis económico de la producción de humus. Las etapas en la descripción productiva mencionadas con anterioridad se describen con mayor detalle en los siguientes párrafos.

1) Preparación de los sustratos y evaluación físico química de los sustratos

El estiércol de llama que se utilizó en la investigación fue trasladado de productores ganaderos locales, donde se recopiló la información acerca de que el estiércol había sufrido un proceso de compostaje. En consecuencia fue sometido a un lavado por sumersión en un periodo de 7 días, que según Hernández et al., (2011) esta actividad tiene la finalidad de disminuir la salinidad haciendo el sustrato alimenticio de mejor calidad nutricional para las lombrices.

Para registrar estas características de la calidad nutricional del sustrato, se realizaron análisis del contenido de humedad, conductividad eléctrica y pH previo a la inoculación de las lombrices, obteniendo parámetros iniciales del sustrato en la etapa de descripción productiva.

2) Inoculación de lombrices

Para la inoculación de lombrices, se seleccionaron 150 individuos por cada unidad experimental, las cuales se encontraron en una etapa fenológica reproductiva, donde se diferenciaban las características morfológicas externas de longitud mayor a 3cm y con el órgano sexual (clitelio) desarrollado.

3) Actividades dentro el proceso de producción

Dentro de las actividades que se realizaron en el proceso de producción del humus está la remoción manual de los sustratos; con la finalidad de favorecer la porosidad reduciendo la compactación; esta labor se realizó con una frecuencia cada 7 días, aminorando de esta manera el estrés fisiológico que pudo haberse ocasionado a las lombrices,

Otra actividad realizada en esta etapa productiva fue el riego de los sustratos; donde se aplicó periódicamente cada 72 horas, un volumen de 1,5 litros utilizando agua declorada, obtenida por una fuente hídrica subterránea cercana a la ubicación del lugar de estudio.

Con la finalidad de disminuir la intensidad de luminosidad que afectaba a los lombricarios, se redujo la cantidad de luz en las unidades experimentales colocando mallas semisombra con la característica de producir 85% de sombra al sustrato que contenía estiércol y lombrices inoculadas.

4) Parámetros de monitoreo físico y químico en el proceso de producción

Temperatura del sustrato

Para el monitoreo de la temperatura del sustrato se utilizó un termómetro digital de aguja para suelos, registrando este parámetro de control de todas las unidades experimentales; donde se tuvo la regularidad en la toma de datos en tres horarios alrededor del día, los cuales fueron a las 9:00 am, pasando el medio día a horas 14:00 pm y por la tarde a las 17:00 pm. La periodicidad de mediciones en todo el proceso de producción de humus fue realizada cada 48 horas, registrando los

valores de temperatura desde la fecha de inoculación hasta el día que se realizó el trampeo de lombrices de cada lombricario.

Humedad del sustrato

Para el registro de valores de humedad se siguió la metodología de Sadzawka et al., (2005) extrayéndose muestras de sustrato de 150 cm³ de volumen, con una periodicidad de 21 días, pesándose en una balanza analítica la cantidad de masa húmeda de los sustratos, que posteriormente se trasladaron a una estufa de secado, sometiendo todas las muestras a 70°C durante 24 horas; transcurrido el tiempo de secado estas muestras fueron pesadas nuevamente en la balanza analítica, donde se registraron valores de la masa seca del sustrato. Basado en la metodología de Sadzawka et al., (2005) se obtuvo el contenido de humedad mediante la ecuación uno:

Ecuación 1

Contenido de Humedad Porcentual

$$\% \text{ Humedad} = \left(\frac{\text{masa sustrato húmedo} - \text{masa sustrato seco}}{\text{masa sustrato húmedo}} \right) \times 100$$

Fuente: (Sadzawka et al., 2005).

pH del sustrato

El registro de valores pertenecientes al pH corresponde al método de potenciometría; señalando que la frecuencia de muestreos fue en torno a 21 días. A las muestras de sustrato se le añadieron inmediatamente agua destilada hasta saturarse el volumen poroso, obteniendo una dilución en pasta de saturación; las mismas se agitaron alrededor de 30 min y finalmente se introdujo el lector del equipo phmetro, registrándose los valores de pH de cada unidad experimental.

5) *Parámetros físicos y químicos de la calidad del humus producido*

Para la obtención de parámetros calidad del humus, la tabla 6 muestra a detalle el análisis físico – químico y las metodologías referenciadas que se realizaron en un laboratorio agroambiental al humus de lombriz cosechado, cuando finalizó la etapa de producción.

Tabla 6

Parámetros físico químicos de la calidad del humus de lombriz

	PARÁMETRO	SÍMBOLO	MÉTODO	FUENTE
Físico	Densidad Aparente	Dap	Probeta	Miranda, R; Caballero A. (2015)
	Contenido de Humedad	% Humedad	Gravimetría	Sadzawka, (2005)
	Materia Orgánica Particulada	MOP	Tamices Húmedos	McKnight. (2018)
Químico	pH	pH	Potenciometría 1:2,5	INIA. (2006)
	Conductividad Eléctrica	CE	Conductivímetro 1:2,5	INIA. (2006)
	Materia Orgánica	M.O.	Walkley y Black	Sadzawka, (2005)
	Nitrógeno Total	Nt	Kjendahl	Sadzawka, (2005)
	Relación Carbono / Nitrógeno	C/N	Cálculo	Delgado. (2006)
	Ácidos Húmicos	%EMAH	Extracción Alcalina NaOH 0,5N	Rodriguez, M. (2008)
	*Índice de Germinación (Fitotoxicidad)	IG	Porcentaje de germinación de (<i>Raphanus sativus</i>)	NMX-FF-109-SCFI, (2008)

*Para el índice de germinación se utilizó la metodología señalada por la Normativa Mexicana NMX-FF-109-SCFI, (2008), el cual consistió en colocar el humus de lombriz en un recipiente, llenando a la altura de 5cm, donde se sembraron

27 semillas de rabanito (*Raphanus sativus*) por cada unidad experimental, humedeciendo el sustrato con una frecuencia de riego cada dos días. Esta prueba tuvo una duración de 15 días, contabilizando el número total de semillas que germinaron al finalizar.

*Para realizar un ajuste a la prueba de germinación, se colocaron 30 semillas en medio de papel absorbente dentro una placa Petri; la cual se regó periódicamente una vez por día hasta punto de saturación. Pasando una semana se cuantificaron todas las semillas que germinaron y se calculó el porcentaje de germinación que presentaban las raíces de la especie de rabanito (*R. sativus*). Una vez obtenido este valor de ajuste calculado, se procedió a modificar los valores del índice germinativo utilizando una germinación del 100% de la especie (*R. sativus*).

6) Parámetros de la cantidad del humus producido

Una vez finalizada la etapa productiva con la cosecha del humus de lombriz, se han registrado valores de masa húmeda cosechada pertenecientes a cada unidad experimental. Por lo cual relacionando con algunos parámetros de calidad físico químico del humus, se obtuvieron los valores de rendimiento en base a masa y rendimiento en base a volumen que se describen con mayor detalle en los siguientes párrafos.

Rendimiento en masa

A los 211 días de producción; desde la inoculación de lombrices en el sustrato de los diferentes lombricarios; se realizó la cosecha de humus de lombriz, donde se pesaron en su totalidad la masa húmeda cosechada de cada unidad experimental. Para calcular el contenido de humedad se utilizó la metodología desarrollada por

Sadzawka, et al., (2005), donde se relacionaron los valores de masa húmeda cosechada y contenido de humedad, para calcular la masa seca cosechada de humus como se muestra en la ecuación dos.

Ecuación 2

Rendimiento de masa seca

$$\% H = \left(\frac{mh \text{ Humus} - ms \text{ Humus}}{mh \text{ Humus}} \right) \times 100$$

$$ms \text{ Humus} = \left(mh \text{ Humus} - \frac{\%H \times mh \text{ Humus}}{100} \right)$$

Fuente: (Sadzawka, et al., 2005).

Dónde:

ms Humus: masa seca de humus cosechado (kg)

mh Humus: masa húmeda de humus cosechado (kg)

%H: Contenido de humedad (%)

Rendimiento porcentual de masa

Teniendo la masa seca del estiércol cuando se inició la etapa de producción, y habiendo calculado el rendimiento en masa seca del humus, se relacionaron ambos valores como se muestra en la ecuación 3, para obtener el rendimiento porcentual en base a masa por cada unidad experimental.

Ecuación 3

Rendimiento porcentual de masa

$$\% R \text{ masa} = \left(\frac{ms \text{ Humus}}{ms \text{ Estiércol}} \right) \times 100$$

Fuente: (Vargas, et al., 2019)

Dónde:

%R masa: Rendimiento porcentual en base a masa (%)

ms Estiércol: masa seca del estiércol inicial (kg)

7) Análisis económico

Para el análisis económico se siguió la metodología de Arévalo et al., (2016) que divide esta etapa en costos totales de producción, ingreso bruto, ingreso neto y relación beneficio costo, que se detallan a continuación.

Costo de Producción

El costo total de producción fue determinado por el costo total de inversión en la etapa productiva de cada tratamiento, señalados con mayor detalle en el anexo nueve.

Ingreso Bruto

A partir del rendimiento de masa húmeda y del precio por kilogramo del humus, se determinó el ingreso bruto en bolivianos (Bs) por tratamiento mostrado en la ecuación cuatro.

Ecuación 4

Ingreso Bruto

$$IB = R (mhH) \times P$$

Fuente: Arévalo et al, (2016)

Dónde:

IB: Ingreso bruto (Bs)

R (mhH): Rendimiento de masa húmeda del humus (kg)

P: Precio del kilogramo de humus (Bs/kg)

Ingreso Neto

Una vez obtenido el valor costo de producción por tratamiento y el ingreso bruto por tratamiento, utilizada la ecuación 5 se calculó el ingreso neto en bolivianos (Bs) por cada tratamiento.

Ecuación 5

Ingreso Neto

$$IN = IB - CT$$

Fuente: Arévalo et al, (2016)

Dónde:

IN: Ingreso neto (Bs)

CT: Costo de producción total por tratamiento (Bs)

Relación Beneficio Costo

Finalmente para obtener el valor de la relación beneficio – costo, como muestra la ecuación 6, se vincularon el ingreso neto y el costo total de producción, ambos diferenciados por cada tratamiento.

Ecuación 6

Relación Beneficio Costo

$$B/C = \frac{IN}{CT}$$

Fuente: Arévalo et al, (2016)

Dónde:

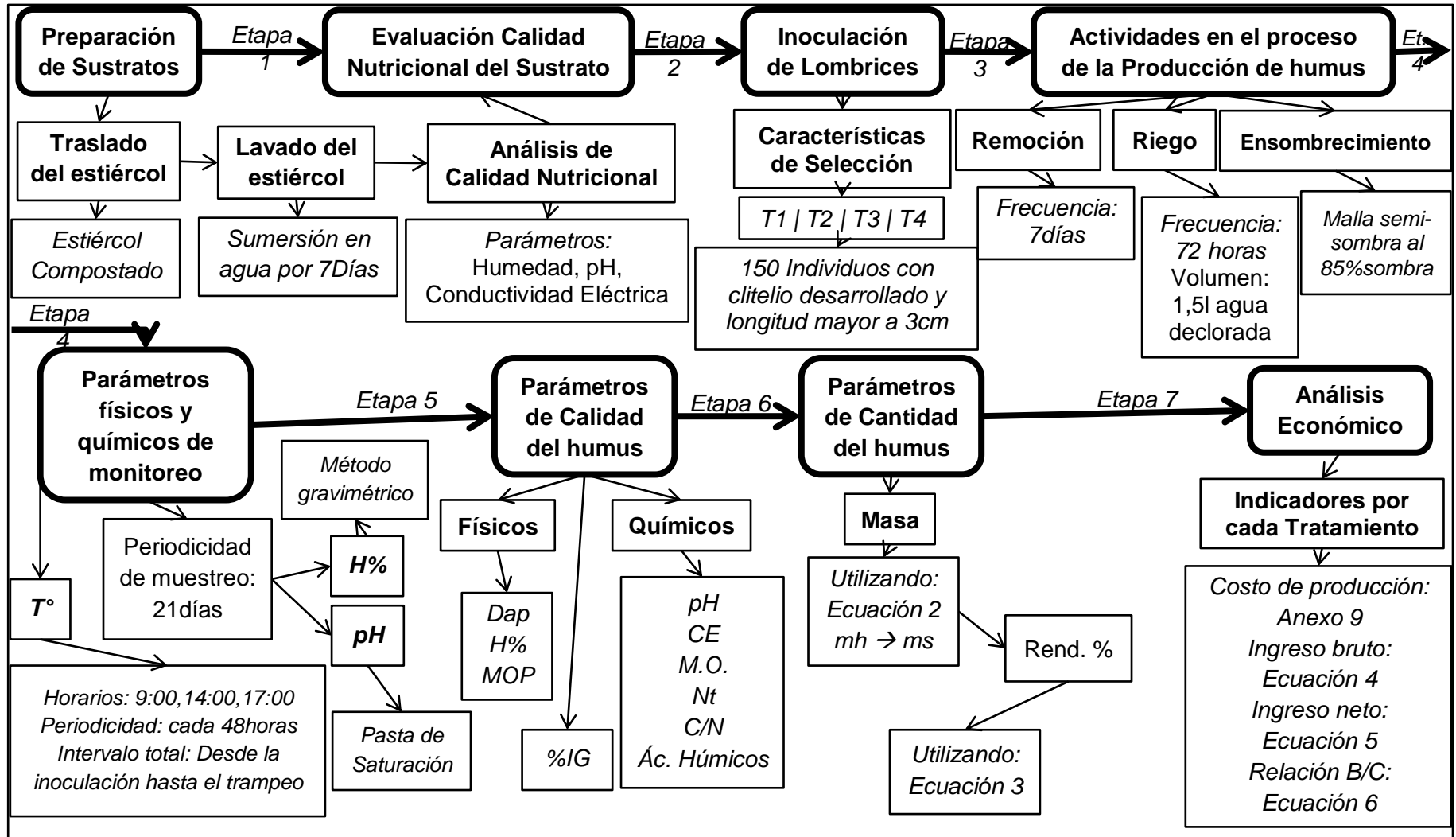
B/C: Relación beneficio costo

8) *Flujograma general de la descripción productiva*

En la Figura 9 se muestra la secuencia cronológica de las etapas en la descripción productiva del humus de lombriz, señalando el desarrollo de actividades para obtener las variables de respuesta acerca de este objetivo de producción.

Figura 9

Diagrama de Flujo de la Descripción Productiva



b) Descripción Fenológica de las lombrices

1) Consideraciones generales

En esta descripción fenológica, se realizaron las siguientes las etapas procedimentales: la selección de lombrices adultas teniendo un periodo de adaptación, la extracción de cocones y el registro de las variables de respuesta las cuales fueron: el comportamiento de la oviposición, el tiempo de incubación de cocones, el comportamiento de la eclosión, el tiempo de crecimiento de las lombrices y el ciclo fenológico de los diferentes tratamientos.

2) Selección de lombrices y tiempo de adaptación

Para comenzar con la descripción fenológica de las lombrices, se tuvo que seleccionar 50 individuos adultos por cada tratamientos, de una longitud promedio mayor a 3 cm, la cuales se encontraron en una etapa reproductiva teniendo el clitelio desarrollado. Las mismas fueron llevadas a diferentes macetas con características de tener una masa de 1,5 kg del sustrato para cada tratamiento, siendo que el tiempo de adaptación en el sustrato por parte de las lombrices fue de 7 días calendario.

3) Extracción de cocones por tratamiento

Concluido el tiempo de adaptación, se ingresó al periodo de extracción de cocones durante 8 días, los cuales fueron seleccionados con la frecuencia de selección cada 48 horas, diferenciadas por cada tratamiento y día de extracción, ubicando a los cocones en las bandejas plásticas de 100 cm³ de volumen llenado cada una con sustrato de estiércol de llama. Esta etapa en la descripción fenológica

se utilizó para obtener la variable del comportamiento de la oviposición que se explica en el siguiente subtítulo.

4) Registro de variables de respuesta correspondiente a la fenología

Comportamiento cronológico de la oviposición de cocones

Esta variable fue evaluada en el periodo de extracción de cocones por tratamiento (mencionado en el anterior párrafo), cuando las lombrices adultas entraron en una etapa de copulación, que tuvo una duración de 8 días. Se registraron las fechas de extracción cada 48 horas y se cuantificó la cantidad de cocones seleccionados, señalando en un registro la fecha de la extracción de cada tratamiento, que en lo posterior se utilizó para realizar gráficas explicativas en los resultados.

Tiempo de incubación de cocones

Se registró el intervalo de días que transcurrieron desde la oviposición hasta la eclosión, evaluando a los 15, 23, 30, 37, 43, 50 y 57 días tomando en cuenta como punto de partida el primer día del periodo de extracción, señalado en el comportamiento de la oviposición.

Comportamiento de la eclosión de lombrices

Para esta variable se contabilizó el número de lombrices eclosionadas entre los días 43, 50 y 57 de incubación, denotando el promedio de lombrices eclosionadas y la sumatoria de lombrices eclosionadas de cada tratamiento por día de extracción.

Tiempo de crecimiento de lombrices

Las lombrices eclosionadas fueron creciendo en el sustrato, donde se cuantificó el intervalo de días desde la primera eclosión hasta alcanzar la adultez reproductiva, evaluando a los individuos de cada tratamiento a los 0, 7, 14, 21, 42, 55, 67, 96 y 118 días desde la primera eclosión, apreciando la existencia de clitelio desarrollado y una longitud mayor a 3 cm.

Ciclo fenológico de las lombrices

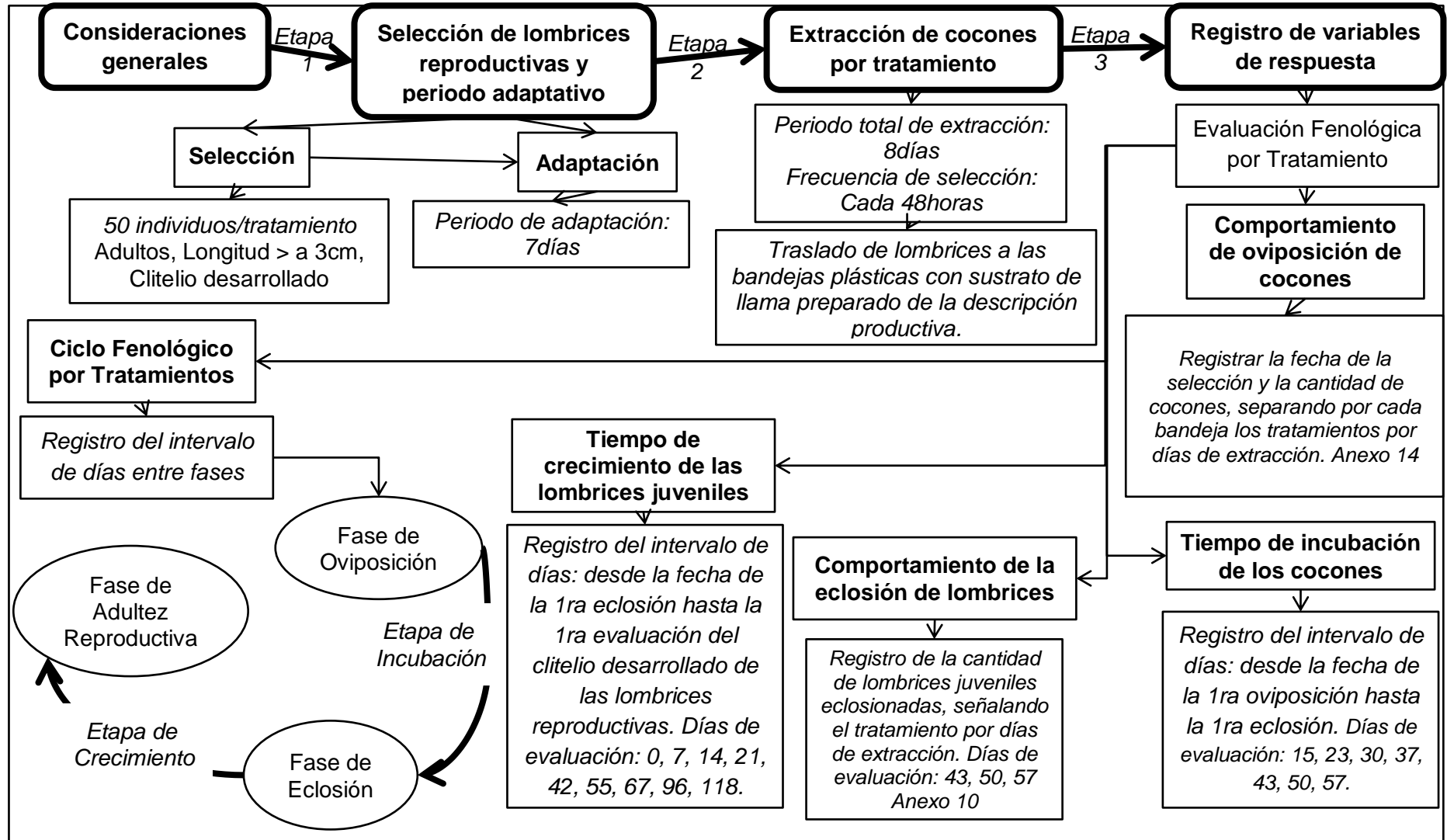
Obtenidos los valores del tiempo de la incubación de cocones y del crecimiento de lombrices hasta la adultez, se pudo realizar la gráfica del ciclo fenológico de las lombrices de cada tratamiento; iniciando el primer día de oviposición hasta el último día de evaluación, cuando las lombrices alcanzaron la adultez reproductiva.

5) Flujograma general de la descripción fenológica

En la Figura 10 se muestra la secuencia cronológica de las etapas en la descripción fenológica de las lombrices evaluadas pertenecientes a los distintos tratamientos, señalando el desarrollo de actividades para obtener las variables de respuesta acerca de este objetivo de fenología.

Figura 10

Diagrama de Flujo de la Descripción Fenológica



c) Descripción morfológica externa de las lombrices

1) Consideraciones generales

En cuanto a la descripción morfológica en el crecimiento, se seleccionaron a 20 lombrices por cada tratamiento, provenientes de la descripción fenológica, las cuales fueron evaluadas desde el día 43 contando desde el periodo de la oviposición hasta el día 161, fecha en la cual los individuos alcanzaron la adultez reproductiva, registrándose el comportamiento del crecimiento longitudinal.

Para la descripción morfológica en lombrices adultas, se seleccionaron 20 individuos con clitelio desarrollado en la fase adulta por cada tratamiento, provenientes de las macetas reproductivas mencionadas en la descripción fenológica, donde se han evaluado simultáneamente las características de: longitud, diámetro, cantidad de segmentos o anillos, ubicación del clitelio y peso vivo promedio, siendo que estos parámetros se denotan con mayor detalle en los posteriores párrafos de esta descripción.

2) Crecimiento longitudinal

Se realizaron mediciones in situ de este parámetro con papel milimétrico sobrepuesto a una placa petri de las lombrices eclosionadas pertenecientes a la descripción fenológica. Las evaluaciones se realizaron a los: 0, 7, 14, 21, 42, 55, 67, 96 y 118 días desde la primera eclosión que fue el día cero, registrando la fecha de evaluación y la medición longitudinal de las mismas,

3) Longitud de lombrices adultas

Para este parámetro se evaluaron 20 lombrices adultas en etapa reproductiva, seleccionadas de la descripción fenológica, donde se registró en laboratorio la

medición in situ de la longitud desde el pigidio hasta la prostomio, utilizando papel milimétrico sobrepuesto a una placa petri.

4) *Diámetro de lombrices adultas*

Simultáneamente a la medición de la longitud de lombrices adultas, se realizó la medición in situ del diámetro de las 20 lombrices adultas seleccionadas, en la parte del metastomio siendo más específico a nivel del órgano clitelar, denotando el valor obtenido paralelamente para la evaluación de esta característica morfológica.

5) *Cantidad de anillos de lombrices adultas*

Se realizó paralelamente el conteo numérico de anillos o segmentos en toda la parte del metastomio de la lombriz, que presentaban los 20 individuos adultos seleccionados que se mencionaron en el anterior parámetro morfológico.

6) *Ubicación anillar del clitelio en las lombrices adultas*

En cuanto al parámetro de ubicación del clitelio, utilizando una lupa y una cámara fotográfica se realizó un conteo de anillos o segmentos iniciando desde la parte del prostomio, señalando el primer anillo hasta el final del abultamiento que comprende el clitelio.

7) *Peso vivo promedio de las lombrices adultas*

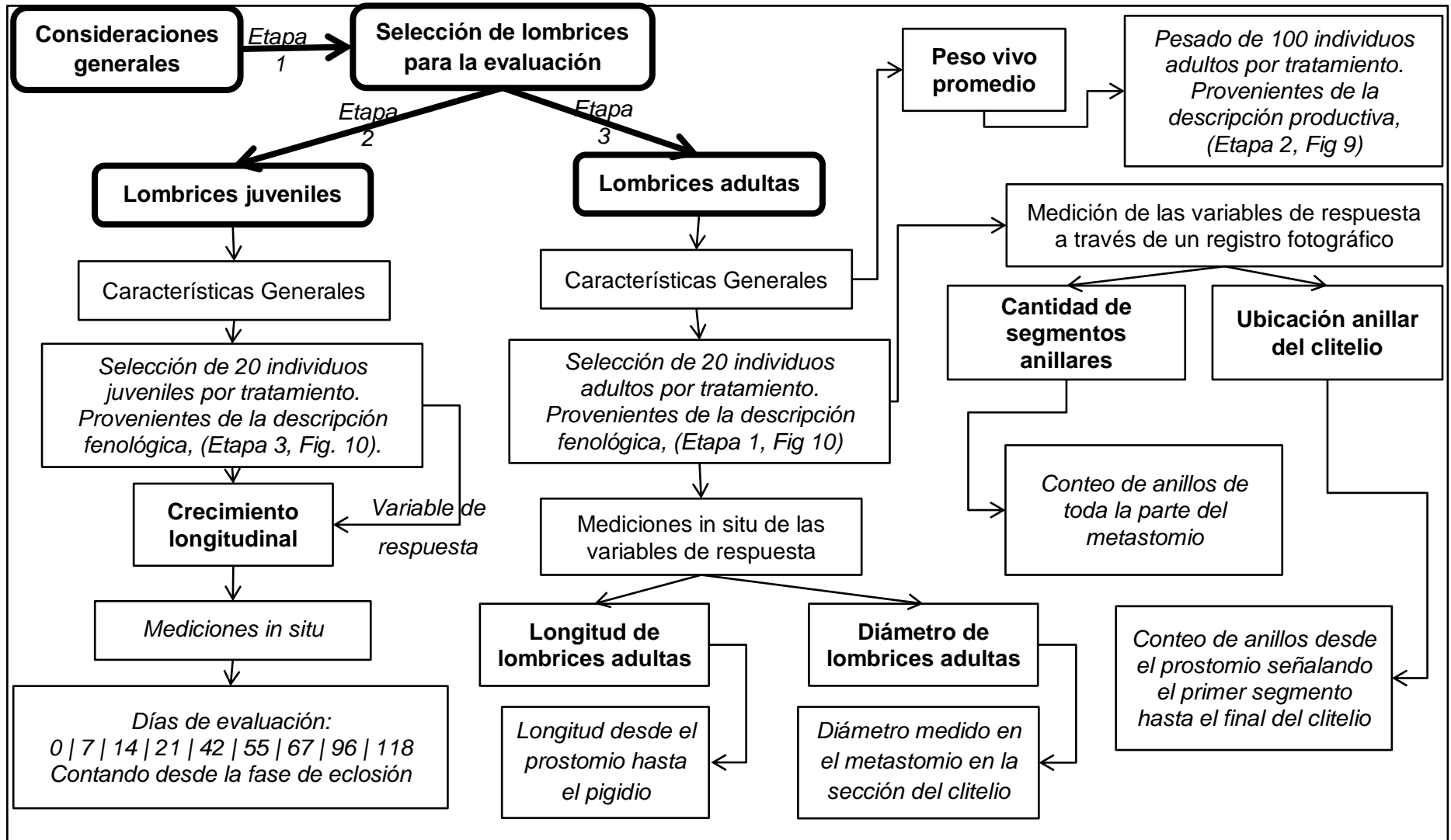
Para recabar el peso vivo de las lombrices, se seleccionaron 100 individuos adultos con clitelio desarrollado mayores a 3 cm de longitud de cada unidad experimental provenientes de la descripción productiva, los cuales fueron pesados en una balanza analítica, obteniendo de esta manera el parámetro experimental del peso vivo de las lombrices.

8) *Flujograma general de la descripción morfológica*

En la Figura 11 se muestra la secuencia cronológica de las etapas en la descripción morfológica de las lombrices en evaluación acorde a los tratamientos en estudio, señalando el desarrollo de actividades para obtener las variables de respuesta acerca de este objetivo de morfología.

Figura 11

Diagrama de Flujo de la Descripción Morfológica



5. RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1. PRODUCCIÓN

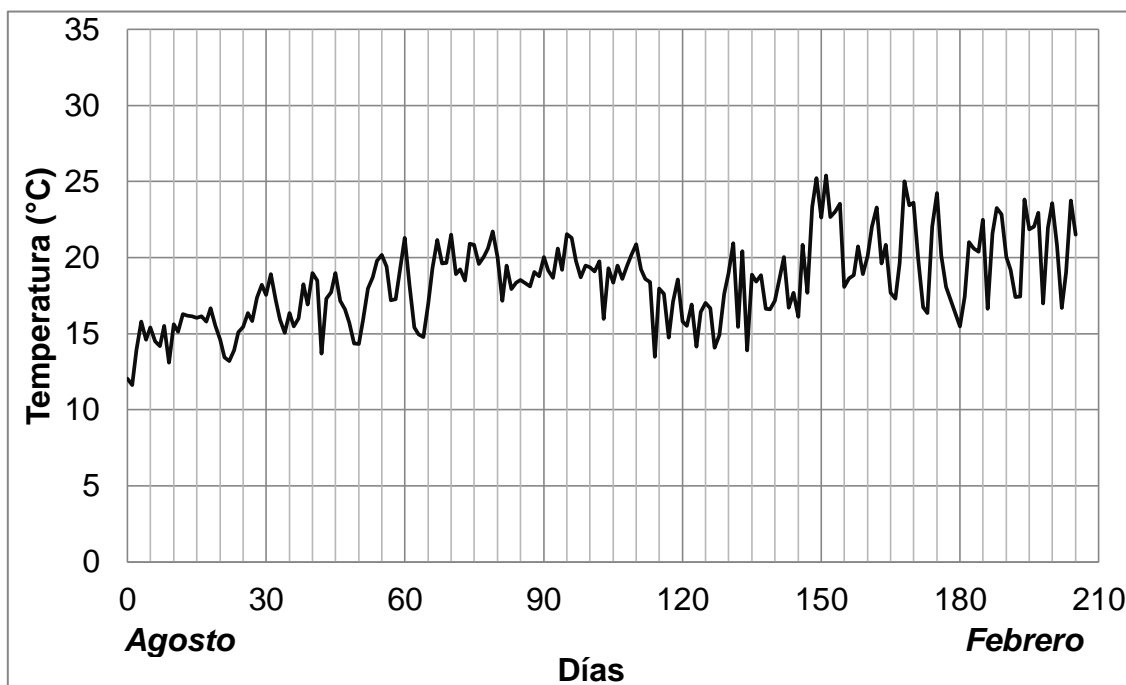
5.1.1. PARÁMETROS DE CONTROL EN LA PRODUCCIÓN

a) TEMPERATURA AMBIENTAL DEL INVERNADERO

La figura 12 indica el promedio cada 5 días de la temperatura ambiental que aconteció en el invernadero desde la inoculación de lombrices en el sustrato hasta la cosecha de humus pertenecientes a la etapa de producción.

Figura 12

Curva Térmica Ambiental



Las temperaturas que se registraron en la investigación identifica que la temperatura mínima fue de 11,6°C, la temperatura máxima denotó un valor de 25,4°C, la temperatura promedio se registrada en los 204 días de producción fue de 18,3°C y la amplitud térmica existente en el invernadero fue de 13,8°C

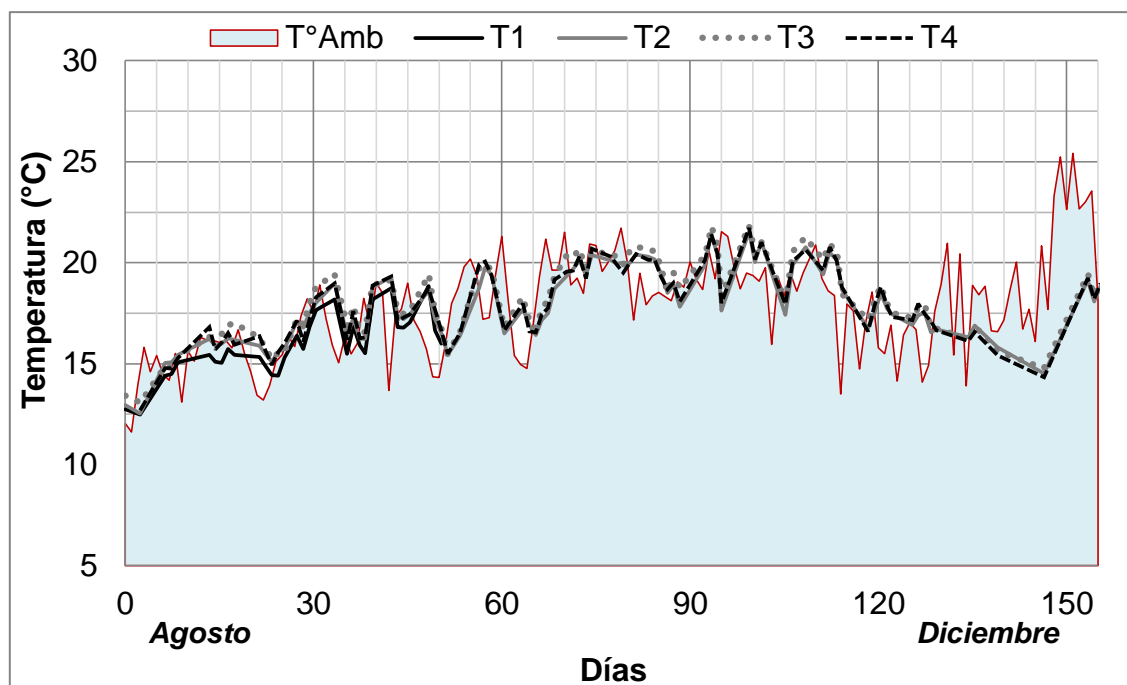
b) TEMPERATURA DE LOS SUSTRATOS PRODUCTIVOS

El primer parámetro de control en la etapa de producción fue la temperatura, donde se representaron los valores en la figura 13, señalando que el primer mes la temperatura osciló en un rango de 12 a 18°C para todos los tratamientos; en el segundo al cuarto mes las temperaturas se encontraron en un rango de 15 a 21°C; finalmente el quinto mes las temperaturas descendieron en un intervalo de 14 a 18°C.

Al hacer un análisis comparativo, entre los datos de temperatura relacionado a los tratamientos, la gráfica de la figura 13 no identifica grandes variaciones térmicas, por lo cual podemos denotar que esta mínima variabilidad no tendría mayores efectos en el trabajo de producción de humus

Figura 13

Curva Térmica del Sustrato de Producción



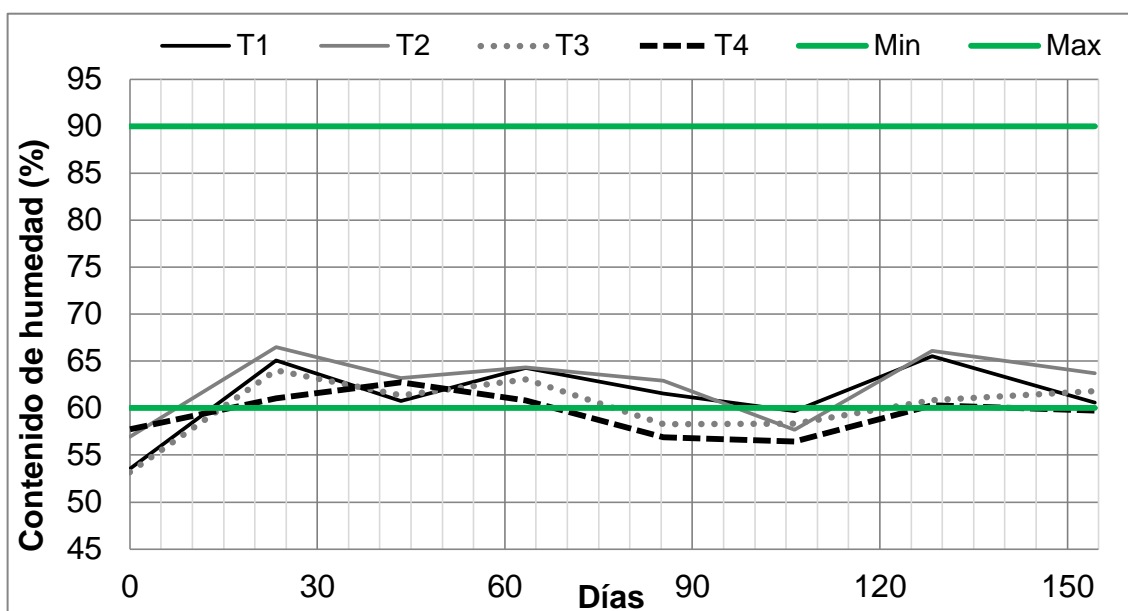
Al respecto de los valores que se mencionan en la figura 13, la temperatura para el desarrollo adecuado de lombrices se halla en el rango de 12°C a 25°C, aunque a temperaturas menores a 10°C o mayores a 30°C provocarían una quiescencia en la reproducción, afectando la puesta de cocones y en consecuencia un detenimiento parcial del proceso de vermicompost, como lo señalan los autores Pineda, (2006) y Marnetti, (2012). Entonces se denota bajo este respaldo bibliográfico que los valores térmicos registrados dentro el proceso de producción, están en el rango de temperatura óptima.

c) HUMEDAD DE LOS SUSTRATOS PRODUCTIVOS

La humedad registrada de los sustratos señaladas en la figura 14 identifica que el rango de humedad se mantuvo entre los 56 y 64% a lo largo de toda la etapa en la investigación, categorizando estos valores adecuado en lo señalado por Bollo, (1999).

Figura 14

Contenido de Humedad durante el proceso de producción en los tratamientos



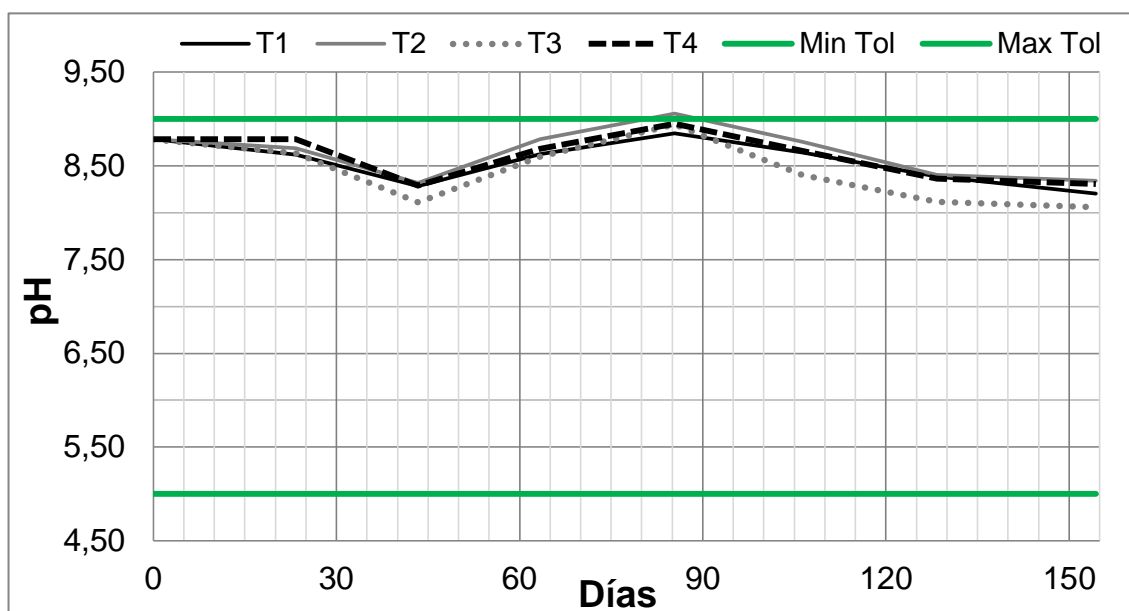
Se puede señalar que la producción de humus fue afectada paulatinamente por una evaporación de agua que presentaron los sustratos a lo largo del tiempo, debido a la mayor intensidad de radiación solar que se recibió en el invernadero; sin embargo, los autores Domínguez y Gómez, (2010) indican que las lombrices tienen la capacidad fisiológica de adaptarse a las condiciones de déficit hídrico con valores menores a 70% de humedad, como aconteció en esta descripción productiva.

d) PH DE LOS SUSTRATOS PRODUCTIVO

La figura 15 muestra el comportamiento del pH en el proceso de producción, donde el primer mes se registraron valores de los tratamientos entre 8,6 y 8,8; el segundo mes descendió hasta registrarse valores entre 8,1 y 8,3; el tercer mes los valores ascendieron alcanzando un rango entre 8,8 y 9,0; el cuarto y quinto mes de evaluación los valores fueron en descenso nuevamente llegando a obtener valores entre 8,0 y 8,3.

Figura 15

Comportamiento de pH durante el proceso de producción de los cuatro tratamientos



Tomando en cuenta la información obtenida por Sánchez, (2017); Pati, (2021) y Sirpa, (2022) el rango de pH permisible oscila entre 5 a 9; por lo cual se señala que los valores de pH registrados en la investigación, influirían de manera paulatina en el proceso del vermicompost y en algunos parámetros de calidad del humus de lombriz; sin embargo, se hace hincapié en que estos valores de pH registrados en esta etapa de producción están dentro del rango permisible.

5.1.2. PARÁMETROS DE CALIDAD Y CANTIDAD DEL HUMUS DE LOMBRIZ

a) PARÁMETROS DE CALIDAD

Se realizaron los análisis de los tratamientos evaluados en el laboratorio agroambiental “La casa del Agricultor” dependiente de la Empresa Puruma – Agricultura Regenerativa, donde se obtuvieron datos paramétricos físicos y químicos empleados para la caracterización de la calidad del humus mostrado en la tabla siete.

Tabla 7

Análisis de resultados Físicos y Químicos del Humus de Lombriz

Parámetro	Símbolo	Unidad	T1	T2	T3	T4
Densidad Aparente	Dap	g/cm ³	0,526	0,519	0,523	0,535
Contenido de Humedad	%H	%	57,63	59,87	56,91	52,89
Material Orgánico Particulado	MOP	%	0,44	0,50	0,47	0,41
pH	pH		8,0	8,1	8,0	8,2
Conductividad Eléctrica	CE	dS/m	3,463	3,250	3,273	3,113
Materia Orgánica	MO	%	30,27	23,83	25,67	24,77
Nitrógeno Total	Nt	%	1,92	1,81	1,89	1,87
Relación Carbono Nitrógeno	C/N		9,14	7,71	7,80	7,63

Ácidos Húmicos	EMAH	%	77,83	77,50	76,77	73,50
Índice de Germinación	IG.	%	60	79	42	60

Dónde: T1: Criadero 1 Altiplano Norte 1→(C1 AN1); T2: Criadero 2 Altiplano Central→(C2 AC); T3: Criadero 3 Valles Interandinos→(C3 VI); T4: Criadero 4 Altiplano Norte 2→(C4 AN2)

1) *Densidad Aparente*

En la tabla 8 se muestra el análisis de varianza que se realizó a los valores de la densidad aparente, correspondiente a los diferentes tratamientos en estudio, donde el p valor = 0,7241 es mayor a 0,05 señalando que el resultado fue No Significativo, lo cual indica que existe una igualdad estadística entre los tratamientos en estudio.

Tabla 8

Análisis de Varianza de la Densidad Aparente

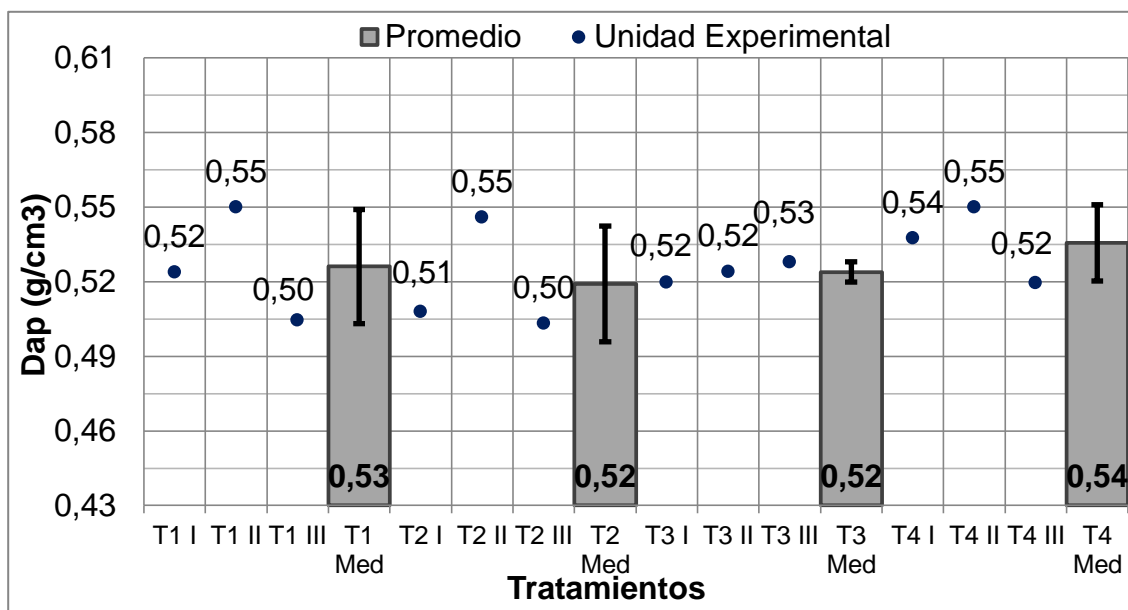
<u>F.V.</u>	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo.	3,00E-04	3	1,00E-04	0,45	0,7241	
Tratamientos	3,00E-04	3	1,00E-04	0,45	0,7241	NS
Error	1,80E-03	8	2,20E-04			
Total	2,10E-03	11				

CV = 0,55%

Los valores de la densidad aparente que se muestran en la figura 16, donde se evidencia que el T4 obtuvo un promedio de $(0,54 \pm 0,023)$ g/cm³, resultando el mayor valor; mientras que el T2 registró un promedio de $(0,52 \pm 0,023)$ g/cm³ siendo el menor valor de los tratamientos evaluados.

Figura 16

Valores de Densidad Aparente de los Diferentes Tratamientos en la Producción



Dónde: T1: C1 AN1; T2: C2 AC; T3: C3 VI; T4: C4 AN2

Debido al respaldo bibliográfico mencionado por los autores Ticante et al., (2018) y Sirpa (2022); se identifica que los valores de densidad aparente obtenidos en la presente investigación oscilan en el rango establecido por la normativa mexicana NMX-FF-109-SCFI-2008 que señala valores entre 0,4 a 0,9 g/cm³ para densidad aparente con la metodología gravimétrica. Por lo cual se daría el cumplimiento de este parámetro dentro de la normativa de calidad que se establece en la mencionada normativa.

2) Contenido de Humedad

La tabla 9 muestra el análisis de varianza que se realizó a los valores del contenido de humedad, donde el p valor = 0,142 es mayor a 0,05 señalando que el resultado fue No Significativo, lo cual indica que existe una igualdad estadística entre los tratamientos en estudio.

Tabla 9

Análisis de Varianza del Contenido de Humedad

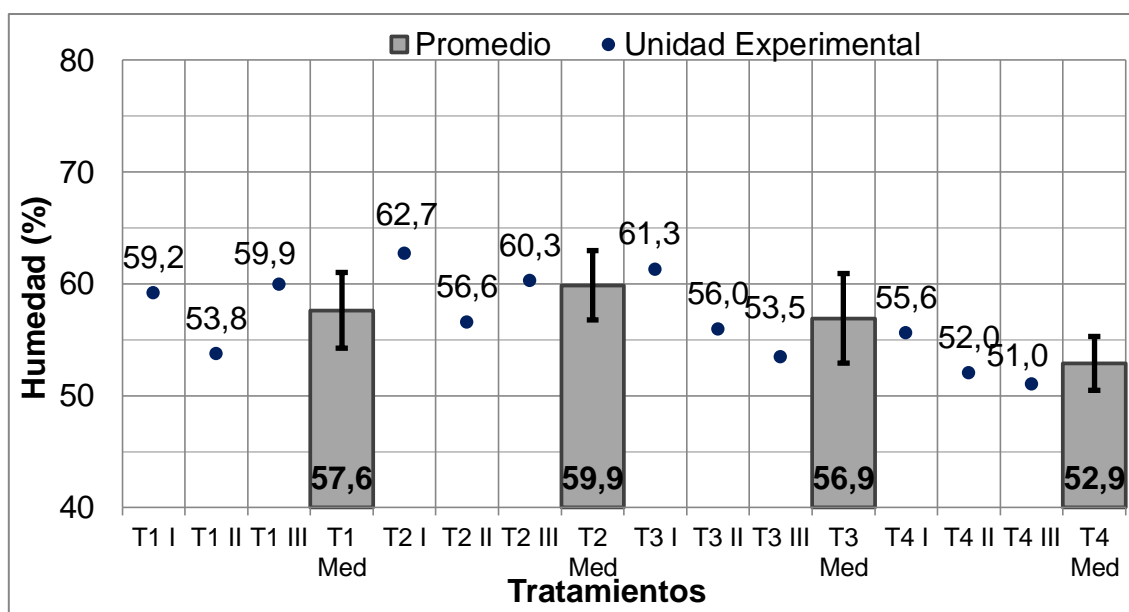
<u>F.V.</u>	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo.	3,40E-03	3	1,10E-03	2,41	0,142	
Tratamientos	3,40E-03	3	1,10E-03	2,41	0,142	NS
Error	3,70E-03	8	4,70E-04			
Total	0,01	11				

CV = 2,87%

La figura 17 muestra los valores de contenido de humedad, evidenciando que: el T2 obtuvo el mayor valor con un promedio de $(59,9 \pm 3,10)$ %, mientras que el T4 registró un promedio de $(52,9 \pm 2,41)$ % siendo el menor valor registrado.

Figura 17

Valores del Contenido de Humedad de los Diferentes Tratamientos en la Producción



Dónde: T1: C1 AN1; T2: C2 AC; T3: C3 VI; T4: C4 AN2

Según Ticante et al., (2018) indica que el rango comercial del contenido de humedad que debería presentar el humus es de 20 a 40% referenciado de la normativa mexicana NMX-FF-109-SCFI-2008, por lo cual el humus producido en la

investigación dentro de los tratamientos identifica valores superiores a los mencionados, teniendo que sea necesario una deshidratación hasta que los valores se encuentren dentro de este rango, de esta manera se puede contar con un producto de humedad adecuada, cumpliendo con la normativa para la comercialización.

3) pH

La tabla 10 muestra el análisis de varianza que se realizó a los valores del pH, correspondiente a los diferentes tratamientos en estudio, donde el p valor = 0,3428 es mayor a 0,05 señalando que el resultado fue No Significativo, lo cual indica que existe una igualdad estadística entre los tratamientos en estudio.

Tabla 10

Análisis de Varianza del pH

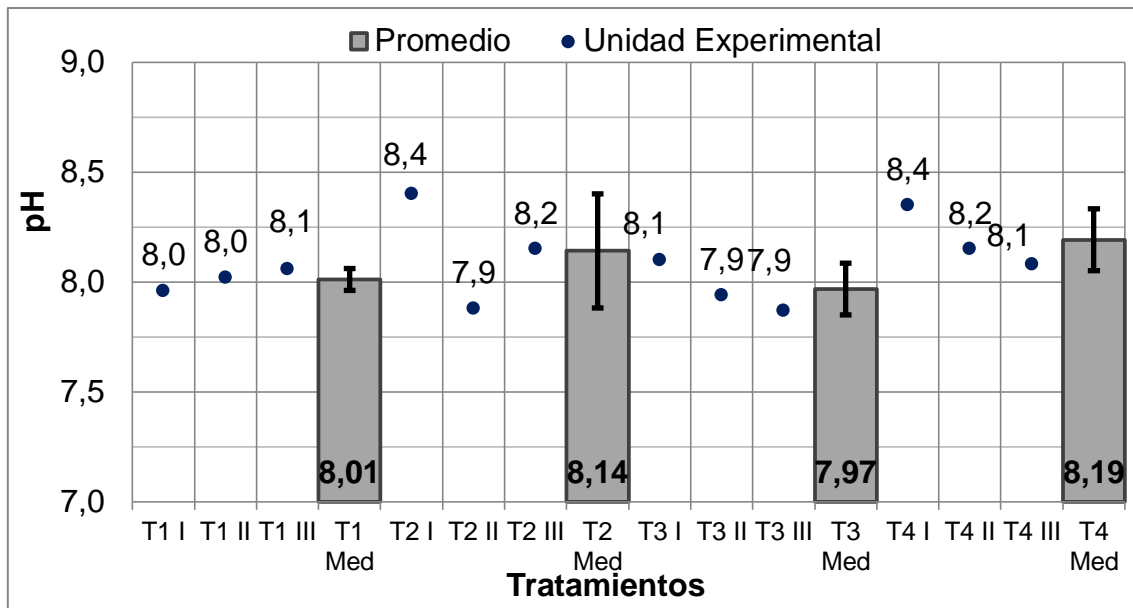
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo.	2,90E-04	3	9,50E-05	1,29	0,3428	
Tratamientos	2,90E-04	3	9,50E-05	1,29	0,3428	NS
Error	5,90E-04	8	7,40E-05			
Total	8,80E-04	11				

CV = 0,95%

la figura 18 muestra los valores de pH registrados, evidenciando que el T3 obtuvo un promedio de $(7,97 \pm 0,12)$ siendo el valor más cercano a la neutralidad, mientras que el T4 registró un promedio de $(8,19 \pm 0,14)$ resultando el valor más alejado de la neutralidad de los tratamientos evaluados.

Figura 18

Valores del pH de los Diferentes Tratamientos en la Producción



Dónde: T1: C1 AN1; **T2:** C2 AC; **T3:** C3 VI; **T4:** C4 AN2

La normativa NMX-FF-109-SCFI-2008 referenciada por Ticante et al., (2018) indica que un abono debe presentar valores de pH entre 5,50 – 8,50 como rango aceptable y entre 6,50 – 7,80 se considera un rango óptimo

Por lo indicado anteriormente, los valores de pH de esta investigación se han logrado posicionar dentro del rango aceptable señalado en la normativa mexicana, que enmarca el autor Ticante et al., (2018).

4) Conductividad Eléctrica

La tabla 11 muestra el análisis de varianza que se realizó a los valores de la conductividad eléctrica, indicando que el resultado fue No Significativo, por lo señalado en el p-valor de 0,1625 siendo mayor a 0,05. lo cual denota una igualdad estadística entre los tratamientos en estudio.

Tabla 11

Análisis de Varianza de la Conductividad Eléctrica

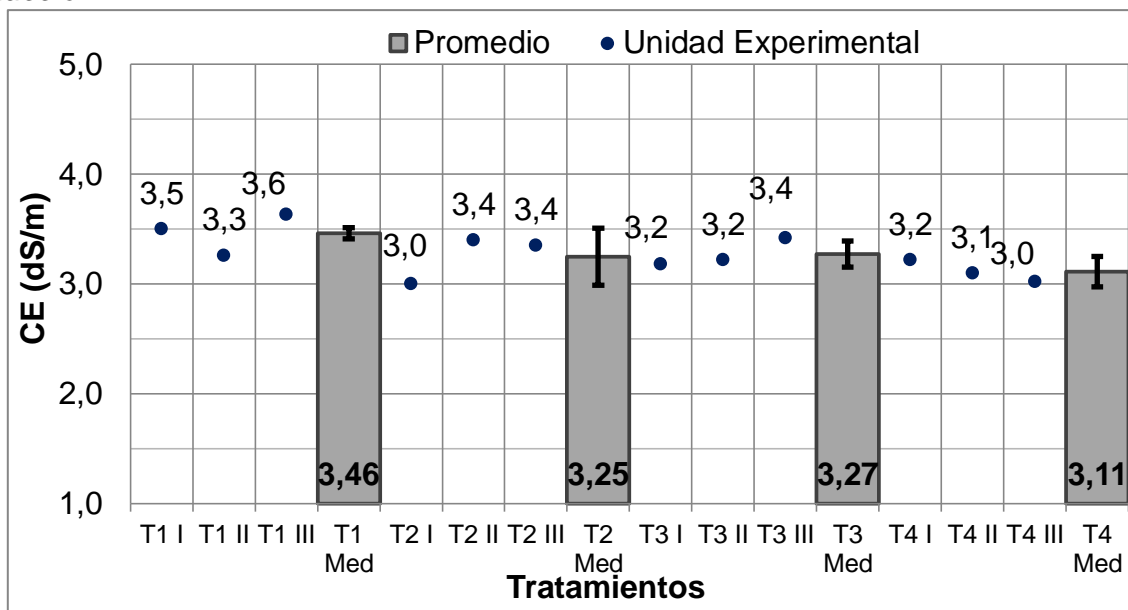
<u>F.V.</u>	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo.	3,20E-03	3	1,10E-03	2,23	0,1624	
Tratamientos	3,20E-03	3	1,10E-03	2,23	0,1624	NS
Error	3,90E-03	8	4,80E-04			
Total	0,01	11				

CV = 4,27%

Los valores de la conductividad eléctrica que se muestran en la figura 19, evidencian que el tratamiento 4 obtuvo un promedio de $(3,11 \pm 0,10)$ dS/m siendo el menor valor registrado, mientras que el tratamiento 1 obtuvo un promedio de $(3,46 \pm 0,19)$ dS/m resultando el mayor valor entre los tratamientos evaluados.

Figura 19

Valores de la Conductividad Eléctrica de los Diferentes Tratamientos en la Producción



Dónde: T1: C1 AN1; T2: C2 AC; T3: C3 VI; T4: C4 AN2

Los valores de la conductividad eléctrica indican que: se registraron promedios entre 3,11 y 3,46 dS/m del humus de cada tratamiento, señalando que no existe una variación significativa entre tratamientos y se considera en un rango aceptable porque los valores son menores a 4 dS/m mencionado por Ticante et al., (2018).

Los resultados obtenidos en la investigación se pueden comparar con los resultados de la investigación de Mamani et al., (2012), y Sirpa (2022) donde registraron en sus respectivas investigaciones valores de conductividad eléctrica; 2,3 a 8,0 dS/m en el caso de Mamani, donde el autor señala que 2,3 dS/m es un valor Normal y 8,0 dS/m es un valor alto que indica problemas de salinidad en la composición del humus; mientras que en el caso de Sirpa los valores que obtuvo del análisis de laboratorio en su investigación se encontraron en un intervalo de 2,0 a 5 dS/m, los cuales fueron categorizados en rangos de 2,0 a 3,5 dS/m, señalando una óptima presencia de nutrientes, sin problemas de salinidad, aunque los valores superiores a 5,0 dS/m denotan una presencia alta de salinidad como consecuencia de la elevada conductividad eléctrica que presentó la materia prima.

5) *Materia Orgánica*

La tabla 12 muestra el análisis de varianza que se realizó a los valores de la materia orgánica, donde el p valor = 0,7234 es mayor a 0,05 indicando que el resultado fue No Significativo, lo cual señala que existe una igualdad estadística entre los tratamientos evaluados.

Tabla 12

Análisis de Varianza de la Materia Orgánica

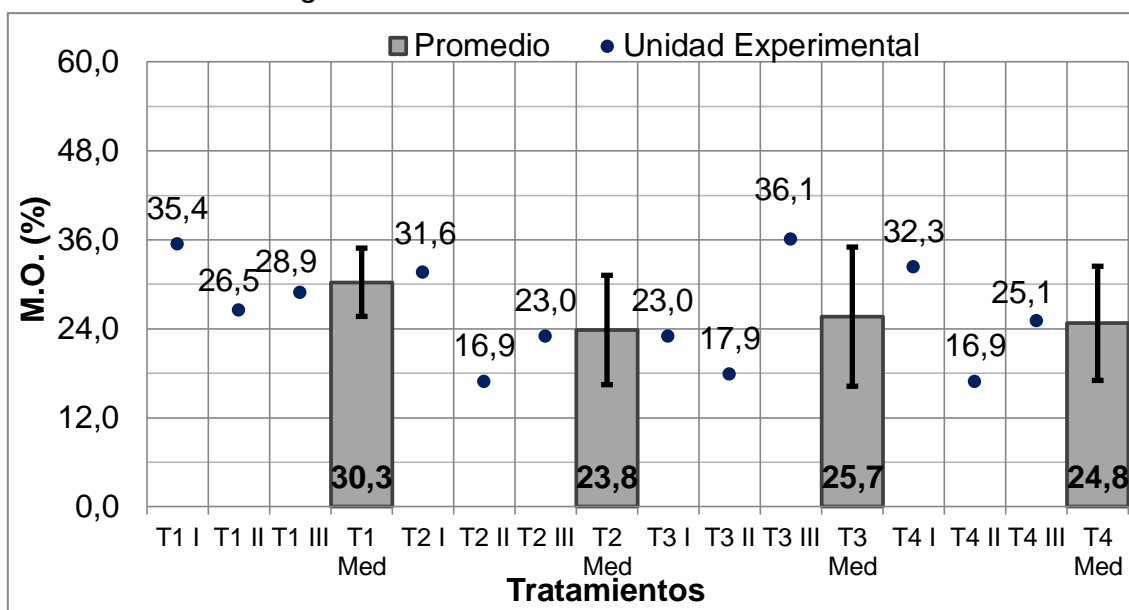
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo.	0,01	3	3,30E-03	0,45	0,7234	
Tratamientos	0,01	3	3,30E-03	0,45	0,7234	NS
Error	0,06	8	0,01			
Total	0,07	11				

CV = 16,12%

Los valores de la materia orgánica que se muestran en la figura 20, evidencian que el T1 obtuvo un promedio de $(30,27 \pm 4,60)\%$ resultando el mayor valor, mientras que el T2 con un promedio de $(23,83 \pm 7,39)\%$ fue el menor valor entre los tratamientos evaluados.

Figura 20

Valores de la Materia Orgánica de los Diferentes Tratamientos en la Producción



Dónde: T1: C1 AN1; T2: C2 AC; T3: C3 VI; T4: C4 AN2

Los promedios obtenidos de la materia orgánica presente en los humus oscilan al alrededor de 23,83 y 30,27 % entre todos los tratamientos, por lo cual se

establece que los resultados obtenidos cumplen de manera aceptable señalado por la normativa mexicana NMX-FF-109-SCFI-2008 referenciada por Ticante et al., (2018) que denota valores para materia orgánica entre 20 a 50 % en base seca.

6) *Nitrógeno Total*

La tabla 13 muestra el análisis de varianza que se realizó a los valores del nitrógeno total, señalando que el resultado fue No Significativo, debido a que el p-valor fue de 0,8135 siendo mayor a 0,05, lo cual indica que existe una igualdad estadística entre los tratamientos evaluados.

Tabla 13

Análisis de Varianza del Nitrógeno Total

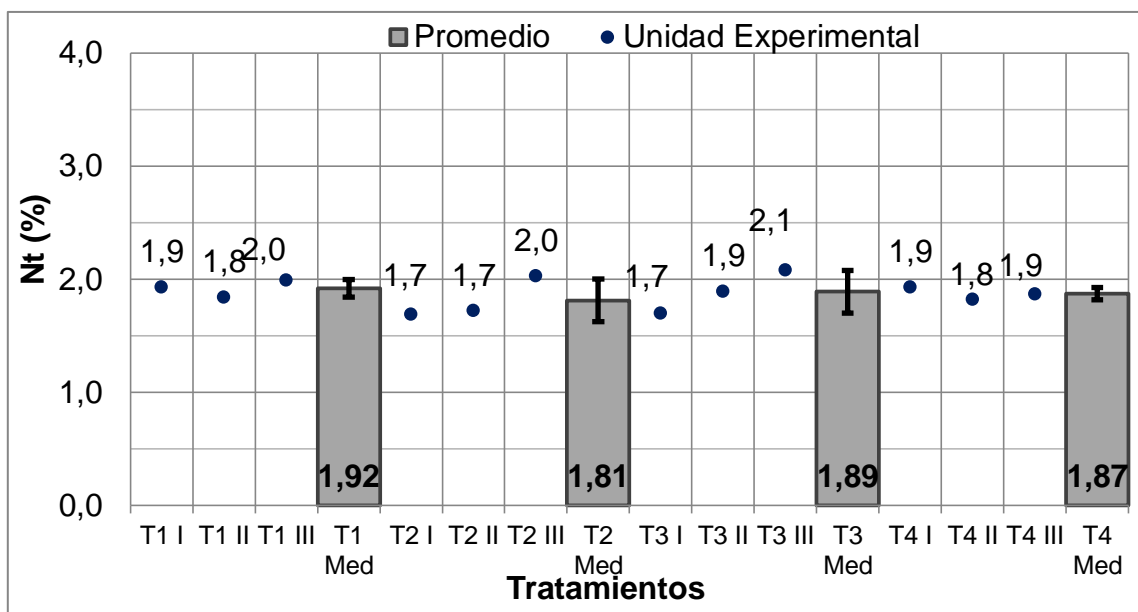
<u>F.V.</u>	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo.	2,60E-05	3	8,60E-06	0,32	0,8135	
Tratamientos	2,60E-05	3	8,60E-06	0,32	0,8135	NS
Error	2,20E-04	8	2,70E-05			
<u>Total</u>	2,40E-04	11				

CV = 3,8%

Los valores del nitrógeno total que se muestran en la figura 21, muestran que el T1 obtuvo un promedio de $(1,92 \pm 0,08)\%$ resultando el mayor valor, mientras que el T2 registró un promedio de $(1,81 \pm 0,19)\%$ siendo el menor valor alcanzado entre los tratamientos en estudio.

Figura 21

Valores de Nitrógeno Total de los Diferentes Tratamientos en la Producción



Dónde: T1: C1 AN1; T2: C2 AC; T3: C3 VI; T4: C4 AN2

El porcentaje de Nitrógeno total registrado en la investigación fue de 1,81 y 1,92 % en promedio entre todos los tratamientos, mostrando que la fluctuación de los valores obtenidos cumple con la norma mexicana NMX-FF-109-SCFI-2008 (1 a 4 % de Nitrógeno total) y la norma chilena NCH2880 (Mayor o igual a 0,8 % de Nitrógeno total).

Al respecto Sirpa (2022) registró valores entre 0,95 y 1,38 % de Nitrógeno total, y Pati (2021) obtuvo un porcentaje promedio de Nitrogeno total del 1,10 %. En ambos casos los valores son comparativamente similares a los porcentajes registrados por el análisis de laboratorio de esta investigación.

7) Relación Carbono Nitrógeno

La tabla 14 muestra el análisis de varianza que se realizó a los valores de la relación carbono nitrógeno que, donde el p valor = 0,7934 es mayor a 0,05

señalando que el resultado fue No Significativo, lo cual indica que existe una igualdad estadística entre los tratamientos en estudio.

Tabla 14

Análisis de Varianza de la Relación Carbono Nitrógeno

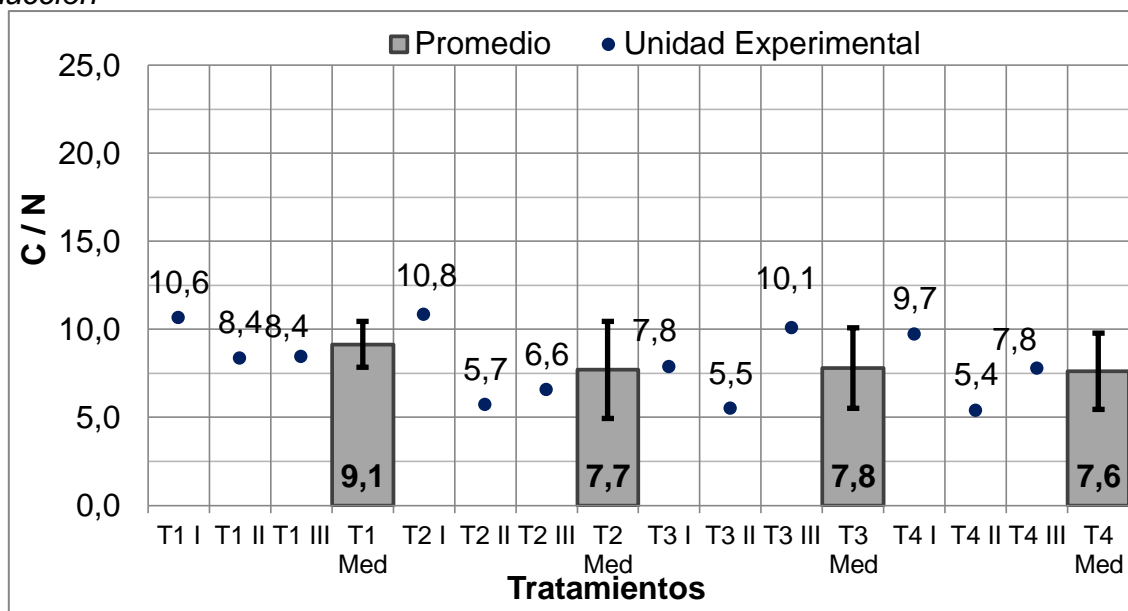
<u>F.V.</u>	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo.	0,16	3	0,05	0,35	0,7934	
Tratamientos	0,16	3	0,05	0,35	0,7934	NS
Error	1,21	8	0,15			
Total	1,37	11				

CV = 13,82%

Los valores de la relación carbono nitrógeno que se muestran en la figura 22, evidencian que el T1 obtuvo un promedio de $(9,14 \pm 1,30)$ resultando el mayor valor de C/N, mientras que el T4 obtuvo un promedio de $(7,63 \pm 2,16)$ resultando el menor valor de C/N entre los tratamientos evaluados.

Figura 22

Valores de la Relación Carbono Nitrógeno de los Diferentes Tratamientos en la Producción



Dónde: T1: C1 AN1; T2: C2 AC; T3: C3 VI; T4: C4 AN2

El cálculo de la relación carbono nitrógeno registró valores promedio entre 7,63 y 9,14, denotando además que estos valores están encasillados dentro de los rangos establecidos por las normativas mexicana ($C/N \leq a 20$) y chilena ($C/N \leq a 30$).

Pati (2021) obtuvo una relación C/N de 8,19 en su investigación, denotando que ingresa en rangos comparativos entre 8 y 11 de la relación carbono nitrógeno señalado por distintos autores.

Al respecto sobre los valores de C/N obtenidos en la investigación, Gamarra et al., (2018) señala que los valores de C/N menores a 15 estimulan la proliferación de microorganismos que realizan la mineralización de la materia orgánica, y en consecuencia existe una mayor disponibilidad de los nutrientes.

Por lo mencionado con anterioridad, el humus producido en esta investigación, siendo irrelevante la procedencia de los tratamientos evaluados, presenta una óptima disponibilidad de nutrientes, que pueden ser absorbidos por las plantas.

8) *Material Orgánico Particulado*

La tabla 15 muestra el análisis de varianza que se realizó a los valores del material orgánico particulado, donde el p valor = 0,4922 es mayor a 0,05 señalando que el resultado fue No Significativo, lo cual indica que existe una igualdad estadística entre los tratamientos en estudio.

Tabla 15

Análisis de Varianza del Material Orgánico Particulado

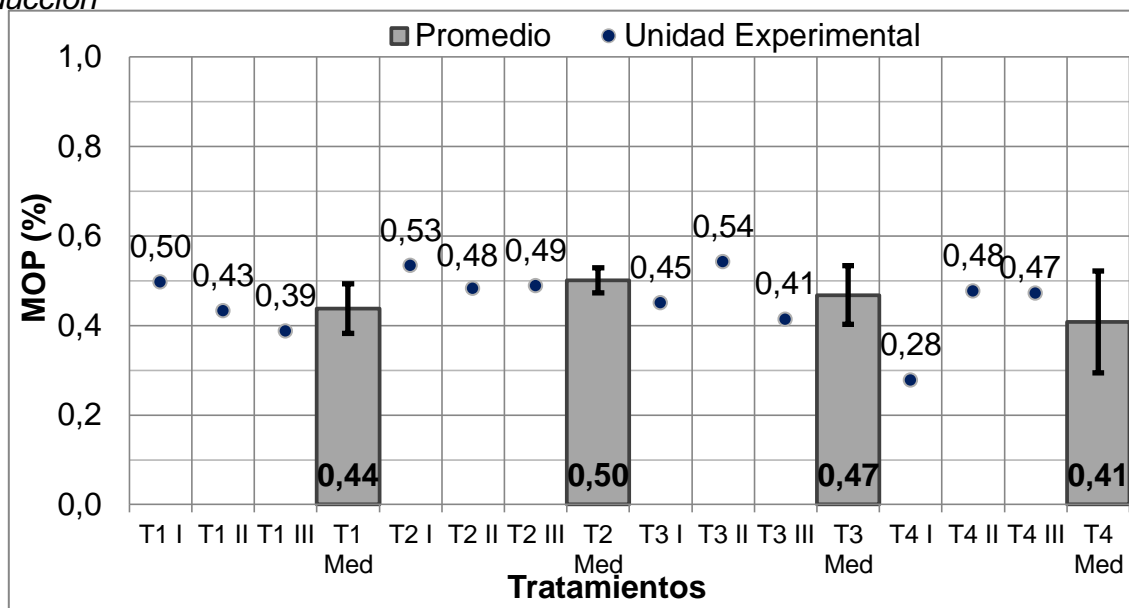
<u>F.V.</u>	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo.	8,70E-05	3	2,90E-05	0,88	0,4922	
Tratamientos	8,70E-05	3	2,90E-05	0,88	0,4922	NS
Error	2,70E-04	8	3,30E-05			
Total	3,50E-04	11				

CV = 8,57%

Los valores del material orgánico particulado que se muestran en la figura 23, señala que el T4 obtuvo un promedio de (0,41 ± 0,11)% resultando el menor valor ordinal, mientras que el T2 obtuvo un promedio de (0,50 ± 0,03)% resultando el mayor valor ordinal entre los tratamientos evaluados.

Figura 23

Valores del Material Orgánico Particulado de los Diferentes Tratamientos en la Producción



Dónde: T1: C1 AN1; T2: C2 AC; T3: C3 VI; T4: C4 AN2

Según Vanek (2018) la materia orgánica particulada está comprendida entre el tamaño de 0,250 a 2,00 mm, por tanto bajo esta metodología el contenido de material orgánico particulado que presentó el producto resultante, se encuentran en promedio entre 0,41 y 0,50% para todos los tratamientos.

El MOP en el humus de lombriz es el material orgánico proveniente de la materia prima que no ha sido digerido por las lombrices, por lo tanto la normativa mexicana NMX-FF-109-SCFI-2008 menciona la categorización tipo “Extra” de 0 a 3%, que se interpretaría como la categoría más elevada en las especificaciones de calidad dentro de esta normativa.

9) **Ácidos Húmicos**

La tabla 16 muestra el análisis de varianza que se realizó a los valores del extracto masa de ácidos húmicos donde el p valor = 0,5854 es mayor a 0,05 señalando que el resultado fue No Significativo, lo cual indica que existe una igualdad estadística entre los tratamientos en estudio.

Tabla 16

Análisis de Varianza del Extracto Masa de Ácidos Húmicos

<u>F.V.</u>	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo.	4,90E-03	3	1,60E-03	0,69	0,5854	
Tratamientos	4,90E-03	3	1,60E-03	0,69	0,5854	NS
Error	0,02	8	2,40E-03			
<u>Total</u>	0,02	11				

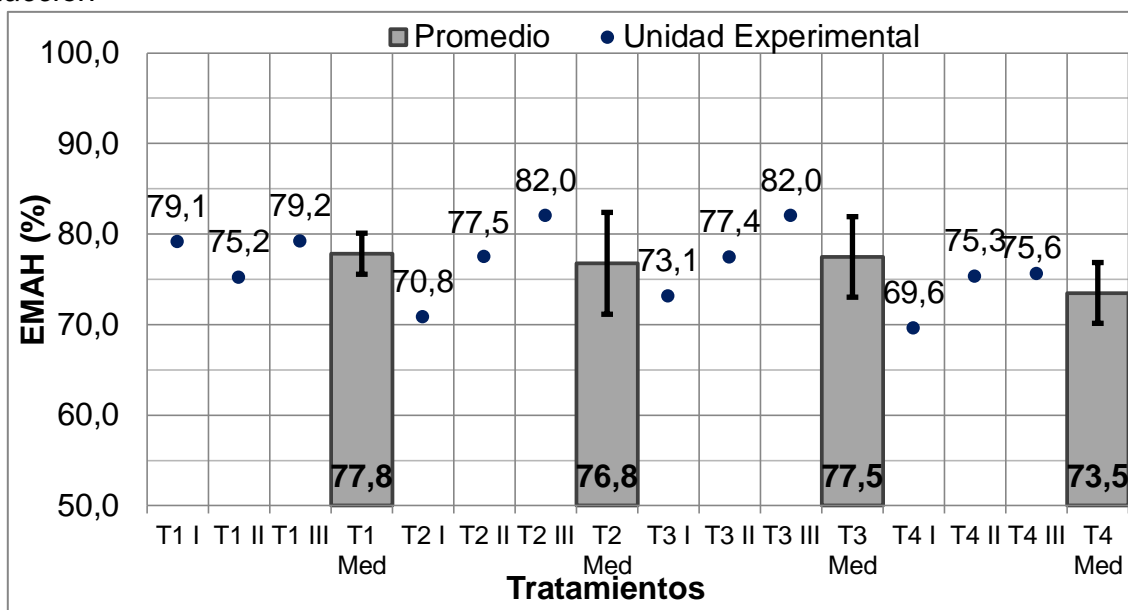
CV = 4,57%

Los valores del extracto masa de ácidos húmicos que se muestran en la figura 24, muestra que el T1 obtuvo un promedio de (77,83 ± 2,28)% siendo el mayor valor

registrado, mientras que el T4 obtuvo un promedio de $(73,50 \pm 3,38)\%$ resultando el menor valor entre los tratamientos evaluados.

Figura 24

Valores de Extracto Masa de Ácidos Húmicos de los Diferentes Tratamientos en la Producción



Dónde: T1: C1 AN1; T2: C2 AC; T3: C3 VI; T4: C4 AN2

El porcentaje de extracción de masa de los ácidos húmicos dio como resultado un promedio entre 77,83 y 73,50 % entre todos los tratamientos en estudio, indicando que los resultados son similares a los valores encontrados por Rodríguez et al., (2010), que en su investigación obtuvo un %EMAH de $(73,14 \pm 2,1) \%$ en un compostaje con estiércol de bovino.

10) Porcentaje de Germinación

La tabla 17 muestra el análisis de varianza que se realizó a los valores del índice de germinación, donde se señala que el p valor = 0,1812 fue mayor a 0,05

indicando que el resultado fue No Significativo, lo cual significa una igualdad estadística entre los tratamientos evaluados.

Tabla 17

Análisis de Varianza del Índice de Germinación

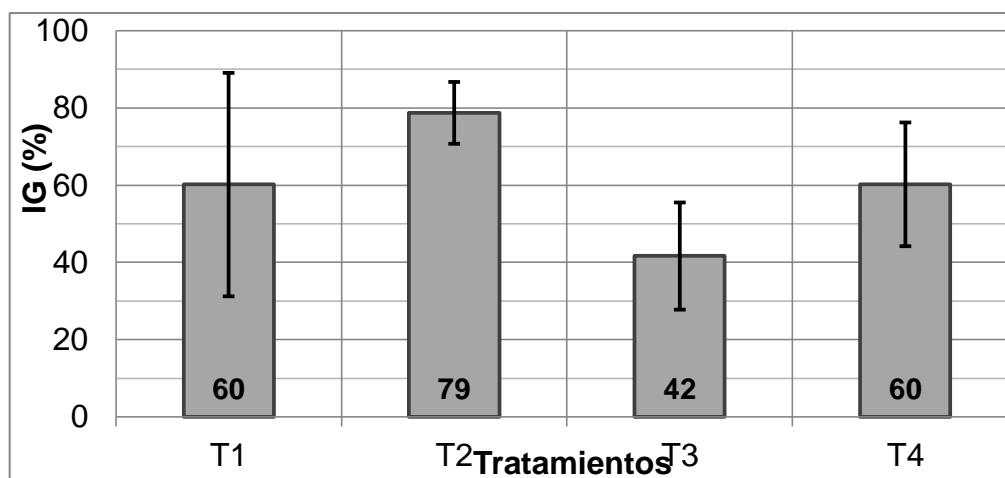
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo.	0,24	3	0,08	2,08	0,1812	
Tratamientos	0,24	3	0,08	2,08	0,1812	NS
Error	0,3	8	0,04			
Total	0,54	11				

CV = 21,67%

Los valores del índice germinativo que se muestran en la figura 25, evidencia que el T2 obtuvo un promedio de $(78,70 \pm 8,02)$ % siendo el mayor valor registrado, mientras que el T3 obtuvo un promedio de $(41,67 \pm 13,89)$ % resultando el menor valor entre los tratamientos en estudio.

Figura 25

Valores del Índice de Germinación de los Diferentes Tratamientos en la Producción



Dónde: T1: C1 AN1; T2: C2 AC; T3: C3 VI; T4: C4 AN2

Las normativas de calidad mexicana (NMX-FF-109-SCFI-2008) y chilena (NCH2880) señalan que un factor indirecto es la fitotoxicidad del abono producido mediante el índice de germinación de la especie *Raphanus sativus*, donde el rango señalado por ambas normativas debe ser $\geq 80\%$ de germinación.

Realizando una comparación entre los índices de germinación (IG) normativo y experimental se indica que el promedio de IG del tratamiento 2 se acerca al valor normativo, mientras que los demás tratamientos están por debajo del límite establecido en las normativas chilena y mexicana.

Al respecto Varnero, Rojas y Orellana (2007) indican que los índices germinativos iguales o mayores a 80% pertenecen a abonos maduros e índices germinativos menores a 80% tendrían la característica de continuar en un proceso de maduración, como es el caso de los resultados obtenidos en la investigación. Los mencionados autores señalan que las semillas de *R. sativus* presentan una mayor sensibilidad hacia algunas sustancias fitotóxicas, influyendo en el índice de germinación, por lo cual recomiendan incrementar el tiempo de maduración, para eliminar estos compuestos que presenta el abono orgánico.

b) PARÁMETROS DE CANTIDAD

1) Rendimiento en Masa

En cuanto al rendimiento en base a masa, el análisis de varianza de la tabla 18 señala que los distintos tratamientos pertenecientes a los distintos criaderos de lombrices no influyen en la cantidad de masa del rendimiento, teniendo de esta manera una igualdad estadística.

Tabla 18

Análisis de Varianza del Rendimiento en Base a Masa

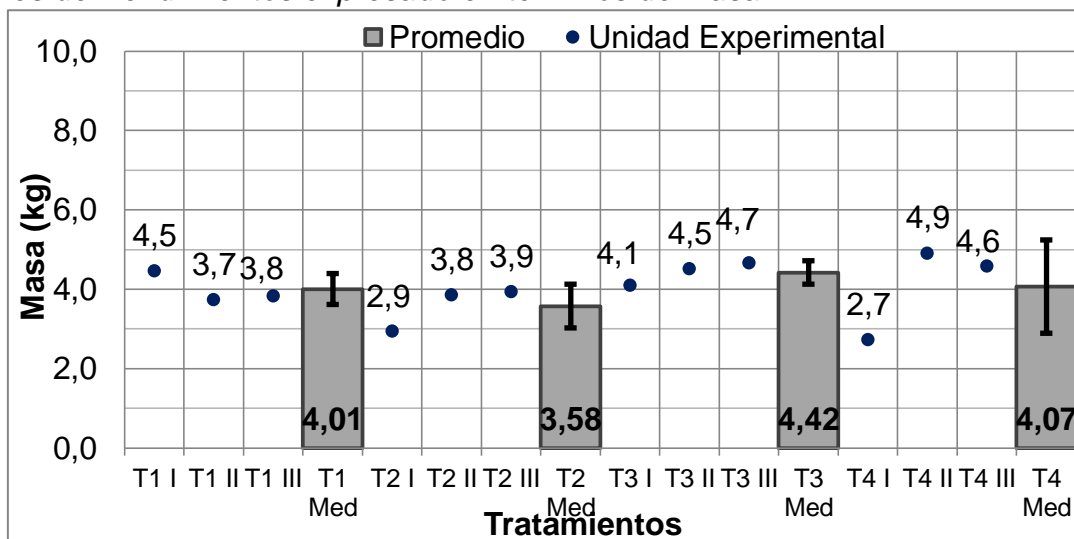
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo.	1,08	3	0,36	0,74	0,5558	
Tratamientos	1,08	3	0,36	0,74	0,5558	NS
Error	3,86	8	0,48			
Total	4,94	11				

CV = 17,28%

Al obtener el resultado no significativo de la variable rendimiento en base a masa, la figura 26 señala una variación numérica entre los distintos tratamientos, donde el mayor rendimiento fue el tratamiento 3 con 4,42 kg de masa de humus seco y el menor rendimientos corresponde al tratamiento 2 con 3,58 kg de masa de humus seco.

Figura 26

Valores de Rendimientos expresado en términos de Masa



Dónde: T1: C1 AN1; T2: C2 AC; T3: C3 VI; T4: C4 AN2

2) Rendimiento Porcentual De Masa

El análisis de varianza que se muestra en la tabla 19 indica que los distintos tratamientos pertenecientes a los distintos criaderos de lombrices no influyen en el rendimiento porcentual de masa, teniendo de esta manera una igualdad estadística.

Tabla 19

Análisis de Varianza del Rendimiento Porcentual de Masa

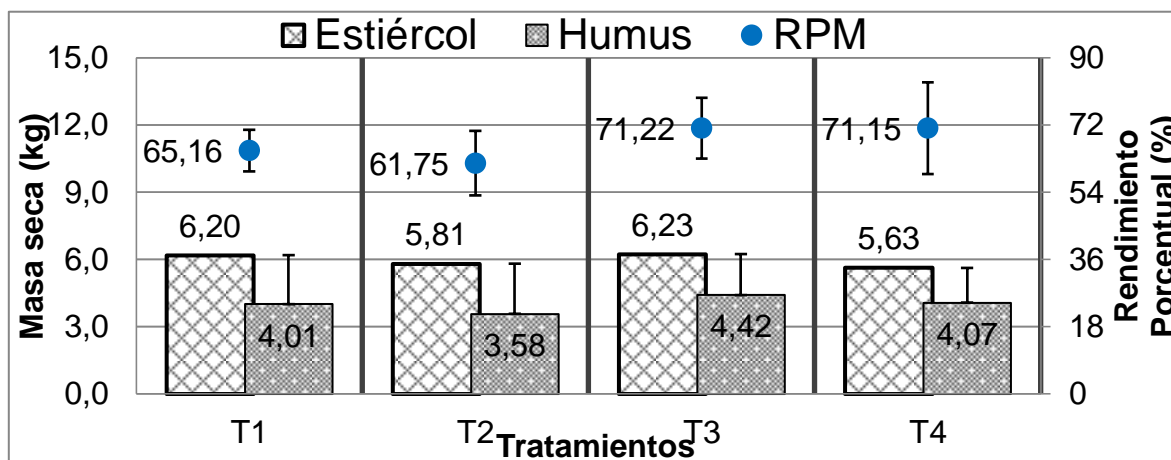
<u>F.V.</u>	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo.	0,02	3	0,01	0,8	0,5258	
Tratamientos	0,02	3	0,01	0,8	0,5258	NS
Error	0,08	8	0,01			
Total	0,1	11				

CV = 10,21%

De acuerdo a la figura 27, el humus que obtuvo visualmente un mejor rendimiento porcentual fue el tratamiento 3 con 71,22%, seguido del tratamiento 4 con 71,15%, posteriormente le sigue el tratamiento 1 con 65,16% y finalmente el tratamiento 2 obtuvo un 61,75%.

Figura 27

Rendimiento Porcentual en Base a Masa



Dónde: T1: C1 AN1; T2: C2 AC; T3: C3 VI; T4: C4 AN2

La tabla 20 presenta datos comparativos promedios de rendimientos en base a masa y el rendimiento porcentual (%RPM) que se obtuvieron de los tratamientos evaluados en la investigación, donde se comparan estos valores porcentuales de rendimiento con distintos autores; en el caso de Sirpa (2022) presenta en promedio 72,5 % RPM similar a los datos obtenidos en la investigación. Sin embargo Rojas (2005) presentó un RPM del 51,6%, aunque se debe considerar que su investigación fue realizada en otras condiciones ambientales, como es el caso de Sud Yungas.

Tabla 20

Comparación del Rendimiento Porcentual

Parámetros	Tratamientos				Sirpa (2022)	Rojas (2005)
	T1	T2	T3	T4		
Masa Inicial (kg)	6,2	5,8	6,2	5,6	8	86
Masa Cosecha (kg)	4,0	3,6	4,4	4,1	5,8	44,4
Rendimiento Porcentual Gravimétrico (%)	65,16	61,75	71,22	71,15	72,5	51,6

Dónde: T1: C1 AN1; T2: C2 AC; T3: C3 VI; T4: C4 AN2

Cabe aclarar los valores ligados al rendimiento porcentual de masa son parámetros experimentales que denotan un mayor valor referencial, para expresar la descripción productiva de los diferentes tratamientos.

5.1.3. ANÁLISIS ECONÓMICO

La tabla 21 muestra un análisis económico, donde el tratamiento que tuvo el mayor costo de producción fue el T3 con 127,2 Bs, mientras que el T2 tuvo el menor

costo productivo con 97,8 Bs. En cuanto a la relación Beneficio Costo, el menor valor fue del tratamiento 4 obteniendo 1,13; lo que significaría que por 1 Bs invertido, se obtiene 0,13 Bs de ganancia. Finalmente el tratamiento 1 consiguió el mayor valor de B/C con 1,74 lo que indicaría que por 1 Bs invertido, se obtiene 0,74 Bs de ganancia.

Tabla 21

Evaluación Económica de los Tratamientos

Tratamiento	Costo Total	Rendimiento (mhH)*	Ingreso Bruto	Ingreso Neto	B/C	Rentable
	Bs	kg	Bs	Bs	Bs	B/C > 1 → R B/C < 1 → NR
T1	104,2	28,6	285,6	181,3	1,74	R
T2	97,8	26,7	266,8	169,0	1,73	R
T3	127,2	30,8	308,4	181,2	1,42	R
T4	120,4	25,7	257,0	136,6	1,13	R

(*): Rendimiento en términos de masa húmeda de humus.

Dónde: T1: C1 AN1; T2: C2 AC; T3: C3 VI; T4: C4 AN2

5.2. FENOLOGÍA

5.2.1. COMPORTAMIENTO DE LA OVIPOSICIÓN

El tratamiento 1 presentó al inicio 8 cocones, pasando al segundo día donde alcanzó 27 cocones, el cuarto día obtuvo 16 cocones, el sexto día 11 cocones, sin embargo el octavo día de muestreo se registraron 27 cocones nuevamente. En total se produjeron 89 cocones para este tratamiento.

El tratamiento 2 registró el día de inicio 9 cocones, aumentando hasta 25 cocones en el segundo día, manteniendo esa cantidad también el cuarto día, el sexto día se observaron 19 cocones y finalmente el último día 23 cocones fueron registrados. En total se produjeron para este tratamiento 101 cocones.

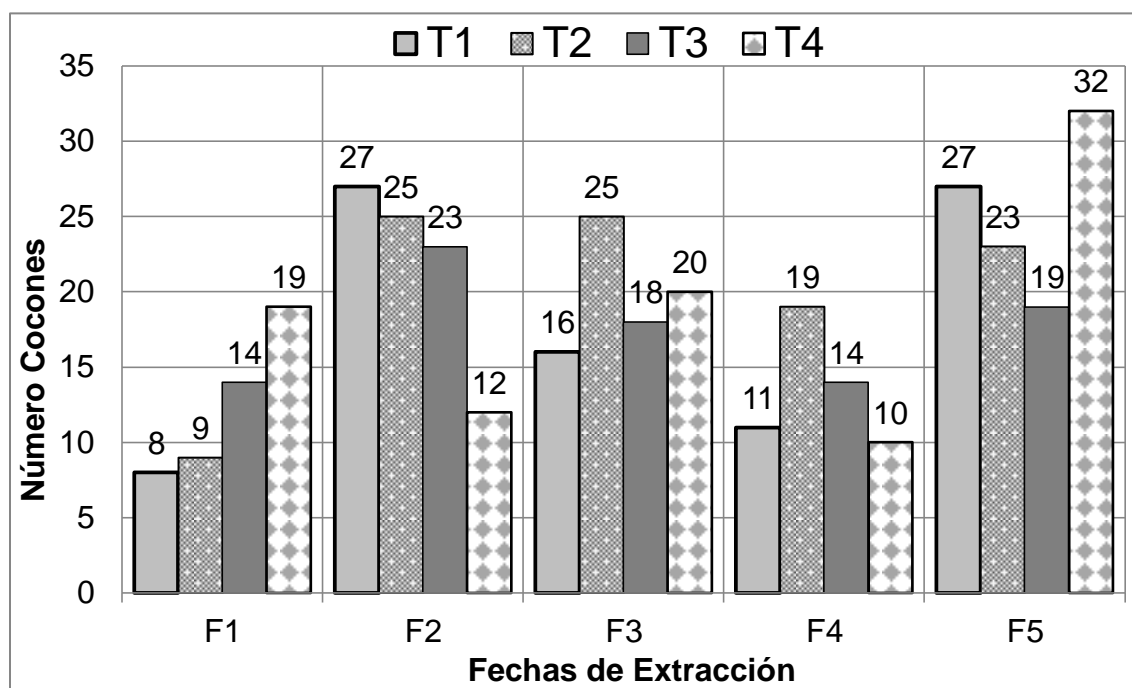
El tratamiento 3 presentó el día de inicio 14 cocones, el segundo día aumento hasta 23 cocones, el cuarto día bajo la cantidad observando 18 cocones, el sexto día solamente se cuantificó 14 cocones y el octavo día se registró 19 cocones. Este tratamiento presento 88 cocones en total.

El tratamiento 4 registró 19 cocones el día de inicio, 12 cocones el segundo día, 20 cocones el cuarto día, 10 cocones el sexto día y 32 cocones el octavo día. Realizando una sumatoria de este tratamiento, se contabilizó 93 cocones en total.

La figura 28 muestra la representación gráfica acerca del comportamiento cronológico de la oviposición, donde se extrajeron cocones desde el día 0 hasta el octavo día, siendo registrado el valor de oviposición con una frecuencia cada 48 horas.

Figura 28

Comportamiento Cronológico de la Oviposición de Cocones



Dónde: T1: C1 AN1; T2: C2 AC; T3: C3 VI; T4: C4 AN2

La tabla 22 indica el número de cocones que colocaron las lombrices, donde los valores oscilan en el rango promedio de 1,8 y 2,0 cocones/lombriz.

Con relación a esta variable, Martínez et al., (2018) obtuvo un promedio entre 5,1 y 5,5 cocones/lombriz durante una semana de evaluación, con temperaturas promedio de 27°C. Aunque en contraste Lopez et al., (2008) señala que la producción de cocones en su investigación fue de 4,5 y 0,2 cocones/lombriz.

También se cuantificaron el número de cocones por cada día, de las 50 lombrices que se evaluaron, donde los datos en promedio se encuentran entre 11,0 y 12,6 cocones/día de 50lombrices. Sin embargo la producción de cocones diaria por cada lombriz se encuentra en el rango de 0,22 y 0,25 cocones/lombriz/día.

Al respecto Domínguez y Gómez, (2010) señalan que la producción de cocones por día para esta especie de lombriz (*E. foetida*) contempla entre 0,3 y 0,5 cocones por día. Además Indican que la temperatura a la cual se puede obtener este valor diario de cocones es de 25°C. Por lo cual los valores registrados en la investigación son menores en comparación con los obtenidos por Domínguez y Gómez, aunque la temperatura promedio fue de 18°C influyendo en la cantidad de cocones ovipositados por cada lombriz al día.

Tabla 22*Conteo de Cocones por tratamiento*

Tratamientos	Número Lombrices	Cocones por Tratamiento (Sumatoria)	Cocones / Lombriz	*Cocones / Día	Cocones / Día
T1	50	89 ± 8,9	1,8 ± 0,2	11,1 ± 1,1	0,22 ± 0,02
T2	50	101 ± 6,7	2,0 ± 0,1	12,6 ± 0,8	0,25 ± 0,02
T3	50	88 ± 3,8	1,8 ± 0,1	11,0 ± 0,5	0,22 ± 0,01
T4	50	93 ± 8,6	1,9 ± 0,2	11,6 ± 1,1	0,23 ± 0,02

Nota: (*) Número de cocones por cada día, de las 50 lombrices progenitoras.

Dónde: T1: C1 AN1; **T2:** C2 AC; **T3:** C3 VI; **T4:** C4 AN2

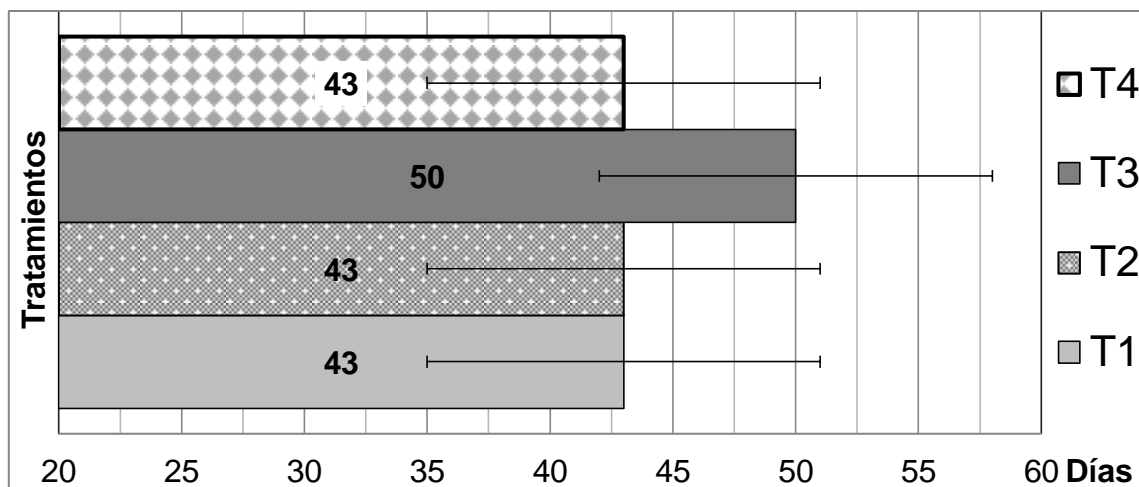
Martinez et al., (2018) y Lopez et al., (2008) que realizaron estudios en Colombia y Nicaragua respectivamente, con temperaturas promedio de 27 °C en las cunas productivas, señalan que la temperatura cumple un factor determinante en la producción de cocones, por lo cual en contraste, el lugar donde se realizó el proyecto de investigación se registró en el sustrato reproductivo la temperatura promedio de $18,7 \pm 3,8$ °C con una amplitud térmica de 16,1 °C entre máximas y mínimas, reduciendo la cantidad en la oviposición de cocones.

5.2.2. TIEMPO DE INCUBACIÓN DE COCONES

Considerando; que se tiene un intervalo de extracción de cocones desde el primer hasta el octavo día, con una frecuencia de extracción día por medio; la figura 29 muestra que los tratamientos 1, 2 y 4 obtuvieron 43 días para la eclosión, siendo el menor valor de tiempo de incubación y en el tratamiento 3 la eclosión aconteció a los 50 días.

Figura 29

Intervalo de Días de Incubación desde la Oviposición hasta la Eclosión



Dónde: T1: C1 AN1; T2: C2 AC; T3: C3 VI; T4: C4 AN2

Domínguez, (2010) señala que las lombrices *E. foetida* presentan un ciclo corto de incubación que abarca desde los 18 hasta los 29 días; sin embargo, Roman, Martinez y Pantoja (2013) señalan que la especie *E. foetida* conocida comercialmente como lombriz roja californiana, tiene un periodo de incubación de 14 a 44 días, en sustratos donde la temperatura oscilan entre 19 y 25 °C, 80% de humedad y entre 6,5 y 7,5 de pH.

Por tanto, el periodo de incubación, que abarca desde la oviposición de cocones hasta la eclosión de lombrices ingresa en el rango señalado por Roman, Martinez y Pantoja (2013), tomando en cuenta que la temperatura del sustrato fue entre 15 °C,

5.2.3. COMPORTAMIENTO DE LA ECLOSIÓN

Los valores promedio por tratamiento de los días 43, 50 y 57 que se muestran en la tabla 23, indican que el tratamiento 1 ($11,4 \pm 8,6$ lombrices) es mayor a los

demás tratamientos, mientras que el tratamiento 3 ($3,0 \pm 2,6$ lombrices) registró el menor valor promedio.

Tabla 23

Conteo de Lombrices Eclosionadas

Tratamientos	Conteo de Lombrices Eclosionadas		
	Día 43	Día 50	Día 57
T1	0,8	2,2	11,4
T2	0,4	0,8	5,6
T3	0	0,8	3,0
T4	0,6	2,0	6,6

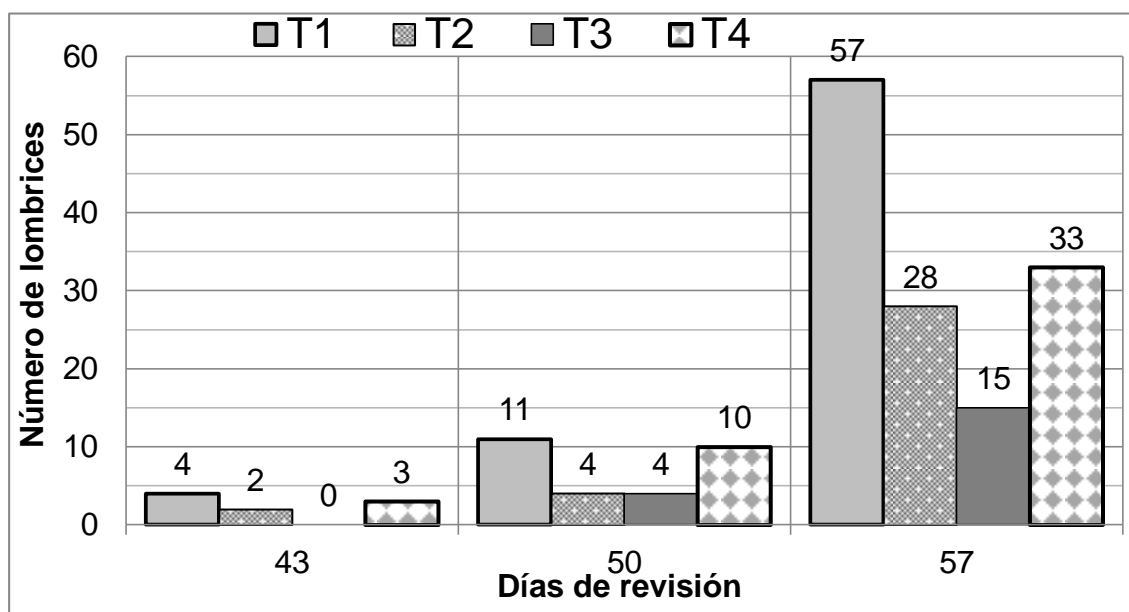
Dónde: T1: C1 AN1; T2: C2 AC; T3: C3 VI; T4: C4 AN2

La Figura 33, muestra la sumatoria acumulada para cada tratamiento, registrando el día 43 la primera eclosión de lombrices para los tratamientos 1, 2 y 4 con 4, 2 y 3 lombrices respectivamente; en el día 50 aconteció la primera eclosión del tratamiento 3 con 4 lombrices registradas.

La figura 30 muestra la sumatoria de lombrices eclosionadas a partir del día 43 hasta el día 57. Se puede observar que el día 43 los tratamientos 1, 2 y 4 presentaron la primera eclosión, registrándose 4, 2 y 3 lombrices respectivamente; mientras que el día 50 se registró la primera eclosión para el tratamiento 3 registrándose el nacimiento de 4 lombrices.

Figura 30

Comportamiento Sumatorio Eclosomal de Cocones



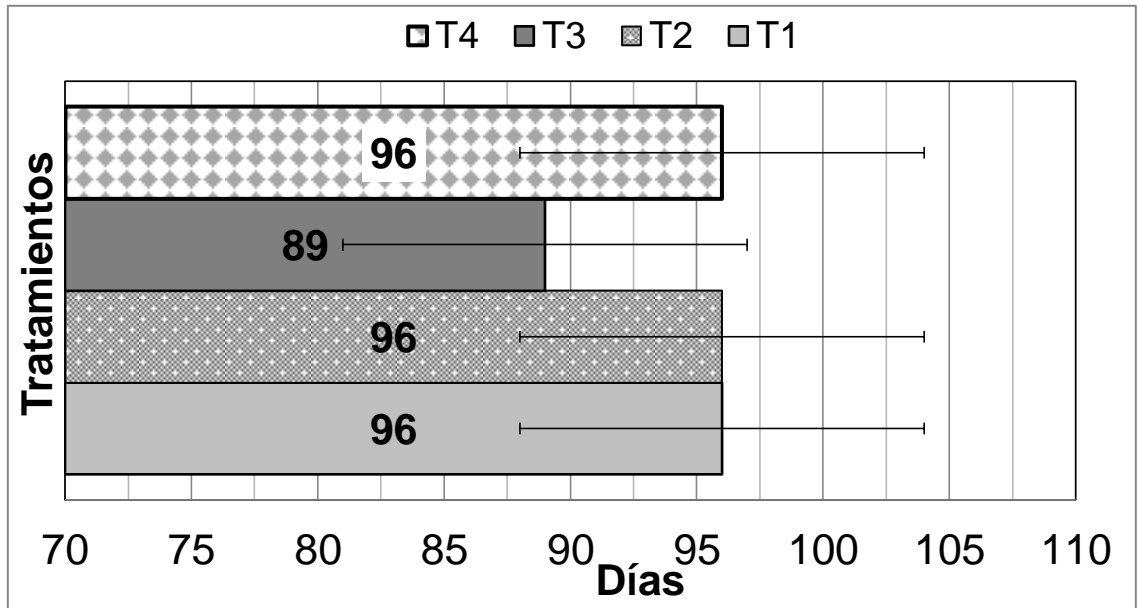
Dónde: T1: C1 AN1; T2: C2 AC; T3: C3 VI; T4: C4 AN2

5.2.4. TIEMPO DE CRECIMIENTO DE LAS LOMBRICES

Esta variable evaluó a las lombrices provenientes de la incubación de cocones y eclosión de lombrices, donde la figura 31 señala el número de días de crecimiento desde la eclosión hasta alcanzar la adultez reproductiva; siendo los tratamientos 1, 2 y 4 los tratamientos que alcanzaron esta etapa a los 96 días, y el tratamiento 3 alcanzó la etapa adulta en menor tiempo a los 89 días.

Figura 31

Intervalo de Días de Crecimiento desde la Eclosión hasta la Adultez



Dónde: T1: C1 AN1; T2: C2 AC; T3: C3 VI; T4: C4 AN2

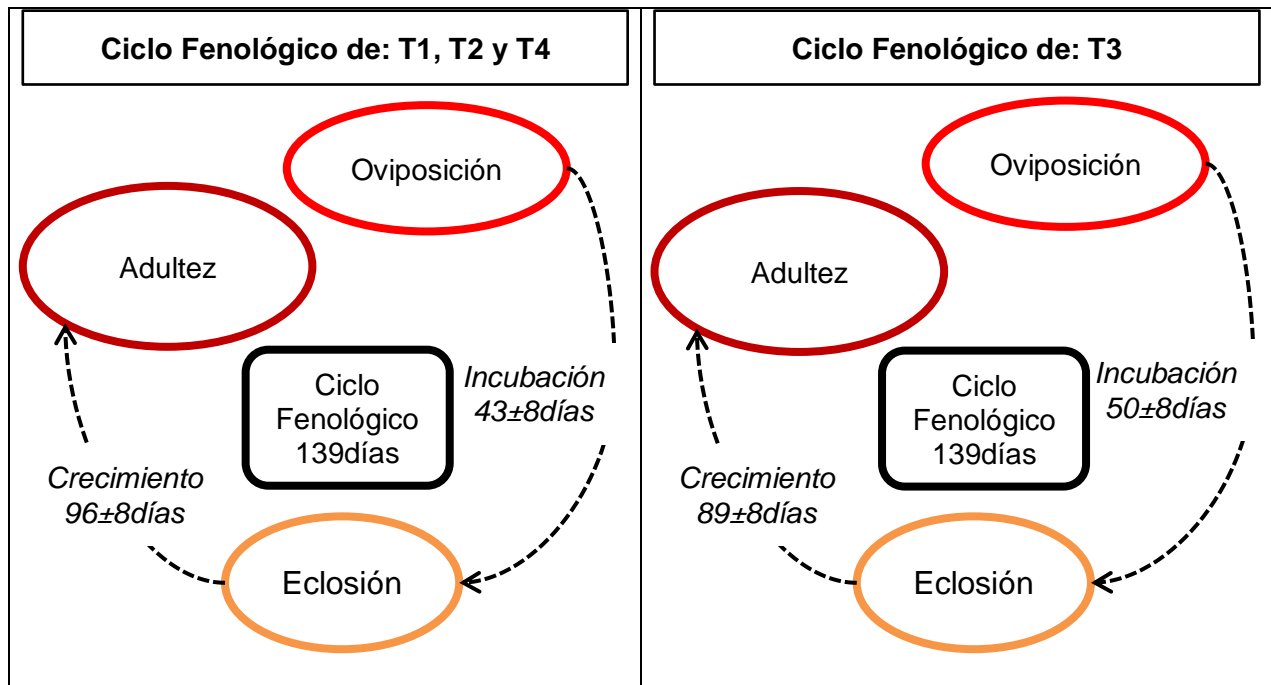
Al respecto varios autores; (Feruzzi, 1986; Sanzo, 1999; Román, Martínez y Pantoja, 2013; Blanco, 2020; indican que las lombrices rojas californianas (*E. foetida*) alcanzan la adultez y posterior madurez sexual a los 90 días desde la eclosión. Por tal conjetura, los resultados registrados para los tratamientos en estudio (86 y 96 días) tienen bastante relación con los valores señalados por los anteriores autores.

5.2.5. CICLO FENOLÓGICO DE LAS LOMBRICES

La figura 32 muestra ilustrativamente el número de días del ciclo fenológico, señalando la fase de oviposición de cocones, la etapa de incubación, la fase de eclosión de lombrices, la etapa de crecimiento y fase de la adultez reproductiva.

Figura 32

Ciclo Fenológico Diferenciado por Tratamientos



Dónde: T1: C1 AN1; T2: C2 AC; T3: C3 VI; T4: C4 AN2

Los resultados obtenidos señalan que se tiene una variación de ± 8 días en cada etapa fenológica, donde: el tratamiento 3 se registró (50 ± 8) Días para la eclosión de lombrices y (89 ± 8) Días hasta alcanzar la adultez reproductiva; en contraste los tratamientos 1, 2 y 4 se registraron (43 ± 8) Días para la eclosión de lombrices y (96 ± 8) Días hasta alcanzar la etapa de adultez.

La tabla 24 muestra los resultados promedio, denotando el intervalo de tiempo para la eclosión, el intervalo de tiempo hasta alcanzar la adultez y el intervalo de tiempo de todo el ciclo fenológico, perteneciente a los diferentes tratamientos en estudio.

Tabla 24*Días del Ciclo Fenológico*

Tratamientos	OVC	ECL	AD	Ciclo Total
T1	0	43 ± 8	96 ± 8	139 ± 8
T2	0	43 ± 8	96 ± 8	139 ± 8
T3	0	50 ± 8	89 ± 8	139 ± 8
T4	0	43 ± 8	96 ± 8	139 ± 8

Nota: **OVC:** Oviposición de Cocones; **ECL:** Eclosión de Lombrices; **AD:**

Adulter.

Dónde: **T1:** C1 AN1; **T2:** C2 AC; **T3:** C3 VI; **T4:** C4 AN2

Román, Martínez y Pantoja (2013), indican que la duración del ciclo total comprendido desde la oviposición de cocones, pasando por la eclosión y el crecimiento de lombrices, hasta la adultez sexual oscilan entre 108 y 112 días.

Blanco (2020) señala que esta etapa tiene una duración total de 111 días, desde la oviposición hasta el alcanzar la madurez sexual, presentando el clitelio abultado, lugar donde se desarrollan los cocones, comenzando nuevamente el ciclo fenológico.

En cuanto a los resultados de la investigación, se puede señalar que no existe una variación significativa, puesto que por los valores entre (89 ± 8) y (96 ± 8) días, reafirman que las lombrices de todos los tratamientos tienen el mismo tiempo de crecimiento en promedio desde la puesta de cocones hasta la adultez sexual.

Sin embargo, los valores obtenidos dentro la investigación se registraron entre los meses de Marzo a Julio, con 15 °C de temperatura promedio en el sustrato, un pH entre 9,0 y 8,0, incrementando directamente la cantidad de días de crecimiento y desarrollo de las lombrices como señalan Durán y Henríquez (2009)

5.3. MORFOLOGÍA

5.3.1. CRECIMIENTO LONGITUDINAL

En la figura 33, se pudo identificar durante el tiempo transcurrido de 118 días de evaluación que por tratamientos, el crecimiento longitudinal de las lombrices fue paulatino provenientes; viendo que en el primer día evaluativo se obtuvieron los valores iniciales correspondientes a los tratamientos 1, 2, 3 y 4, denotando una longitud de 1,4; 1,2; 1,3 y 1,3 centímetros respectivamente.

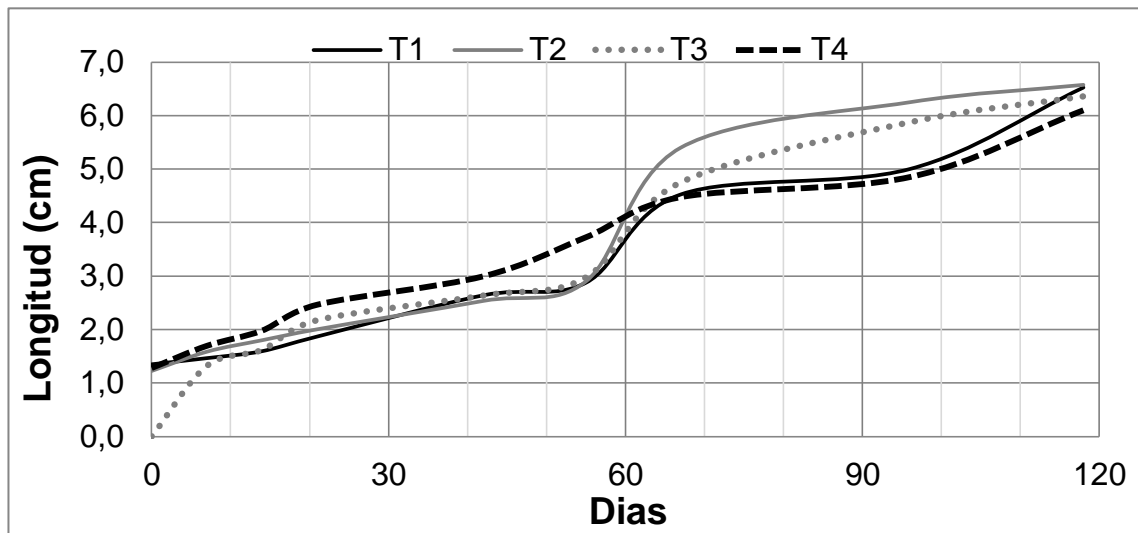
En el día 55 de evaluación, el tratamiento 4 alcanzó una mayor longitud con 3,7cm en promedio, señalando además que los tratamientos 3, 2 y 1 presentaron valores similares de longitud los cuales fueron 3,0; 2,9 y 2,9 cm respectivamente.

Para el día 67, se registró un mayor crecimiento del tratamiento 2 que alcanzó una longitud promedio de 5,4 cm, a la vez que los demás tratamientos 1, 2, y 4 crecieron solamente hasta 4,5; 4,8 y 4,5 cm respectivamente.

Finalmente, al cabo de 118 días de evaluación, el tratamiento 2 obtuvo una longitud de 6,6cm, seguido por el tratamiento 1 que presentó un valor de 6,5cm. El tratamiento 3 registró una longitud final de 6,4cm y por último el tratamiento 4 denotó una longitud de 6,1cm.

Figura 33

Crecimiento Longitudinal de lombrices



Dónde: T1: C1 AN1; T2: C2 AC; T3: C3 VI; T4: C4 AN2

Debido a las condiciones ambientales que se presentaron dentro los sustratos en la descripción morfológica; Durán y Henríquez, (2009), señalan que es posible obtener resultados de la longitud en la etapa de crecimiento de las lombrices distinto a los señalados por diferentes autores, debido a que esta variable está relacionada con el tipo de sustrato en el que viven y se desarrollan, en consecuencia los parámetros ambientales influyeron en el crecimiento de las lombrices.

Canales et al., (2021) Indica que las lombrices rojas alcanzan 5,1 cm de longitud a los 40 días, en un sustrato orgánico (estiércol de alpaca) y mineral (tierra agrícola y piedra), alimentadas con residuos orgánicos como maíz, zapallo, camote y papa.

De acuerdo a los autores mencionados con anterioridad, el alimento ofertado afecto de igual manera a todos los tratamientos; por lo cual se resalta que el tratamiento 4 creció desde los 60 a 90 días solamente en 1,2 cm y el tratamiento 2

alcanzó un mayor crecimiento longitudinal, registrando desde el día 60 hasta el día 90 un valor de 3,4 cm.

5.3.2. LONGITUD DE LOMBRICES ADULTAS

Los valores de análisis de varianza mostrados en la tabla 25 corresponden a la longitud de las lombrices adultas que fueron progenitoras, provenientes de la primera etapa perteneciente a la descripción fenológica, siendo el p-valor = 0,1424 mayor a 0,05 indicando que el resultado fue No Significativo, en consecuencia se determinó que todos los tratamientos presentan una igualdad estadística. Por tanto los diferentes criaderos presentan lombrices adultas de igual tamaño en su longitud morfológica.

Tabla 25

Análisis de Varianza de la Longitud de Lombrices Adultas

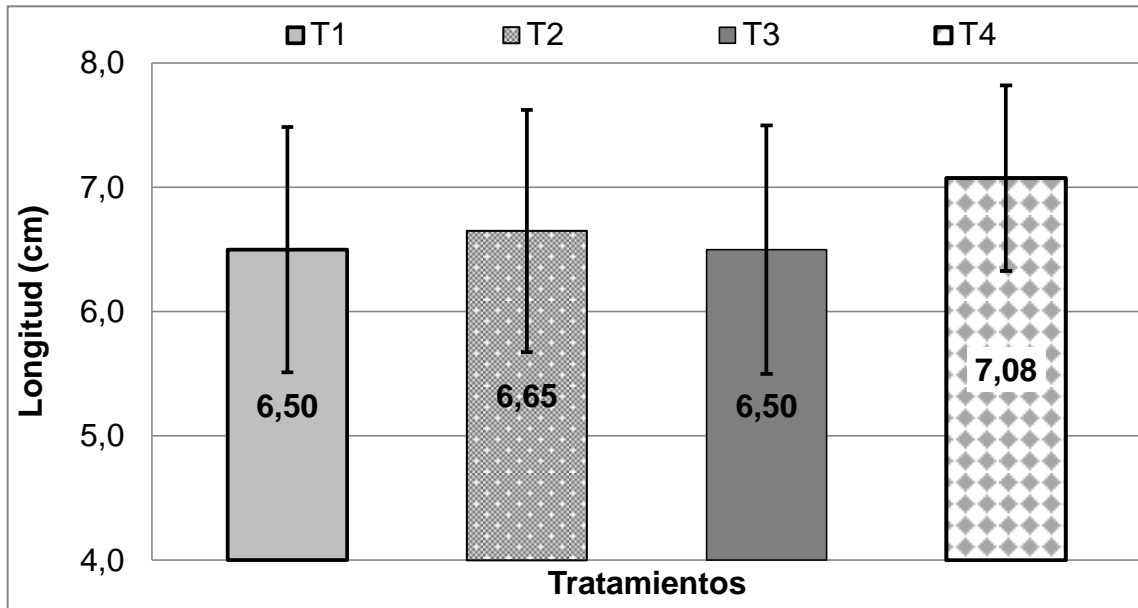
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo.	4,43	3	1,48	1,87	0,1424	
Tratamientos	4,43	3	1,48	1,87	0,1424	NS
Error	60,19	76	0,79			
Total	64,62	79				

CV = 13,32%

En la figura 34 se muestra la representación gráfica de valores promedio tomados de 20 lombrices adultas progenitoras comparando los tratamientos en estudio. Al respecto, se indica que el tratamiento 4 presenta una longitud promedio de $(7,08 \pm 0,75)$ cm siendo el mayor valor en comparación numérica a los tratamientos 1, 2 y 3, donde presentaron $(6,50 \pm 0,99)$ cm; $(6,65 \pm 0,97)$ cm y $(6,50 \pm 0,83)$ cm respectivamente.

Figura 34

Longitud de Lombrices Adultas



Dónde: T1: C1 AN1; T2: C2 AC; T3: C3 VI; T4: C4 AN2

Realizando una comparación con los resultados obtenidos; mencionados anteriormente; Ccasani (2012) señala en su investigación que la longitud de la lombriz fue entre 7,5 y 7,7 cm en promedio, señalando que se utilizó lombrices rojas californianas en un sustrato de estiércol y compost

Reynolds, (1977) señala que *E. foetida* es una especie que habita en sustratos como estiércol, montones de compost y suelos con alta materia orgánica, tiene una longitud entre 3,5 a 12 cm.

Debido a esta conjetura las lombrices rojas californianas que se evaluaron en la investigación, cumplen con la característica morfológica longitudinal de establecer una relación con la especie *E. foetida*.

5.3.3. DIÁMETRO DE LOMBRICES ADULTAS

La tabla 26 muestra los valores de análisis de varianza que corresponden al diámetro de las lombrices adultas que fueron progenitoras, provenientes de la primera etapa perteneciente a la descripción fenológica, siendo que el resultado obtenido muestra un p-valor de 0,2312 mayor a 0,05, señalando que el experimento fue No Significativo para tratamientos; por tanto, se indica que el diámetro de las lombrices de los diferentes criaderos, son estadísticamente iguales.

Tabla 26

Análisis de Varianza del Diámetro de Lombrices Adultas

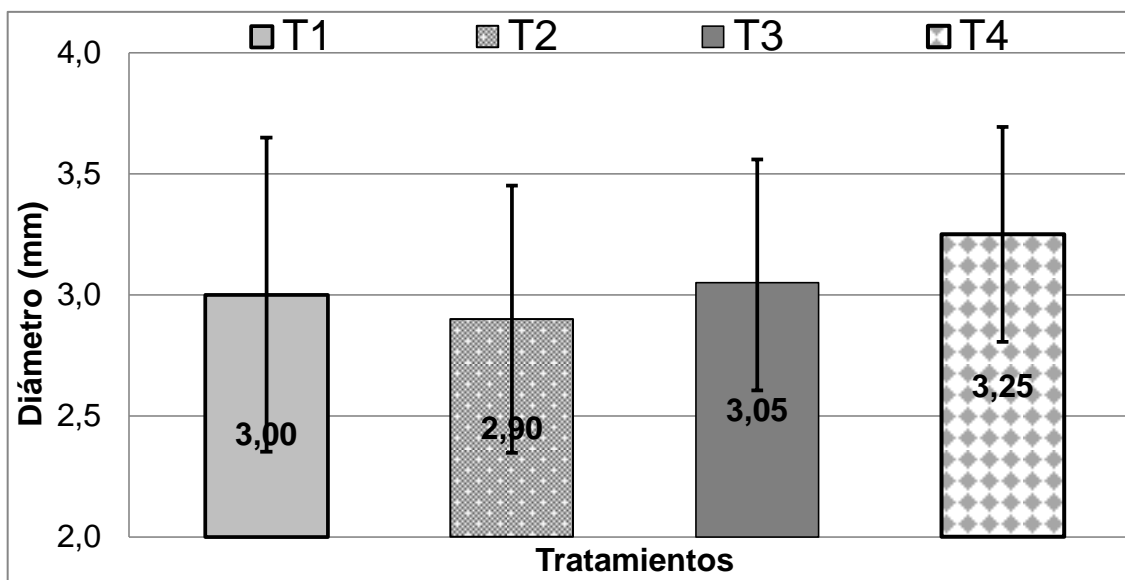
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo.	1,3	3	0,43	1,46	0,2312	
Tratamientos	1,3	3	0,43	1,46	0,2312	NS
Error	22,5	76	0,3			
Total	23,8	79				

CV = 17,84%

En la figura 35 se muestran los valores promedios de los diámetros que presentaron los individuos, donde las lombrices del tratamiento 4 tienen $(3,25 \pm 0,44)$ mm en promedio, que es mayor numéricamente a las demás lombrices de los tratamientos 1, 2 y 3, que han presentado los valores promedio de $(3,0 \pm 0,65)$ mm; $(2,90 \pm 0,55)$ mm y $(3,05 \pm 0,51)$ mm respectivamente.

Figura 35

Diámetro de Lombrices Adultas



Dónde: T1: C1 AN1; T2: C2 AC; T3: C3 VI; T4: C4 AN2

Al respecto, Reynolds, (1977) indica que las lombrices de la especie *E. foetida* tienen un diámetro de 3 a 5 mm; por lo cual al existir una igualdad en los resultados obtenidos, se puede afirmar en promedio 3,05 mm de diámetro de todos los tratamientos, identificando que se trata de la lombriz californiana (*E. foetida*), debido que cumple con este parámetro morfológico.

5.3.4. NÚMERO DE ANILLOS DE LOMBRICES ADULTAS

Los valores de análisis de varianza que denota la tabla 27 corresponden al conteo total de anillos de las lombrices adultas que fueron progenitoras, provenientes de la primera etapa perteneciente a la descripción fenológica, siendo que el resultado muestra un p-valor de 0,6171 mayor a 0,05 señalando que el resultado fue No Significativo para tratamientos, indicando que el número de anillos de las lombrices son estadísticamente iguales entre los diferentes criaderos.

Tabla 27

Análisis de Varianza del Número de Anillos de Lombrices Adultas

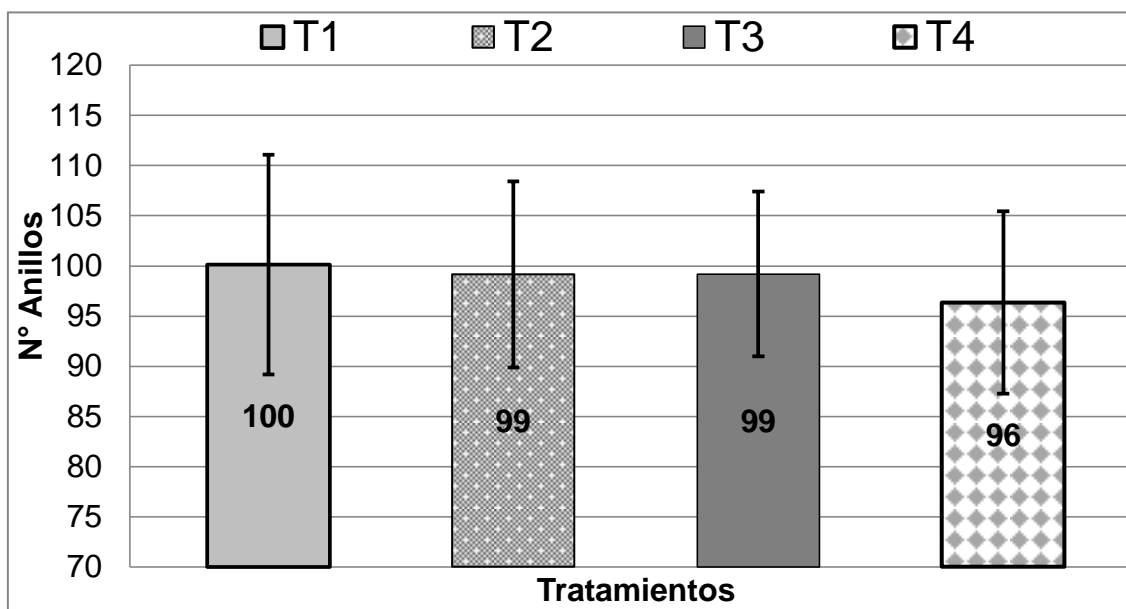
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo.	0,02	3	0,01	0,6	0,6171	
Tratamientos	0,02	3	0,01	0,6	0,6171	NS
Error	0,68	76	0,01			
Total	0,7	79				

CV = 2,06%; Obtenido con datos transformados

La figura 36 muestra que el tratamiento 1 presenta ($100 \pm 10,9$) anillos en cuerpo de la lombriz, representando el mayor valor de número de anillos en comparación a los tratamientos 2, 3 y 4 con ($99 \pm 9,3$); ($99 \pm 8,2$) y ($96 \pm 9,1$) anillos promediados respectivamente.

Figura 36

Valores Promedio acerca del Número de Anillos en Lombrices Adultas



Dónde: T1: C1 AN1; T2: C2 AC; T3: C3 VI; T4: C4 AN2

Reines et al., (1998) señala que las lombrices rojas californianas *E. foetida* tienen entre 90 a 130 segmentos anillados, validando a Reynolds, (1978) que indica el número de segmentos o anillos de esta especie en el rango de 80 a 110 anillos por lombriz, diferenciándose entre su pariente cercano *E. rosea* que presenta entre 120 a 150 anillos por lombriz y que los valores encontrados en la investigación señalan una similitud morfológica con *E. foetida* mencionada por los anteriores autores.

5.3.5. UBICACIÓN ANILLAR DEL CLITELIO DE LAS LOMBRICES ADULTAS

Los valores de análisis de varianza mostrados en la tabla 28 corresponden al conteo de ubicación anillar del clitelio que presentaron las lombrices adultas que fueron progenitoras, provenientes de la primera etapa perteneciente a la descripción fenológica, siendo el p-valor = 0,5818 mayor a 0,05 indicando que el resultado fue No Significativo, en consecuencia se determinó que todos los tratamientos presentan una igualdad estadística. Por tanto los diferentes criaderos presentan lombrices adultas de igual tamaño en su longitud morfológica.

Tabla 28

Análisis de varianza del Número de Anillos desde el Prostomio hasta el Clitelio

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo.	0,01	3	4,80E-03	0,66	0,5818	
Tratamientos	0,01	3	4,80E-03	0,66	0,5818	NS
Error	0,56	76	0,01			
Total	0,57	79				

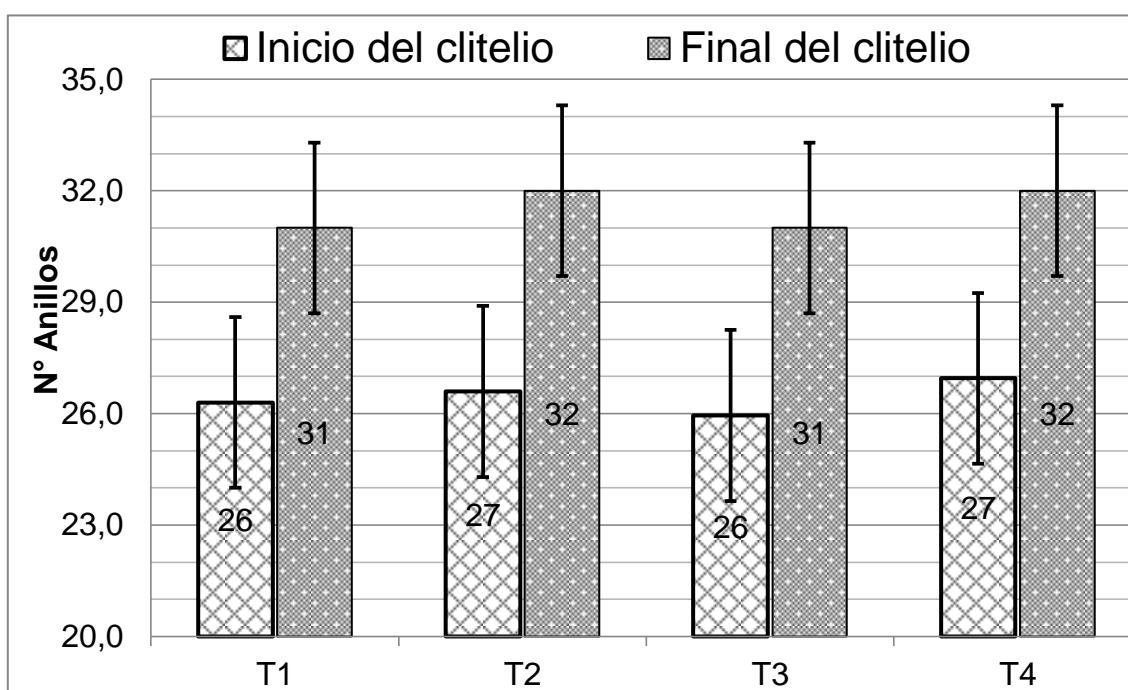
CV = 2,62%; Obtenido con datos transformados

En la figura 37 se muestran los valores del conteo de ubicación del clitelio de las lombrices, donde se determinó que los individuos del tratamiento 1 presentaron la

ubicación del clitelio entre los anillos ($26 \pm 2,6$) y ($31 \pm 2,6$); en el tratamiento 2 el clitelio se encontró entre los anillos ($27 \pm 2,2$) y ($32 \pm 2,2$); para el tratamiento 3 se ubicó entre los anillos ($26 \pm 1,8$) y ($31 \pm 1,8$); finalmente para el tratamiento 4 el clitelio se presentó en promedio entre los anillos ($27 \pm 2,6$) y ($32 \pm 2,6$) del cuerpo de las lombrices.

Figura 37

Valores Promedio acerca del Número de Anillos desde el Prostomio hasta el Clitelio



Dónde: T1: C1 AN1; T2: C2 AC; T3: C3 VI; T4: C4 AN2

De acuerdo a los resultados obtenidos sobre la ubicación anillar del clitelio que presentaron los individuos en estudio, realizando el conteo desde el prostomio señalando el primer anillo hasta el último segmento del clitelio, el autor Reines el al (1998) indica que el clitelio se encuentra ubicado a partir del anillo 26 hasta el anillo 31. Y por lo cual, las lombrices de los tratamientos evaluados cumplen con esta característica morfológica propia de *E. foetida*.

5.3.6. PESO VIVO PROMEDIO DE LAS LOMBRICES ADULTAS

La tabla 29 corresponde al análisis de varianza sobre el peso vivo de 100 lombrices adultas que fueron progenitoras, provenientes de la segunda etapa de la descripción productiva, siendo el p-valor = 0,0005 menor a 0,05 indicando que el resultado fue altamente significativo, determinando en consecuencia que todos los tratamientos presentan una variación estadística.

Tabla 29

Análisis de Varianza del Peso Vivo de las Lombrices Adultas

<u>F.V.</u>	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo.	712,08	3	237,36	18,89	0,0005	
Tratamientos	712,08	3	237,36	18,89	0,0005	**
Error	100,53	8	12,57			
Total	812,61	11				

Debido al resultado señalado por el análisis de varianza de la tabla anterior, se realizó una prueba de medias Duncan ($\alpha = 0,05$), que se muestra en la tabla 30 indicando que el tratamiento 4 presentó el valor mayor de peso vivo de 100 lombrices con $(80,43 \pm 1,31)$ g, seguidamente el tratamiento 3 obtuvo $(70,30 \pm 5,74)$ g de peso vivo, finalmente el tratamiento 1 y el tratamiento 2 obtuvieron valores estadísticos iguales con $(62,3 \pm 2,90)$ g y $(61,2 \pm 2,69)$ g respectivamente.

Tabla 30

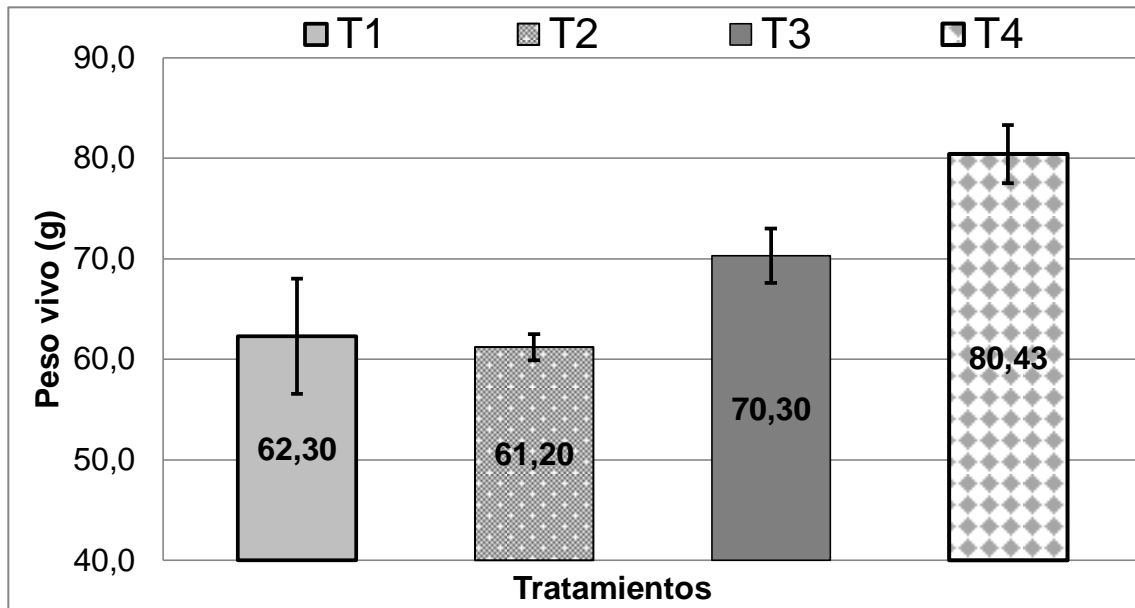
Test Duncan (Alfa=0,05) para el Peso Vivo de las Lombrices Adultas

Tratamientos	Medias	n	E.E.		
4	80,43	3	2,05	A	
3	70,3	3	2,05		B
1	62,3	3	2,05		C
2	61,2	3	2,05		C

Ilustrativamente en la figura 38 se muestran los promedios de cada tratamiento, señalando además la desviación estándar que estos presentaron.

Figura 38

Valores Promedio acerca del Peso Vivo de las Lombrices Adultas



Dónde: T1: C1 AN1; T2: C2 AC; T3: C3 VI; T4: C4 AN2

Durán y Henríquez, (2009) señalan que debido al tipo de alimento ofertado; sea el sustrato de estiércol u otros residuos orgánicos domésticos o agrícolas; las lombrices pueden alcanzar entre 37 a 65 g por cada 100 lombrices evaluadas. Esta conjetura tiene una similitud con la descripción que realizó Reines et al, (1998) donde indica que las lombrices *E. foetida* presentan un peso vivo de 30 a 100 g por cada 100 lombrices evaluadas. Por lo cual los resultados de peso vivo obtenidos en esta investigación ingresan en el rango establecido por Reines et al., (1998) perteneciente a la lombriz *E. foetida*.

6. CONCLUSIONES

- ✓ Conforme a la comprobación de la calidad del humus, todos los tratamientos presentaron igualdades estadísticas, tras haber realizado el análisis de varianza a los parámetros de calidad, concluyendo que la procedencia de los criaderos (Altiplano Norte 1, Altiplano Central, Valle Interandino y Altiplano Norte 2) no influye en las características de calidad del humus producido.
- ✓ Se puede señalar que los resultados obtenidos fueron enmarcados dentro normativas internacionales de calidad físico químicas y sustentadas bibliográficamente; en consecuencia los valores del humus producido de todos los tratamientos ingresan en los parámetros normativos de calidad, complementando la conclusión de este objetivo planteado.
- ✓ La cantidad de humus producido en términos de masa seca, resultó estadísticamente igual para todos los tratamientos, sin embargo, el criadero de valle interandino presento un mayor rendimiento porcentual de masa, en comparación a los demás tratamientos.
- ✓ En cuanto al análisis económico, se puede señalar que el criadero del altiplano norte 1 presenta un mayor valor de la relación beneficio costo en comparación a los demás criaderos.
- ✓ Acerca de los parámetros fenológicos puede concluirse que la procedencia de los criaderos lombrícolas no tiene influencia en el intervalo de días respecto a las variables de incubación y de crecimiento.
- ✓ Dentro de este objetivo se realizó la evaluación del comportamiento de oviposición de cocones y el comportamiento de eclosión de lombrices, señalando

que la mayor producción de cocones por tratamiento y por lombriz registrado corresponde al criadero del altiplano central.

- ✓ Sin embargo, la valoración acerca del comportamiento de la eclosión de lombrices *E. foetida*, hasta los 57 días de evaluación después de la oviposición, señala que el criadero del altiplano norte 1 presenta la mayor cantidad de lombrices juveniles eclosionadas.
- ✓ Acerca de la morfología, los criaderos de lombrices evaluados presentaron características morfológicas propias de la especie *Eisenia foetida*, señalando que los resultados obtenidos de esta especie están propugnados a través de una revisión bibliográfica. También se señala que el criadero del altiplano central presentó la mayor rapidez de crecimiento para alcanzar la etapa adulta.
- ✓ En cuanto a las variables de longitud, diámetro, número de anillos y ubicación anillar del clitelio perteneciente a las lombrices adultas, los resultados apuntan a una igualdad estadística acerca de los tratamientos, concluyendo que la procedencia de los criaderos no tiene incidencia en estas características cuantitativas.
- ✓ No obstante, la comparación del peso vivo de las lombrices adultas resultó altamente significativa, señalando en consecuencia que el criadero del altiplano norte 2 presenta el mayor promedio de peso vivo de lombrices con un valor de 0,804 gramos por lombriz.

7. RECOMENDACIONES

Al establecer parámetros morfológicos comparativos con la especie *E. foetida*, para complementar esta investigación se recomienda realizar estudios acerca de marcadores moleculares, con el objetivo de identificar la especie con la que se trabaja en los criaderos lombrícolas.

Reevaluar bases bibliográficas y bases normativas para establecer lineamientos acerca de parámetros comparativos respecto a la calidad de abonos orgánicos que se producen en el país.

Difundir e informar a la población en general, a través de cursos, seminarios y talleres acerca de los beneficios sobre el impacto agroambiental que tienen las actividades de lombricultura y vermicompostaje.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Adhikary S (2012) Vermicompost, la historia del oro orgánico: una revisión . Ciencias Agrícolas 3 (7): 905-917. ver p. 907-908
- Agroflor Lombricultura. (2017). Agroflor, Manual de Lombricultura. Barquisimeto, Venezuela
- Aranda, E., Barois, I., Arellano, P., Iriscón, S., Salazar, T., Rodríguez, J. y Patrón, J. (1999). Vermicomposting in the Tropics. En Lavelle P, Bruscaard L, Hendrix P (Eds.) Earthworm Mangement in Tropical Agroecosystems. CABI publishing. Nueva York, EEUU. pp.253-287
- Arévalo, K., Pastrano, E. y Armijos, V. (2016). Relación beneficio – costo por tratamiento en la producción orgánica de las hortalizas (Cilantro, Lechuga, Cebolla Roja, Cebolla de Rama) en el cantón Santo Domingo de Los Colorados. Revista Publicando, 3(7), 503-528
- Brady, N. y Weil, R. (2007). The Nature and Properties of Soils. 15th edition
- Blanco, W. (2020). Curso de Lombricultura - Modalidad Virtual. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz-Bolivia.
- Bollo, E. (1999). Lombricultura Alternativa de Reciclaje. SOBOC Graphics Quito Ecuador. pp.15, 21
- Canales, A., Mestas, N. y Chambi, M. (2021). Crecimiento y producción de cocones de la *Eisenia foetida* (lombriz roja) en cuatro sustratos. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 32(5).
- Ccasani, N. y Poma, A. (2012). Evaluación de la densidad poblacional, peso y longitud de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) Alimentadas en

- estiércol y compost de bovino y ovino. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]
- Cegarra, J. (1998). Compostaje y lombricompostaje, características de los compost. En Orozco F, Osorio W (Eds.) Residuos Orgánicos. Aprovechamiento Agrícola como Abono y Sustrato. 2ª ed. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Medellín, Colombia, Colombia. pp. 39-52.
- Chilon, E. (2018). Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal; Muestrario de Abonos Orgánicos y Fertilizantes Químicos. La Paz, Bolivia.
- Díaz, E. (2002). Lombricultura, una alternativa de producción. ADEX.
- Dominguez, J. y Gómez, M. (2010). Ciclos de vida de las lombrices de tierra aptas para el vermicompostaje. Acta zoológica mexicana, 26(SPE2), 309-320
- Domínguez, J. y Pérez, M. (2010). *Eisenia fetida* (savigny, 1826) y *eisenia andrei bouché*, 1972 son dos especies diferentes de lombrices de tierra. Acta Zoológica Mexicana (nueva serie), núm. 2,2010, pp. 321-331
- Duran, F. (2009). Seguridad alimentaria cultivando hortalizas. Edición Grupo Latino Editoriales S.A.S
- Durán, L y Henríquez, C. (2009). Crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos. Revista: Agronomía Costarricense pp. 33(2): 275-281
- Eduards, C. (1988). Breakdown of animal, vegetable and industrial organic waste by earthworms. En: Edwards, C.A., Neuhauser, E.F. (Eds), Earthworms in waste an environmental management, SPB academic Publishing BV, The Hague, pp 21 – 31

- Fajardo, V. (2002). Manual Agropecuario. 1a ed. Bogotá, Colombia. Edit Limerín. pp. 481-502
- FAO. (2021). La biodiversidad del suelo. *Portal de suelos*. Obtenido de: <https://www.fao.org/soils-portal/soil-biodiversity/es>
- Ferruzzi, C. (1986). Manual de Lombricultura. Madrid, España: Ediciones Mundi Prensa.
- Gamarra, C., Díaz, M., Vera de Ortiz, M., Galeano, M., y Cabrera, A. (2018). Relación carbono-nitrógeno en suelos de sistemas silvopastoriles del Chaco paraguayo. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 9(46), 4-26.
- Google. (s.f.). [Puruma Agricultura Regenerativa]. Obtenido el 26 de mayo de 2023 de <https://www.google.com/maps/place/16%C2%B038'29.2%22S+68%C2%B017'24.4%22W/@-16.6416676,-68.2896097,11z/data=!4m4!3m3!8m2!3d-16.641443!4d-68.290107?hl=es&entry=ttu>
- Hernández, J., Chacín, L., Ávila, J., El Khatib, N., Chirinos, I., y Bracho, B. (2011). Métodos de manejo de la salinidad del estiércol bovino para el vermicompostaje con la lombriz roja (*Eisenia andrei*). *Rev. Facultad de Agronomía.(LUZ)*. Maracaibo, Venezuela. 28(1), 342-350.
- Izquierdo, M. (2016). Proyecto de Factibilidad en la Producción de Humus de lombriz y Compost con microorganismos eficientes para el agro en la provincia de Santa Elena. [Tesis de grado. Facultad de Ciencias y Tecnología. Escuela de Ingeniería Agropecuaria]. Ecuador

- Juárez, R. (2010). Reciclaje de lodos residuales de la industria del papel mediante lombricultura utilizando la especie "Lombriz roja californiana" *Eisenia foetida*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Lima, Peru
- López, J., Martínez, M. y Cordón, E. (2008). Evaluación de la eficacia de cuatro dietas alimenticias sobre el crecimiento, desarrollo y producción de abono de la lombriz californiana (*Eisenia foetida*). *Revista Ciencia e Interculturalidad* 2: 67-81. Nicaragua
- Loza, A. (2000). Dinámica Poblacional de la Lombriz Californiana *Eisenia andrei* (Bouche, 1972) en la Planta Piloto de Lombricultura del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (C.U.C.B.A). [Tesis de Maestría en Manejo de Áreas de Temporal del Centro de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara]. México. pp 3
- Luna, G. (2020). "Condiciones ambientales y microorganismos adecuados para la obtención de humus de calidad y su efecto en el suelo agrícola". *Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo*. Volumen 6 Numero 1
- Mamani, G., Mamani, F., Sainz, H. y Villca, R. (2012). Comportamiento de la lombriz roja (*Eisenia* spp.) en sistemas de vermicompostaje de residuos orgánicos. *Journal of the Selva Andina Res Soc*. 2012; 3(1):44-54
- Mamani, W. (2016). Producción de humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) con alimentación de estiércoles de animales en el vivero forestal de la prelatura de Coro Coro en Patacamaya Provincia Aroma La Paz. Patacamaya. [Tesina de Grado, Universidad Mayor de San Andrés]. La Paz, Bolivia

- Marnetti, J. (2012). Implementación de la producción de lombricultura. Mendoza, Argentina.
- Martinez, C., Maza, L., Arroyo, Y., Meza, M., Castro, J. y Vergara, O. (2018). Evaluación reproductiva de la lombriz roja californiana *Eisenia foetida* alimentada con diferentes sustratos en el trópico bajo colombiano. *Livestock Research for Rural Development*, 30(2)
- Meléndez, M. (2003). Morfología de dos especies de lombrices de tierra *Eisenia foetida* y *Eudrilus eugeniae*. [Trabajo de Titulación, Universidad de Guadalajara]. Zapopan, México
- Miranda, R y Caballero, A. (2002). Edafología. Propiedades químicas del suelo. La Paz, Bolivia
- Núñez, A. (2017). Monitoreo de la Dinámica Poblacional de la Lombriz de Tierra Roja Californiana (*Eisenia foetida* L.) en cuatro sustratos orgánicos. [Tesis de Grado] Coahuila, México
- Ochoa, J. (2003). Beneficios que Ofrece el Humus de Lombriz a los Cultivos de Manzana. Artículo de Internet. www.pinuela33@hotmail.com
- OPINION. (17 de Mayo de 2018). OPINION, Diario de circulación nacional. Obtenido de <https://www.opinion.com.bo/articulo/cochabamba/sacaba-produce-20-toneladas-abono-mes/20180517010100613934.html>
- Pati, A. (2002). "Determinación de la calidad de humus de lombriz (*Eisenia foetida*) elaborado a partir de residuos sólidos orgánicos urbanos de la ciudad de La Paz". [Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés]. La Paz Bolivia

- Pati, A. (2021). Transformación de residuos biodegradables de la industria cervecera mediante la lombricultura en el municipio de Viacha del Departamento de La Paz. [Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés]. La Paz Bolivia
- Pineda J. (2006). Lombricultura. Tegucigalpa, Honduras: Litografía López.
- 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. [Tesis de Grado, Universidad Mayor de San Andrés]. La Paz, Bolivia
- Reinés M., Rodríguez, C. y Vázquez, M. (1998). Lombrices de tierra con valor comercial. Biología y técnicas de cultivo. Universidad de Quintana Roo. México. pp. 11-21,24
- Reynolds, J. (1977). The Earthworms (Lumbricidae and Sparganophilidae) of Ontario. Life Science Miscellaneous Publications, Royal Ontario Museum, Toronto
- Rodríguez, D., Venegas, J., Angoa, P. y Montañez, J. (2010). Extracción secuencial y caracterización fisicoquímica de ácidos húmicos en diferentes compost y el efecto sobre trigo. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 1(2), 133-147
- Román, P., Martínez, M. y Pantoja, A. (2013). Manual de compostaje del agricultor experiencias en America Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
- Sadzawka, A., Carrasco, M., Grez, R. y Mora, M. (2005). Métodos de Análisis de compost. Ministerio de Agricultura. Chile. Centro Regional de Investigación La Platina, Serie No34, Santiago, Chile. 142p.
- Sánchez, C. (2003). Abonos orgánicos y lombricultura. Lima, Perú, Ediciones Ripalme, 50.

- Sandoval, R. (2021). Basura, Gestión integral de residuos sólidos. Ed. Nueva imagen. La Paz, Bolivia. pp. 275 - 278
- Sanzo, C. (1999). Tecnologías para el Manejo de Cuencas. Artículo de Internet revisado el 25 de febrero 2021. Obtenido de: <http://www.lombricesrojas.com.ar>
- SEDEM. (2021). Empresa Estratégica de Producción de Abonos y Fertilizantes - EEPAF. Obtenido de <https://www.sedem.gob.bo/es/node/31>
- SENAMHI. (2015). Base de datos meteorológicos Municipio de Viacha. Revisado el 6 de septiembre del 2021. Otenido de: <https://senamhi.gob.bo>
- Sirpa, M. (2022). Evaluación del efecto de cuatro niveles de aserrin con precompostaje de residuos orgánicos como sustrato en la producción de humus de lombriz roja californiana (Eisenia foetida) en bajo pampahasi en el departamento de La Paz”. [Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés]. La Paz, Bolivia
- Sullcata, P. (2016). Desarrollo poblacional de la lombriz roja (Eisenia foetida) en relación a sustratos a base de estiércol y rastrojo de cebada. [Tesis de grado Universidad Mayor de San Andrés]. La Paz, Bolivia
- Suntura, Z. (2009). Determinación de la calidad de compost, elaborado a partir de residuos sólidos orgánicos en el municipio de puerto mayor Carabuco, provincia Camacho. [Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés]. La Paz, Bolivia
- Ticante, J., Almiray, R., Marín, M., Hidalgo, M., Valera, M., Saldaña, J., Rueda, R. y Zarate, K. (2018). Evaluación de humus de lombriz bajo especificaciones de la

Norma Mexicana NMX-FF-109-SCFI-2008. Revista Iberoamericana de Ciencias.

- Tighe, R., Leonelli, G., Montalba, R., Cavieres, C. y Morales, D. (2014). Caracterización de compost a base de espinillo en relación a la norma chilena N°2880. *Agronomía Mesoamericana*, 25(2), 347-355
- Vargas, O., Trujillo, J. y Torres, M. (2019). El compostaje, una alternativa para el aprovechamiento de residuos orgánicos en las centrales de abastecimiento. Colombia. *Revista Scielo. Orinoquia*, 23(2), 123-129.
- Varnero, M., Rojas, C., y Orellana, R. (2007). Índices de fitotoxicidad en residuos orgánicos durante el compostaje. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 7(1), 28-37
- Venter, J. y Reinecke, A. (1988). The life-cycle of the compost worm *Eisenia foetida* (Oligochaeta). *South African Journal of Zoology*, 23(3), 161-165.

ANEXOS

OBJETIVO DE PRODUCCIÓN

Anexo 1

Temperatura Ambiental

Días	T °C	Días	T °C	Días	T °C	Días	T °C	Días	T °C	Días	T °C
1	11,6	36	15,5	71	18,9	106	19,5	141	18,7	176	20,2
2	13,9	37	16,0	72	19,2	107	18,6	142	20,0	177	18,1
3	15,8	38	18,2	73	18,5	108	19,5	143	16,7	180	15,5
4	14,6	39	16,9	74	20,9	109	20,2	144	17,7	181	17,5
5	15,4	40	19,0	75	20,9	110	20,9	145	16,1	182	21,0
6	14,5	41	18,5	76	19,6	111	19,2	146	20,8	183	20,6
7	14,2	42	13,7	77	20,0	112	18,6	147	17,7	184	20,4
8	15,5	43	17,3	78	20,6	113	18,4	148	23,3	185	22,5
9	13,1	44	17,7	79	21,7	114	13,5	149	25,2	186	16,6
10	15,6	45	19,0	80	20,0	115	18,0	150	22,6	187	21,6
11	15,1	46	17,2	81	17,2	116	17,6	151	25,4	188	23,3
12	16,3	47	16,6	82	19,5	117	14,7	152	22,7	189	22,8
13	16,2	48	15,7	83	17,9	118	17,1	153	23,0	190	20,0
14	16,2	49	14,4	84	18,4	119	18,6	154	23,6	191	19,2
15	16,1	50	14,3	85	18,5	120	15,8	155	18,1	192	17,4
16	16,2	51	15,9	86	18,3	121	15,5	156	18,6	193	17,4
17	15,8	52	18,0	87	18,1	122	16,9	157	18,9	194	23,8
18	16,7	53	18,7	88	19,0	123	14,1	158	20,8	195	21,9
19	15,5	54	19,8	89	18,8	124	16,4	159	18,9	196	22,0
20	14,6	55	20,2	90	20,0	125	17,0	160	20,1	197	22,9
21	13,4	56	19,4	91	19,2	126	16,7	161	22,0	198	17,0
22	13,2	57	17,2	92	18,7	127	14,1	162	23,3	199	22,0
23	13,9	58	17,3	93	20,6	128	14,9	163	19,6	200	23,6
24	15,1	59	19,4	94	19,2	129	17,6	164	20,8	201	20,8
25	15,4	60	21,3	95	21,5	130	18,9	165	17,7	202	16,7
26	16,4	61	18,2	96	21,3	131	21,0	166	17,3	203	19,0
27	15,8	62	15,4	97	19,8	132	15,4	167	19,6	204	23,8
28	17,4	63	15,0	98	18,7	133	20,4	168	25,0	205	21,5
29	18,2	64	14,8	99	19,5	134	13,9	169	23,4	206	21,0
30	17,6	65	16,9	100	19,4	135	18,9	170	23,6	207	22,3
31	18,9	66	19,3	101	19,1	136	18,4	171	19,8	208	13,8
32	17,2	67	21,2	102	19,8	137	18,8	172	16,7		
33	15,9	68	19,6	103	16,0	138	16,6	173	16,4		
34	15,0	69	19,6	104	19,3	139	16,6	174	22,0		
35	16,3	70	21,5	105	18,4	140	17,2	175	24,2		

Anexo 2

Dias	T1	T2	T3	T4	Dias	T1	T2	T3	T4	Dias	T1	T2	T3	T4	Dias	T1	T2	T3	T4
0	12,7	13,0	13,4		38	15,5	16,2	16,6	16,3	72	19,8	20,1	20,7	20,3	108	20,2	20,8	21,3	20,6
2	12,5	12,5	13,1	12,7	39	18,2	18,8	18,9	18,9	73	19,1	19,4	19,8	19,2	111	19,0	19,4	20,2	19,6
6	14,4	15,0	14,9	14,8	42	18,7	19,3	19,1	19,3	74	19,9	20,4	20,5	20,7	112	20,4	20,5	20,9	20,8
7	14,5	15,1	14,8	14,8	43	16,8	17,4	17,7	17,1	77	19,2	20,1	20,4	20,3	113	19,3	20,1	20,6	20,1
8	15,1	15,4	15,3	15,3	44	16,8	17,2	17,5	17,3	78	18,9	20,0	20,3	19,9	114	17,9	18,7	18,4	18,8
13	15,4	16,2	16,3	16,8	45	17,1	17,5	17,6	17,5	79	19,7	20,0	19,9	19,5	118	16,4	16,8	17,2	16,6
14	15,1	15,9	16,3	15,7	48	18,9	18,6	19,4	18,7	80	20,4	20,0	20,6	20,0	119	17,6	17,5	18,1	17,9
15	15,0	16,0	16,5	16,0	49	16,7	17,2	17,4	17,7	81	20,3	20,4	20,8	20,4	120	18,4	18,5	18,9	18,8
16	15,7	16,3	16,9	16,5	50	16,0	16,5	16,8	16,6	83	20,2	20,3	20,7	20,1	121	17,4	17,7	18,0	17,8
17	15,4	16,2	17,0	15,9	51	15,0	15,4	15,5	15,5	84	20,2	20,2	20,5	20,1	122	16,8	17,4	17,5	17,3
21	15,3	15,9	16,3	16,4	53	16,2	16,4	16,6	16,5	85	18,5	19,5	19,8	19,3	125	16,5	16,9	17,3	17,2
22	14,8	15,4	15,7	15,6	56	18,8	18,8	19,7	19,9	86	18,1	18,5	18,5	18,7	126	17,3	17,4	17,8	18,0
23	14,4	15,1	15,2	14,9	57	19,4	19,8	19,9	20,1	87	18,6	18,9	19,5	19,0	127	16,8	17,5	17,9	17,5
24	14,4	15,6	15,6	15,6	58	18,9	19,4	19,6	19,4	88	17,5	17,8	18,7	18,1	128	16,5	16,6	16,8	17,1
25	15,3	15,8	15,5	16,0	60	16,2	16,5	16,8	16,6	92	19,4	19,9	20,4	20,1	129	16,9	16,7	16,7	16,7
27	16,4	17,1	17,3	17,1	63	17,2	17,7	18,3	18,0	93	20,7	21,4	21,8	21,4	134	16,0	16,3	16,3	16,1
28	15,7	16,8	16,9	16,1	64	15,7	16,9	17,2	16,6	94	19,8	20,4	20,9	20,4	135	16,9	16,9	16,9	16,6
29	16,8	17,5	18,0	17,2	65	15,8	16,4	16,8	16,6	95	16,9	17,6	18,4	18,0	139	15,8	15,8	15,6	15,4
30	17,6	18,0	18,8	18,3	66	16,6	17,2	17,7	17,4	99	20,6	21,5	21,8	21,7	146	14,0	14,5	14,8	14,3
33	18,2	19,0	19,4	19,0	67	17,0	17,5	18,2	17,8	100	19,5	20,0	20,5	20,2	153	19,1	19,1	19,5	19,2
35	15,5	16,4	16,9	16,2	68	17,4	18,7	19,3	19,2	101	20,3	21,0	21,0	21,0	154	18,2	18,1	18,4	18,2
36	16,8	17,3	17,9	17,6	70	18,6	19,3	20,4	19,5	105	16,9	17,4	18,1	18,0	155	18,5	18,9	19,0	19,0
37	15,9	16,2	16,5	16,2	71	19,0	19,7	20,3	19,6	106	19,3	19,9	20,5	20,1					

Temperaturas de los Sustratos de Producción

Anexo 3

N°	Fecha y Hora	T1				T2				T3				T4			
		Contenido de Humedad (%)															
		R1	R2	R3	Prom.	R1	R2	R3	Prom.	R1	R2	R3	Prom.	R1	R2	R3	Prom.
1	26/08/2021	64,17	65,12	65,95	65,08	69,01	65,42	65,03	66,49	65,44	65,45	61,20	64,03	64,15	60,36	58,67	61,06
2	15/09/2021	61,49	60,89	59,92	60,76	63,00	63,46	63,23	63,23	62,65	64,69	56,81	61,38	66,23	63,31	58,67	62,74
3	05/10/2021	65,03	63,83	63,97	64,28	68,27	62,49	62,27	64,35	63,35	64,23	61,61	63,07	64,75	60,83	56,91	60,83
4	27/10/2021	61,19	61,43	62,10	61,57	63,84	61,29	63,57	62,90	61,52	58,32	55,01	58,28	58,53	57,59	54,57	56,89
5	17/11/2021	60,97	59,31	58,78	59,69	60,23	55,96	56,88	57,69	61,18	58,55	55,26	58,33	60,56	56,20	52,64	56,47
6	09/12/2021	66,60	63,99	66,08	65,55	67,56	64,54	66,22	66,11	61,75	62,89	57,90	60,85	62,79	61,91	56,26	60,32
7	03/01/2022	63,27	58,52	60,05	60,61	65,72	62,26	63,24	63,74	64,34	63,04	58,04	61,81	59,25	61,38	58,64	59,76
8	25/02/2022	59,20	53,75	59,93	57,63	62,73	56,58	60,29	59,87	61,30	55,97	53,47	56,91	55,62	52,02	51,04	52,89

Contenido de Humedad de los Sustratos de Producción

Nota: Valores obtenidos en la evaluación temporal del contenido de humedad, de los sustratos en la descripción productiva.

Anexo 4

PH de los Sustratos de Producción

N°	Fecha y Hora	T1				T2				T3				T4			
		PH															
		R1	R2	R3	Prom.	R1	R2	R3	Prom.	R1	R2	R3	Prom.	R1	R2	R3	Prom.
1	26/08/2021	8,65	8,54	8,67	8,62	8,68	8,68	8,70	8,69	8,60	8,79	8,50	8,63				
2	15/09/2021	8,15	8,24	8,45	8,28	8,40	8,21	8,34	8,32	8,05	8,15	8,12	8,11	8,44	8,28	8,15	8,29
3	05/10/2021	8,64	8,50	8,73	8,62	9,00	8,63	8,71	8,78	8,60	8,64	8,56	8,60	8,77	8,64	8,63	8,68
4	27/10/2021	8,88	8,77	8,89	8,85	9,20	8,93	9,03	9,05	8,93	9,02	8,87	8,94	9,11	8,90	8,83	8,95
5	17/11/2021	8,53	8,80	8,60	8,64	8,94	8,65	8,67	8,75	8,73	8,32	8,14	8,40	8,94	8,49	8,54	8,66
6	09/12/2021	8,26	8,47	8,43	8,39	8,50	8,17	8,54	8,40	8,22	8,13	8,00	8,12	8,54	8,33	8,21	8,36
7	03/01/2022	8,11	8,27	8,23	8,20	8,64	8,02	8,36	8,34	8,25	8,03	7,90	8,06	8,62	8,18	8,12	8,31

Nota: Valores obtenidos en la evaluación temporal del pH de los sustratos en la descripción productiva.

Anexo 5

Resultados del Análisis de Laboratorio

N°	COD. INGRESO	COD. EMP.	PARAMETROS FISICOS				PARÁMETROS QUÍMICOS						IG Rabanito (%)
			Dap	Contenido de Humedad	MOP	MIP	pH	CE	M. O.	N total	C/N	Acidos Húmicos	
			(kg/m3)	(%)	(%)	(%)		(dS/m)	(%)	(%)		(%) EMAH	
1	T1R1	LMOS-001	0,524	59,20	0,497	4,13	7,96	3,50	35,40	1,93	10,64	79,10	83,33
2	T2R1	LMOS-002	0,508	62,73	0,533	2,64	8,40	3,00	31,60	1,69	10,84	70,80	83,33
3	T3R1	LMOS-003	0,520	61,30	0,450	5,21	8,10	3,18	23,00	1,70	7,85	73,10	55,56
4	T4R1	LMOS-004	0,538	55,62	0,277	3,74	8,35	3,22	32,30	1,93	9,71	69,60	69,44
5	T1R2	LMOS-005	0,550	53,75	0,432	3,76	8,02	3,26	26,50	1,84	8,35	75,20	27,78
6	T2R2	LMOS-006	0,546	56,58	0,482	3,92	7,88	3,40	16,90	1,72	5,70	77,50	69,44
7	T3R2	LMOS-007	0,524	55,97	0,542	3,67	7,94	3,22	17,90	1,89	5,49	77,40	41,67
8	T4R2	LMOS-008	0,550	52,02	0,477	3,45	8,15	3,10	16,90	1,82	5,39	75,30	69,44
9	T1R3	LMOS-009	0,505	59,93	0,387	3,96	8,06	3,63	28,90	1,99	8,42	79,20	69,44
10	T2R3	LMOS-010	0,503	60,29	0,488	3,93	8,15	3,35	23,00	2,03	6,57	82,00	83,33
11	T3R3	LMOS-011	0,528	53,47	0,413	4,04	7,87	3,42	36,10	2,08	10,07	82,00	27,78
12	T4R3	LMOS-012	0,520	51,04	0,472	3,79	8,08	3,02	25,10	1,87	7,79	75,60	41,67

Nota: Valores obtenidos por el Laboratorio Agroambiental “La Casa del Agricultor” dependiente de la Empresa

Puruma.

Anexo 6

Rendimiento en Base a Masa

R	T	msh Sustr (kg)	H% Sustr (%)	mss Sustr (kg)	mhumus (kg)	H% humus (%)	mss humus (kg)	Rendimiento (%)
1	1	13,64	46,68	7,27	10,93	59,20	4,46	61,35
1	2	13,14	60,10	5,24	7,90	62,73	2,95	56,18
1	3	13,64	51,80	6,57	10,57	61,30	4,09	62,24
1	4	12,14	60,66	4,78	6,13	55,62	2,72	56,98
2	1	13,64	56,23	5,97	8,07	53,75	3,73	62,55
2	2	14,14	52,56	6,71	8,86	56,58	3,85	57,36
2	3	13,14	53,09	6,16	10,26	55,97	4,52	73,28
2	4	14,64	57,43	6,23	10,21	52,02	4,90	78,63
3	1	12,64	57,69	5,35	9,55	59,93	3,83	71,58
3	2	13,14	58,21	5,49	9,92	60,29	3,94	71,72
3	3	13,14	54,61	5,96	10,01	53,47	4,66	78,13
3	4	13,14	55,20	5,89	9,36	51,04	4,58	77,85

Nota: **msh Sustr:** masa de sustrato húmedo, **H% Sustr:** Humedad del sustrato, **mss Sustr:** masa seca del

sustrato, **mhumus:** masa húmeda de humus, **H% humus:** Humedad del humus, **mss humus:** masa seca del humus,

Valores obtenidos por el investigador.

Anexo 7

Rendimiento en Base a Volumen

R	T	Dap Sustr (g/cc)	Dap Sustr (kg/m3)	mss sustr (kg)	Vt Sustr (m3)	Dap Humus (g/cm3)	Dap Humus (kg/m3)	mss humus (kg)	Vt Humus (m3)	Rendimiento (%)
1	1	0,45806	458,06	7,27	0,015873	0,524	523,8	4,461	0,00852	53,65
1	2	0,47551	475,51	5,24	0,011026	0,508	508,1	2,946	0,00580	52,58
1	3	0,49375	493,75	6,57	0,013311	0,520	519,8	4,091	0,00787	59,12
1	4	0,45851	458,51	4,78	0,010414	0,538	537,5	2,721	0,00506	48,60
2	1	0,46452	464,52	5,97	0,012850	0,550	550,1	3,734	0,00679	52,82
2	2	0,49596	495,96	6,71	0,013522	0,546	545,9	3,847	0,00705	52,11
2	3	0,48261	482,61	6,16	0,012771	0,524	524,2	4,517	0,00862	67,47
2	4	0,47653	476,53	6,23	0,013077	0,550	550,0	4,900	0,00891	68,12
3	1	0,44348	443,48	5,35	0,012054	0,505	504,5	3,827	0,00758	62,92
3	2	0,44842	448,42	5,49	0,012244	0,503	503,3	3,938	0,00782	63,90
3	3	0,48081	480,81	5,96	0,012403	0,528	527,9	4,659	0,00883	71,16
3	4	0,48172	481,72	5,89	0,012220	0,520	519,6	4,583	0,00882	72,18

Nota: **Dap Sustr:** Densidad aparente del sustrato, **Vt Estiércol:** Volumen total del sustrato, **Dap Humus:**

Densidad aparente del humus, **Vt humus:** Volumen total del humus. Valores obtenidos por el investigador.

Anexo 8

Rendimientos Promedio

Tratamientos	Rendimiento en masa			Rendimiento en volumen		
	Estiércol (kg)	Humus (kg)	Rendimiento %	Estiércol (m3)	Humus (m3)	Rendimiento %
T1	6,20	4,01	64,68	0,013593	0,007630	56,13
T2	5,81	3,58	61,53	0,012265	0,006890	56,18
T3	6,23	4,42	70,95	0,012829	0,008438	65,77
T4	5,63	4,07	72,24	0,011904	0,007597	63,82

Nota: Valores promedio calculados por los anexos 12 y 13, utilizados en las figuras 26 y 28 respectivamente.

Anexo 9

Costos de Producción Por Tratamiento de la Descripción Productiva

Tratamientos	Descripción	Cant.	Unidad	P/Unit. (Bs)	Costo Parcial
T1	Macetas	3	unidades	12	36,0
	Lombrices	280	gramos	0,2	56,0
	Estiércol	39,9	kilogramo	0,14	5,6
	Malla semisombra	0,75	metro cuadrado	7,5	5,6
	Agua	1	metro cúbico	1	1,0
Costo total por tratamiento					104,2
T2	Macetas	3	unidades	12	36,0
	Lombrices	275	gramos	0,18	49,5
	Estiércol	40,4	kilogramo	0,14	5,7
	Malla semisombra	0,75	metro cuadrado	7,5	5,6
	Agua	1	metro cúbico	1	1,0
Costo total por tratamiento					97,8
T3	Macetas	3	unidades	12	36,0
	Lombrices	316	gramos	0,25	79,0
	Estiércol	39,9	kilogramo	0,14	5,6
	Malla semisombra	0,75	metro cuadrado	7,5	5,6
	Agua	1	metro cúbico	1	1,0
Costo total por tratamiento					127,2
T4	Macetas	3	unidades	12	36,0
	Lombrices	361	gramos	0,2	72,2
	Estiércol	39,9	kilogramo	0,14	5,6
	Malla semisombra	0,75	metro cuadrado	7,5	5,6
	Agua	1	metro cúbico	1	1,0
Costo total por tratamiento					120,4

OBJETIVO DE FENOLOGÍA

Anexo 10

Comportamiento de la Incubación y la Eclosión

Fechas y Días de la Etapa de Incubación									
03/03/22	R	T	18/03/22	26/03/22	30/03/22	12/04/22	15/04/22	22/04/22	29/04/20
Día			15	23	27	40	43	50	57
0	1	1	0	0	0	0	0	0	2
0	1	2	0	0	0	0	0	1	1
0	1	3	0	0	0	0	0	0	0
0	1	4	0	0	0	0	0	1	0
2	2	1	0	0	0	0	0	0	10
2	2	2	0	0	0	0	0	0	3
2	2	3	0	0	0	0	0	0	0
2	2	4	0	0	0	0	0	2	12
4	3	1	0	0	0	0	3	3	13
4	3	2	0	0	0	0	1	1	6
4	3	3	0	0	0	0	0	1	3
4	3	4	0	0	0	0	1	3	3
6	4	1	0	0	0	0	0	6	7
6	4	2	0	0	0	0	1	2	8
6	4	3	0	0	0	0	0	3	5
6	4	4	0	0	0	0	1	3	10
8	5	1	0	0	0	0	1	1	25
8	5	2	0	0	0	0	0	0	10
8	5	3	0	0	0	0	0	0	6
8	5	4	0	0	0	0	1	1	7

Nota: Datos registrados de la incubación desde el día 15, posterior a la oviposición, hasta el día 40 y de la eclosión desde el día 43 hasta el día 57.

Anexo 11

Comportamiento de la Oviposición

Fecha	Día	T1	T2	T3	T4
03-mar	0	8	9	14	19
05-mar	2	27	25	23	12
07-mar	4	16	25	18	20
09-mar	6	11	19	14	10
11-mar	8	27	23	19	32
Sumatoria		89	101	88	93
Desviación estándar		8,9	6,7	3,8	8,6
promedio coc / Lomb		1,8	2,0	1,8	1,9
*Promedio Cocon / día		11	13	11	12
Promedio Cocon / día		0,223	0,253	0,220	0,233

Nota: Resultados obtenidos por la evaluación del comportamiento de oviposición.

Anexo 12

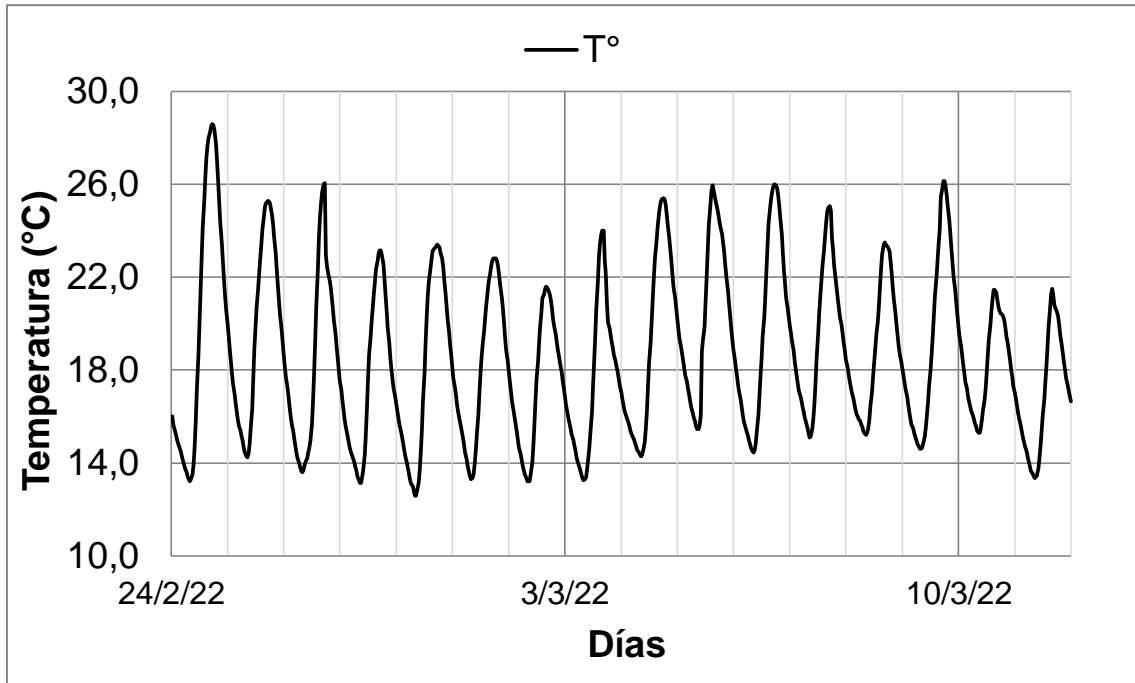
Comportamiento de las Fases Fenológicas

Fechas	Días Totales	Eclosión				Crecimiento				Adultez			
		T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
Días a partir de la eclosión													
03/03/2022	0												
15/04/2022	43	43	43		43								
22/04/2022	50			50		7	7		7				
29/04/2022	57					14	14	7	14				
06/05/2022	64							14					
27/05/2022	85					42	42	35	42				
21/06/2022	110					67	67	60	67				
06/07/2022	125					82	82	75	82				
20/07/2022	139									96	96	89	96
11/08/2022	161									118	118	104	118

Nota: Valores registrados a través del conteo de días, para las tres fases fenológicas evaluadas.

Anexo 13

Temperatura de Sustratos Reproductivos



Nota: Comportamiento térmico de los sustratos de las lombrices progenitoras.

Anexo 14

Distribución de Cocones en las Bandejas en el Periodo de Incubación en Laboratorio

	DÍAS DE EXTRACCIÓN				
TRATAMIENTOS	T1D0	T1D2	T1D4	T1D6	T1D8
	T2D0	T2D2	T2D4	T2D6	T2D8
	T3D0	T3D2	T3D4	T3D6	T3D8
	T4D0	T4D2	T4D4	T4D6	T4D8

OBJETIVO DE MORFOLOGÍA

Anexo 15

Descripción Morfológica de las Lombrices Adultas

N°	T1					T2					T3					T4				
	L	D	N° A	CLITELIO		L	D	N° A	CLITELIO		L	D	N° A	CLITELIO		L	D	N° A	CLITELIO	
				Inicio	Final				Inicio	Final				Inicio	Final				Inicio	Final
1	8,0	4,0	114	28	33	6,0	3,0	91	26	31	8,0	4,0	104	26	31	8,0	4,0	104	29	34
2	6,5	4,0	126	26	31	8,0	4,0	116	33	38	5,5	3,0	86	26	31	7,0	3,0	89	25	30
3	7,0	3,0	90	24	29	7,0	3,0	117	25	30	6,0	3,0	110	26	31	7,0	3,0	99	34	39
4	7,5	3,0	107	25	30	7,0	3,0	105	24	29	6,5	3,0	102	23	28	6,5	3,0	92	23	28
5	6,0	3,0	108	32	37	7,5	3,0	101	27	32	5,5	3,0	93	23	28	7,0	3,0	96	26	31
6	6,5	3,0	83	27	32	7,0	3,0	102	25	30	7,0	4,0	98	30	35	6,0	3,0	87	27	32
7	6,5	3,0	93	24	29	6,0	3,0	108	25	30	6,0	3,0	112	25	30	8,0	3,0	91	26	31
8	6,0	3,0	102	29	34	8,0	4,0	107	26	31	7,0	3,0	111	25	30	8,0	4,0	109	29	34
9	7,0	3,0	98	24	29	7,5	3,0	93	27	32	6,5	3,0	83	28	33	6,5	3,0	86	26	31
10	5,5	3,0	102	26	31	8,0	3,0	108	26	31	5,5	2,0	99	24	29	8,0	4,0	95	23	28
11	9,0	2,0	95	28	33	6,5	2,0	101	26	31	7,0	3,0	110	27	32	7,5	3,0	100	25	30
12	7,0	4,0	91	27	32	5,0	2,0	91	26	31	7,0	3,0	101	26	31	8,0	4,0	107	25	30
13	6,0	3,0	101	23	28	7,0	3,0	91	24	29	5,0	2,0	101	24	29	6,5	3,0	96	27	32
14	7,0	3,0	88	24	29	5,0	2,0	94	26	31	6,5	3,0	85	26	31	8,0	4,0	120	27	32
15	5,0	4,0	111	22	27	6,0	2,0	85	25	30	6,0	3,0	98	26	31	7,5	3,0	100	28	33
16	5,5	2,0	94	26	31	5,5	3,0	102	26	31	7,5	3,0	100	25	30	7,0	3,0	88	28	33
17	6,0	2,0	85	27	32	7,5	3,0	90	29	34	7,0	3,0	101	28	33	6,0	3,0	90	28	33
18	6,0	3,0	112	30	35	6,0	3,0	98	27	32	6,5	3,0	97	26	31	6,5	3,0	103	25	30
19	7,0	3,0	96	30	35	7,0	3,0	98	31	36	6,0	3,0	95	27	32	6,0	3,0	83	31	36
20	5,0	2,0	107	24	29	5,5	3,0	85	28	33	8,0	4,0	98	28	33	6,5	3,0	92	27	32
Med	6,50	3,00	100	26	31	6,65	2,90	99	27	32	6,50	3,05	99	26	31	7,08	3,25	96	27	32
Desv	0,99	0,65	11	3	3	0,97	0,55	9	2	2	0,83	0,51	8	2	2	0,75	0,44	9	3	3
CV	15,18	21,63	10,93	10,03	8,43	14,66	19,05	9,34	8,40	7,07	12,73	16,74	8,28	6,79	5,69	10,58	13,67	9,45	9,59	8,09

Anexo 16

Resultado del Crecimiento Longitudinal de Lombrices

N°	15/04/2022				22/04/2022				29/04/2022				06/05/2022				27/05/2022				09/06/2022				21/06/2022				20/07/2022				11/08/2022			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
1	1,7	1,5	0	1,7	1,9	2,0	1,7	2,0	1,9	2,1	1,9	2,3	2,1	2,3	2,9	2,9	3,5	3,3	3,5	3,8	2,5	3,5	2,5	3,5	6,0	9,0	6,5	6,5	6,5	9,0	5,0	5,5	8,0	9,0	9,0	6,5
2	1,6	1,5	0	1,6	1,9	1,9	1,5	1,9	1,9	2,0	1,9	2,3	2,1	2,3	2,5	2,9	3,3	3,2	3,2	3,3	3,5	3,5	3,5	4,5	5,0	8,0	6,5	5,0	6,0	8,0	5,0	5,5	7,0	8,0	7,0	8,0
3	1,5	1,5	0	1,5	1,8	1,8	1,5	1,9	1,9	1,9	1,9	2,2	2,0	2,2	2,3	2,9	3,3	3,0	3,1	3,3	3,5	3,5	3,5	4,5	5,0	7,0	5,5	5,0	5,5	8,0	5,0	5,5	7,0	8,0	7,0	7,0
4	1,4	1,4	0	1,4	1,5	1,8	1,4	1,8	1,8	1,9	1,8	2,1	2,0	2,1	2,3	2,7	3,2	3,0	2,8	3,0	3,5	3,0	3,5	4,5	5,0	6,0	5,5	5,0	5,0	7,0	5,5	5,0	6,5	7,0	6,5	6,5
5	1,3	1,4	0	1,4	1,5	1,6	1,4	1,8	1,7	1,9	1,8	2,1	2,0	2,0	2,3	2,6	3,0	2,5	2,6	2,9	3,0	3,0	3,0	4,0	5,0	6,0	4,5	4,5	5,0	7,0	5,5	5,0	6,5	7,0	6,5	6,0
6	1,3	1,4	0	1,3	1,4	1,5	1,3	1,8	1,7	1,8	1,7	2,1	1,9	2,0	2,1	2,6	3,0	2,4	2,6	2,9	3,0	3,0	3,0	4,0	5,0	4,5	4,5	4,0	5,0	6,5	5,5	5,0	6,5	6,5	6,5	8,0
7	1,3	1,3	0	1,3	1,3	1,5	1,3	1,7	1,6	1,8	1,6	2,0	1,9	1,9	2,0	2,5	2,5	2,3	2,5	2,8	3,0	3,0	3,0	3,5	4,5	4,5	4,5	4,0	5,0	6,5	6,0	5,0	6,0	6,0	6,0	5,5
8	1,3	1,2	0	1,2	1,3	1,4	1,2	1,7	1,6	1,8	1,5	2,0	1,8	1,9	1,9	2,3	2,3	2,3	2,5	2,6	3,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	4,0	4,0	4,5	5,0	6,0	5,0	6,0	6,0	6,0	5,0
9	1,2	1,1	0	1	1,3	1,4	1,2	1,6	1,5	1,7	1,4	1,9	1,8	1,9	1,9	2,3	2,0	2,3	2,4	2,5	2,5	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	4,0	4,0	4,5	5,0	6,0	4,5	6,0	6,0	6,0	5,0
10	1,2	1	0	1	1,3	1,3	1,0	1,6	1,4	1,6	1,4	1,8	1,8	1,8	1,8	2,3	2,0	2,1	2,3	2,5	2,5	2,5	3,0	3,0	3,5	4,5	4,0	3,5	4,5	4,5	6,5	4,5	6,0	5,5	6,0	8,0
11	1,1	0,9	0	1	1,2	1,3	1,0	1,3	1,2	1,5	1,4	1,8	1,7	1,7	1,7	2,1	1,8	2,1	2,3	2,3	2,5	2,5	2,5	3,0	3,5	4,5	4,0	3,5	4,0	4,5	6,5	4,5	5,5	5,5	5,0	7,5
12	1	0,7	0	0,8	1,0	1,2	1,0	1,2	1,1	1,3	1,2	1,7	1,6	1,7	1,3	2,0	1,8	1,7	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	3,0	3,5	3,5	3,5	3,5	4,0	4,0	8,0	4,0	5,5	5,0	5,0	4,5
13	1,1	1	0	1,4	1,7	1,8	1,2	1,9	1,3	1,3	1,4	1,9	2,0	2,1	1,9	2,5	2,6	2,5	2,6	3,0	3,0	3,0	3,0	3,5	5,0	8,0	6,0	4,5	6,5	9,0	8,0	5,0	5,5	5,5	8,0	8,5
14	1,3	0,8	0	1,1	1,8	1,5	1,1	1,6	1,5	1,9	1,5	2,0	1,9	2,0	2,8	2,9	2,3	2,8	3,0	3,6	3,0	3,0	3,5	4,0	4,0	4,0	5,5	5,0	5,5	8,0	5,5	4,0	8,0	6,5	5,0	5,5
15	1,5	1,6	0	1,2	1,2	1,6	1,6	1,7	1,6	1,9	1,8	1,8	1,8	2,3	2,4	2,0	3,0	2,4	2,4	3,3	2,5	2,5	3,0	4,0	4,5	5,5	4,0	5,5	5,0	4,5	5,0	4,5	7,0	6,0	5,5	4,5
16	1,4	1,3	0	1,6	1,4	1,7	1,4	1,8	1,8	2,0	1,6	1,9	1,7	1,9	2,0	2,1	2,7	2,3	2,5	2,9	3,0	3,5	2,5	3,5	5,5	4,5	4,5	3,5	4,0	6,0	6,5	5,5	6,0	7,0	7,6	5,0
17	1,6	1,2	0	1,2	1,4	1,6	1,5	1,5	1,5	1,8	1,7	2,0	1,9	1,8	2,2	2,7	2,5	3,0	2,6	3,1	2,5	2,5	2,5	3,5	3,5	5,5	4,0	4,5	5,0	4,0	5,0	5,0	6,5	7,5	6,5	5,0
18	1,3	0,8	0	1,1	1,8	1,5	1,1	1,6	1,5	1,9	1,5	2,0	1,9	2,0	2,8	2,9	2,3	2,8	3,0	3,6	3,0	3,0	3,5	4,0	4,0	4,0	5,5	5,0	5,5	8,0	5,5	4,0	8,0	6,5	5,0	5,5
19	1,5	1,6	0	1,2	1,2	1,6	1,6	1,7	1,6	1,9	1,8	1,8	1,8	2,3	2,4	2,0	3,0	2,4	2,4	3,3	2,5	2,5	3,0	4,0	4,5	5,5	4,0	5,5	5,0	4,5	5,0	4,5	7,0	6,0	5,5	5,0
20	1,4	1,3	0	1,6	1,4	1,7	1,4	1,8	1,8	2,0	1,6	1,9	1,7	1,9	2,0	2,1	2,7	2,3	2,5	2,9	3,0	3,5	2,5	3,5	5,5	4,5	4,5	3,5	4,0	6,0	6,5	5,5	6,0	7,0	7,6	5,5
Med	1,4	1,2	0,0	1,3	1,5	1,6	1,3	1,7	1,6	1,8	1,6	2,0	1,9	2,0	2,2	2,5	2,6	2,5	2,6	3,0	2,9	2,9	3,0	3,7	4,5	5,4	4,8	4,5	5,0	6,3	5,9	4,9	6,5	6,6	6,4	6,1

Nota: Datos obtenidos de las lombrices juveniles eclosionadas.

Anexo 17

Archivo Fotográfico



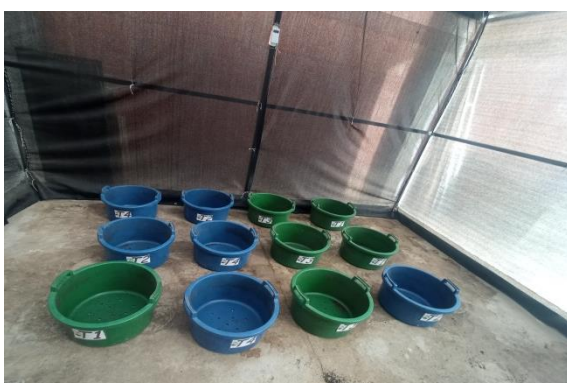
Fotografía 1

Traslado de estiércol a la empresa Puruma



Fotografía 2

Lavado del estiércol en la piscina



Fotografía 3

Distribución de los tratamientos en estudio



Fotografía 4

Inoculación de lombrices a los tratamientos de producción



Fotografía 5

Medición de la temperatura del sustrato productivo



Fotografía 6

Control de pH del sustrato productivo



Fotografía 7
Recolección de cocones para la evaluación fenológica y morfológica



Fotografía 8
Acoplamiento de lombrices adultas



Fotografía 9
Evaluación de la incubación de los cocones



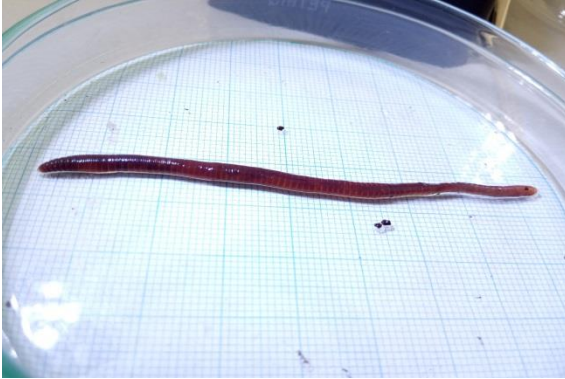
Fotografía 10
Primeras eclosiones observadas y registradas



Fotografía 11
Crecimiento de una lombriz roja californiana



Fotografía 12
Evaluación del crecimiento longitudinal de una lombriz juvenil



Fotografía 13
Evaluación de parámetros morfológicos de una lombriz adulta



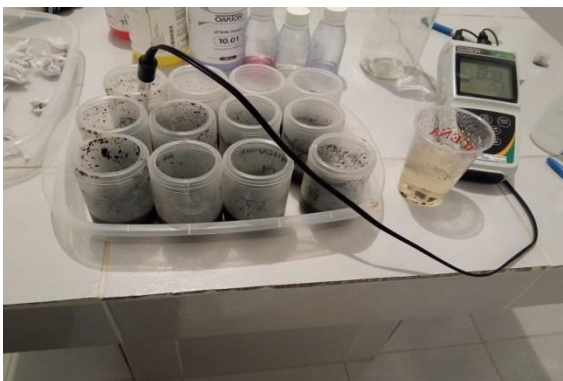
Fotografía 14
Tamizado del humus de lombriz producido



Fotografía 15
Cosecha del humus de lombriz



Fotografía 16
Preparación y empaquetado de la muestra, para el envío al laboratorio



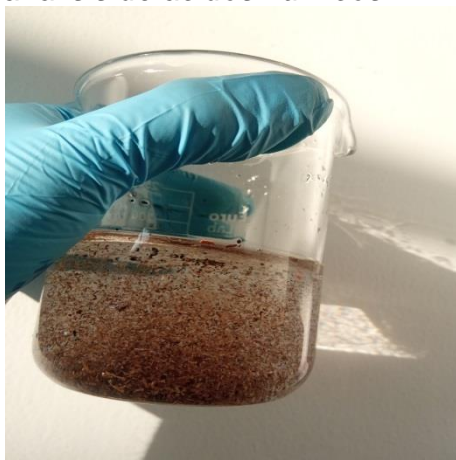
Fotografía 17
Medición de pH del humus de lombriz producido



Fotografía 18
Secado en estufa a 70°C durante 24h del humus producido



Fotografía 19
Preparación de la muestra, para análisis de ácidos húmicos



Fotografía 21
Material orgánico particulado (partículas en suspensión)



Fotografía 23
Imagen de MOP perteneciente al humus de lombriz



Fotografía 20
Ácidos húmicos (sedimentación de color oscuro) y fúlvicos (sobrenadante de color amarillento)



Fotografía 22
Imagen de MOP perteneciente al sustrato inicial de vermicompostaje



Fotografía 24
Prueba de germinación para registrar la viabilidad de las semillas de rabanito



Fotografía 25

Evaluación del índice de germinación con rabanito del humus producido



Fotografía 26

Emergencia de cotiledones pertenecientes al rabanito utilizado en el índice de germinación




Fotografía 27

Aplicación del humus de lombriz producido, en la preparación de sustrato dentro de las actividades desarrolladas en la Empresa Puruma.

Anexo 18

Informe de los Resultados de Laboratorio



PURUMA Agricultura Regenerativa
Laboratorio AgroAmbiental
"La Casa del Agricultor"

N° PURUMA 021- 2022

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE HUMUS DE LOMBRIZ

Cliente	Israel Macario Limachi Ledezma
Responsables de análisis	Daniela Ninoska Tola Garfias ANALISTA DE LABORATORIO
Fecha de recepción de muestra	04/08/2022
Fecha de emisión de informe	12/08/2022
Código de la muestra	T1R1
Código Laboratorio	LMOS-001


RESULTADOS

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR	MÉTODO DE ENSAYO	
Contenido de humedad	%	59,20	Gravimétrico	
Densidad aparente	g/cc	0,52	Probeta	
pH (1:5)	-	7,96	Potenciómetro	
Conductividad eléctrica	dS/m	3,50	Potenciómetro	
Materia Orgánica	%	35,40	Walkley y Black	
C/N	%	10,64	Calculo	
Nitrógeno total	%	1,93	Kjeldahl	
Materia orgánica particulada (MOP)	Materia Orgánica particulada	%	0,497	tamizado en Húmedo
	Material Inorgánico	%	4,13	
Extracto Masa de Ácidos Húmicos (EMAH)	%	79,10	Extracción con NaOH	



Ing. Miguel Ángel Lopez
Responsable técnico
PURUMA Agricultura Regenerativa

CONTACTOS: Empresa: Avenida Hacia el mar, Urb: CBN, Viacha #2045 ,Correo Electrónico: puruma.bolivia@gmail.com
Redes sociales: Puruma Celular: +591 74015451; +591 77732819



PURUMA Agricultura Regenerativa
Laboratorio AgroAmbiental
"La Casa del Agricultor"


N° PURUMA 022- 2022

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE HUMUS DE LOMBRIZ

Cliente	Israel Macario Limachi Ledezma
Responsables de análisis	Daniela Ninoska Tola Garfias ANALISTA DE LABORATORIO
Fecha de recepción de muestra	04/08/2022
Fecha de emisión de informe	12/08/2022
Código de la muestra	T2R1
Código Laboratorio	LMOS-002

RESULTADOS

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR	MÉTODO DE ENSAYO	
Contenido de humedad	%	62,73	Gravimétrico	
Densidad aparente	g/cc	0,51	Probeta	
pH (1:5)	-	8,40	Potenciómetro	
Conductividad eléctrica	dS/m	3,00	Potenciómetro	
Materia Orgánica	%	31,60	Walkley y Black	
C/N	%	10,84	Calculo	
Nitrógeno total	%	1,69	Kjeldahl	
Materia orgánica particulada (MOP)	Materia Orgánica particulada	%	0,533	tamizado en Húmedo
	Material Inorgánico	%	2,64	
Extracto Masa de Ácidos Húmicos (EMAH)	%	70,80	Extracción con NaOH	



Ing. Miguel Ángel Lopez
Responsable técnico
PURUMA Agricultura Regenerativa

CONTACTOS: Empresa: Avenida Hacia el mar, Urb: CBN, Viacha #2045 ,Correo Electrónico: puruma.bolivia@gmail.com
Redes sociales: Puruma Celular: +591 74015451; +591 77732819



PURUMA Agricultura Regenerativa
Laboratorio AgroAmbiental
"La Casa del Agricultor"

N° PURUMA 023- 2022

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE HUMUS DE LOMBRIZ

Cliente	Israel Macario Limachi Ledezma
Responsables de análisis	Daniela Ninoska Tola Garfias ANALISTA DE LABORATORIO
Fecha de recepción de muestra	04/08/2022
Fecha de emisión de informe	12/08/2022
Código de la muestra	T3R1
Código Laboratorio	LMOS-003

RESULTADOS

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR	MÉTODO DE ENSAYO	
Contenido de humedad	%	61,30	Gravimétrico	
Densidad aparente	g/cc	0,52	Probeta	
pH (1:5)	-	8,10	Potenciómetro	
Conductividad eléctrica	dS/m	3,18	Potenciómetro	
Materia Orgánica	%	23,00	Walkley y Black	
C/N	%	7,85	Calculo	
Nitrógeno total	%	1,70	Kjeldahl	
Materia orgánica particulada (MOP)	Materia Orgánica particulada	%	0,45	Tamizado en Húmedo
	Material Inorgánico	%	5,21	
Extracto Masa de Ácidos Húmicos (EMAH)	%	73,10	Extracción con NaOH	


Ing. Miguel Ángel Lopez
Responsable técnico
PURUMA Agricultura Regenerativa

CONTACTOS: Empresa: Avenida Hacia el mar, Urb: CBN, Viacha #2045 ,Correo Electrónico: puruma.bolivia@gmail.com
Redes sociales: Puruma Celular: +591 74015451; +591 77732819



PURUMA Agricultura Regenerativa
Laboratorio AgroAmbiental
"La Casa del Agricultor"

N° PURUMA 024- 2022

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE HUMUS DE LOMBRIZ

Cliente	Israel Macario Limachi Ledezma
Responsables de análisis	Daniela Ninoska Tola Garfias ANALISTA DE LABORATORIO
Fecha de recepción de muestra	04/08/2022
Fecha de emisión de informe	12/08/2022
Código de la muestra	T4R1
Código Laboratorio	LMOS-004

RESULTADOS

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR	MÉTODO DE ENSAYO	
Contenido de humedad	%	55,62	Gravimétrico	
Densidad aparente	g/cc	0,54	Probeta	
pH (1:5)	-	8,35	Potenciómetro	
Conductividad eléctrica	dS/m	3,22	Potenciómetro	
Materia Orgánica	%	32,30	Walkley y Black	
C/N	%	9,71	Calculo	
Nitrógeno total	%	1,93	Kjeldahl	
Materia orgánica particulada (MOP)	Materia Orgánica particulada	%	0,28	Tamizado en Húmedo
	Material Inorgánico	%	3,74	
Extracto Masa de Ácidos Húmicos (EMAH)	%	69,60	Extracción con NaOH	


Ing. Miguel Ángel Lopez
Responsable técnico
PURUMA Agricultura Regenerativa

CONTACTOS: Empresa: Avenida Hacia el mar, Urb: CBN, Viacha #2045 ,Correo Electrónico: puruma.bolivia@gmail.com
Redes sociales: Puruma Celular: +591 74015451; +591 77732819



PURUMA Agricultura Regenerativa
Laboratorio AgroAmbiental
"La Casa del Agricultor"

N° PURUMA 025- 2022

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE HUMUS DE LOMBRIZ

Cliente	Israel Macario Limachi Ledezma
Responsables de análisis	<i>Daniela Ninaska Tola Garfias</i> ANALISTA DE LABORATORIO
Fecha de recepción de muestra	04/08/2022
Fecha de emisión de informe	12/08/2022
Código de la muestra	T1R2
Código Laboratorio	LMOS-005

RESULTADOS

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR	MÉTODO DE ENSAYO
Contenido de humedad	%	53,75	Gravimétrico
Densidad aparente	g/cc	0,55	Probeta
pH (1:5)	-	8,02	Potenciómetro
Conductividad eléctrica	dS/m	3,26	Potenciómetro
Materia Orgánica	%	26,50	Walkley y Black
C/N	%	8,35	Calculo
Nitrógeno total	%	1,84	Kjeldahl
Materia orgánica particulada (MOP)	Materia Orgánica particulada	%	tamizado en Húmedo
	Materia Inorgánica	%	
Extracto Masa de Ácidos Húmicos (EMAH)	%	75,20	Extracción con NaOH


Ing. Miguel Ángel Lopez
Responsable técnico
PURUMA Agricultura Regenerativa

CONTACTOS: Empresa: Avenida Hacia el mar, Urb: CBN, Viacha #2045 ,Correo Electrónico: puruma.bolivia@gmail.com
Redes sociales: Puruma Celular: +591 74015451; +591 77732819



PURUMA Agricultura Regenerativa
Laboratorio AgroAmbiental
"La Casa del Agricultor"

N° PURUMA 026- 2022

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE HUMUS DE LOMBRIZ

Cliente	Israel Macario Limachi Ledezma
Responsables de análisis	<i>Daniela Ninaska Tola Garfias</i> ANALISTA DE LABORATORIO
Fecha de recepción de muestra	04/08/2022
Fecha de emisión de informe	12/08/2022
Código de la muestra	T2R2
Código Laboratorio	LMOS-006

RESULTADOS

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR	MÉTODO DE ENSAYO
Contenido de humedad	%	56,58	Gravimétrico
Densidad aparente	g/cc	0,55	Probeta
pH (1:5)	-	7,88	Potenciómetro
Conductividad eléctrica	dS/m	3,40	Potenciómetro
Materia Orgánica	%	16,90	Walkley y Black
C/N	%	5,70	Calculo
Nitrógeno total	%	1,72	Kjeldahl
Materia orgánica particulada (MOP)	Materia Orgánica particulada	%	Tamizado en Húmedo
	Materia Inorgánica	%	
Extracto Masa de Ácidos Húmicos (EMAH)	%	77,50	Extracción con NaOH


Ing. Miguel Ángel Lopez
Responsable técnico
PURUMA Agricultura Regenerativa

CONTACTOS: Empresa: Avenida Hacia el mar, Urb: CBN, Viacha #2045 ,Correo Electrónico: puruma.bolivia@gmail.com
Redes sociales: Puruma Celular: +591 74015451; +591 77732819



PURUMA Agricultura Regenerativa
Laboratorio AgroAmbiental
"La Casa del Agricultor"

N° PURUMA 027- 2022

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE HUMUS DE LOMBRIZ

Cliente	Israel Macario Limachi Ledezma
Responsables de análisis	Daniela Ninoska Tola Garfias ANALISTA DE LABORATORIO
Fecha de recepción de muestra	04/08/2022
Fecha de emisión de informe	12/08/2022
Código de la muestra	T3R2
Código Laboratorio	LMOS-007

RESULTADOS

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR	MÉTODO DE ENSAYO	
Contenido de humedad	%	55,97	Gravimétrico	
Densidad aparente	g/cc	0,52	Probeta	
pH (1:5)	-	7,94	Potenciómetro	
Conductividad eléctrica	dS/m	3,22	Potenciómetro	
Materia Orgánica	%	17,90	Walkley y Black	
C/N	%	5,49	Calculo	
Nitrógeno total	%	1,89	Kjeldahl	
Materia orgánica particulada (MOP)	Materia Orgánica particulada	%	0,54	Tamizado en Húmedo
	Material Inorgánico	%	3,67	
Extracto Masa de Ácidos Húmicos (EMAH)	%	77,40	Extracción con NaOH	


Ing. Miguel Ángel Lopez
Responsable técnico
PURUMA Agricultura Regenerativa

CONTACTOS: Empresa: Avenida Hacia el mar, Urb: CBN, Viacha #2045 ,Correo Electrónico: puruma.bolivia@gmail.com
Redes sociales: Puruma Celular: +591 74015451; +591 77732819



PURUMA Agricultura Regenerativa
Laboratorio AgroAmbiental
"La Casa del Agricultor"

N° PURUMA 028- 2022

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE HUMUS DE LOMBRIZ

Cliente	Israel Macario Limachi Ledezma
Responsables de análisis	Daniela Ninoska Tola Garfias ANALISTA DE LABORATORIO
Fecha de recepción de muestra	04/08/2022
Fecha de emisión de informe	12/08/2022
Código de la muestra	T4R2
Código Laboratorio	LMOS-008

RESULTADOS

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR	MÉTODO DE ENSAYO	
Contenido de humedad	%	52,02	Gravimétrico	
Densidad aparente	g/cc	0,55	Probeta	
pH (1:5)	-	8,15	Potenciómetro	
Conductividad eléctrica	dS/m	3,10	Potenciómetro	
Materia Orgánica	%	16,90	Walkley y Black	
C/N	%	5,39	Calculo	
Nitrógeno total	%	1,82	Kjeldahl	
Materia orgánica particulada (MOP)	Materia Orgánica particulada	%	0,477	Tamizado en Húmedo
	Material Inorgánico	%	3,45	
Extracto Masa de Ácidos Húmicos (EMAH)	%	75,30	Extracción con NaOH	


Ing. Miguel Ángel Lopez
Responsable técnico
PURUMA Agricultura Regenerativa

CONTACTOS: Empresa: Avenida Hacia el mar, Urb: CBN, Viacha #2045 ,Correo Electrónico: puruma.bolivia@gmail.com
Redes sociales: Puruma Celular: +591 74015451; +591 77732819



PURUMA Agricultura Regenerativa
Laboratorio AgroAmbiental
"La Casa del Agricultor"

N° PURUMA 029- 2022

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE HUMUS DE LOMBRIZ

Cliente	Israel Macario Limachi Ledezma
Responsables de análisis	<i>Daniela Ninoska Tola Garfias</i> ANALISTA DE LABORATORIO
Fecha de recepción de muestra	04/08/2022
Fecha de emisión de informe	12/08/2022
Código de la muestra	T1R3
Código Laboratorio	LMOS-009

RESULTADOS

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR	MÉTODO DE ENSAYO	
Contenido de humedad	%	59,93	Gravimétrico	
Densidad aparente	g/cc	0,50	Probeta	
pH (1:5)	-	8,06	Potenciómetro	
Conductividad eléctrica	dS/m	3,63	Potenciómetro	
Materia Orgánica	%	28,90	Walkley y Black	
C/N	%	8,42	Calculo	
Nitrógeno total	%	1,99	Kjeldahl	
Materia orgánica particulada (MOP)	Materia Orgánica particulada	%	0,39	Tamizado en Húmedo
	Material Inorgánico	%	3,96	
Extracto Masa de Ácidos Húmicos (EMAH)	%	79,20	Extracción con NaOH	


Ing. Miguel Ángel López
Responsable técnico
PURUMA Agricultura Regenerativa

CONTACTOS: Empresa: Avenida Hacia el mar, Urb: CBN, Viacha #2045 ,Correo Electrónico: puruma.bolivia@gmail.com
Redes sociales: Puruma Celular: +591 74015451; +591 77732819



PURUMA Agricultura Regenerativa
Laboratorio AgroAmbiental
"La Casa del Agricultor"

N° PURUMA 030- 2022

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE HUMUS DE LOMBRIZ

Cliente	Israel Macario Limachi Ledezma
Responsables de análisis	<i>Daniela Ninoska Tola Garfias</i> ANALISTA DE LABORATORIO
Fecha de recepción de muestra	04/08/2022
Fecha de emisión de informe	12/08/2022
Código de la muestra	T2R3
Código Laboratorio	LMOS-010

RESULTADOS

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR	MÉTODO DE ENSAYO	
Contenido de humedad	%	60,29	Gravimétrico	
Densidad aparente	g/cc	0,50	Probeta	
pH (1:5)	-	8,15	Potenciómetro	
Conductividad eléctrica	dS/m	3,35	Potenciómetro	
Materia Orgánica	%	23,00	Walkley y Black	
C/N	%	6,57	Calculo	
Nitrógeno total	%	2,03	Kjeldahl	
Materia orgánica particulada (MOP)	Materia Orgánica particulada	%	0,49	Tamizado en Húmedo
	Material Inorgánico	%	3,93	
Extracto Masa de Ácidos Húmicos (EMAH)	%	82,00	Extracción con NaOH	


Ing. Miguel Ángel López
Responsable técnico
PURUMA Agricultura Regenerativa

CONTACTOS: Empresa: Avenida Hacia el mar, Urb: CBN, Viacha #2045 ,Correo Electrónico: puruma.bolivia@gmail.com
Redes sociales: Puruma Celular: +591 74015451; +591 77732819



PURUMA Agricultura Regenerativa
Laboratorio AgroAmbiental
"La Casa del Agricultor"

N° PURUMA 031- 2022

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE HUMUS DE LOMBRIZ

Cliente	Israel Macario Limachi Ledezma
Responsables de análisis	<i>Daniela Ninoska Tola Garfias</i> ANALISTA DE LABORATORIO
Fecha de recepción de muestra	04/08/2022
Fecha de emisión de informe	12/08/2022
Código de la muestra	T3R3
Código Laboratorio	L MOS-011

RESULTADOS

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR	MÉTODO DE ENSAYO	
Contenido de humedad	%	53,47	Gravimétrico	
Densidad aparente	g/cc	0,53	Probeta	
pH (1:5)	-	7,87	Potenciómetro	
Conductividad eléctrica	dS/m	3,42	Potenciómetro	
Materia Orgánica	%	36,10	Walkley y Black	
C/N	%		Calculo	
Nitrógeno total	%	2,08	Kjeldahl	
Materia orgánica particulada (MOP)	Materia Orgánica particulada	%	0,41	Tamizado en Húmedo
	Material Inorgánico	%	4,04	
Extracto Masa de Ácidos Húmicos (EMAH)	%	82,00	Extracción con NaOH	


Ing. Miguel Ángel Lopez
Responsable técnico
PURUMA Agricultura Regenerativa

CONTACTOS: Empresa: Avenida Hacia el mar, Urb: CBN, Viacha #2045, Correo Electrónico: puruma.bolivia@gmail.com
Redes sociales: Puruma Celular: +591 74015451; +591 77732819



PURUMA Agricultura Regenerativa
Laboratorio AgroAmbiental
"La Casa del Agricultor"

N° PURUMA 032- 2022

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE HUMUS DE LOMBRIZ

Cliente	Israel Macario Limachi Ledezma
Responsables de análisis	<i>Daniela Ninoska Tola Garfias</i> ANALISTA DE LABORATORIO
Fecha de recepción de muestra	04/08/2022
Fecha de emisión de informe	12/08/2022
Código de la muestra	T4R3
Código Laboratorio	L MOS-012

RESULTADOS

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR	MÉTODO DE ENSAYO	
Contenido de humedad	%	51,04	Gravimétrico	
Densidad aparente	g/cc	0,52	Probeta	
pH (1:5)	-	8,08	Potenciómetro	
Conductividad eléctrica	dS/m	3,02	Potenciómetro	
Materia Orgánica	%	25,10	Walkley y Black	
C/N	%		Calculo	
Nitrógeno total	%	1,87	Kjeldahl	
Materia orgánica particulada (MOP)	Materia Orgánica particulada	%	0,47	Tamizado en Húmedo
	Material Inorgánico	%	3,79	
Extracto Masa de Ácidos Húmicos (EMAH)	%	75,60	Extracción con NaOH	


Ing. Miguel Ángel Lopez
Responsable técnico
PURUMA Agricultura Regenerativa

CONTACTOS: Empresa: Avenida Hacia el mar, Urb: CBN, Viacha #2045, Correo Electrónico: puruma.bolivia@gmail.com
Redes sociales: Puruma Celular: +591 74015451; +591 77732819