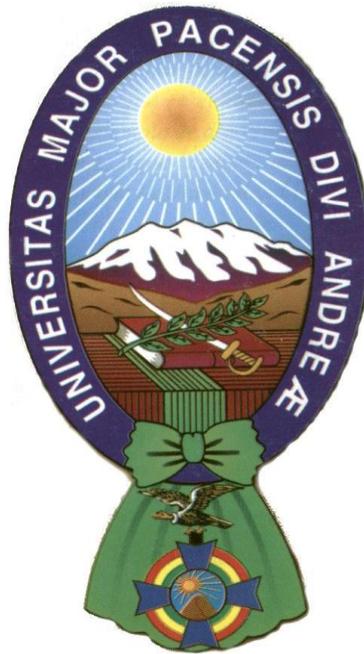


UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TESIS DE GRADO

DESARROLLO POBLACIONAL DE LA LOMBRIZ ROJA (*Eisenia foetida*) EN  
RELACIÓN A SUSTRATOS A BASE DE ESTIERCOL Y RASTROJO DE  
CEBADA

Raquel Paola SULLCATA CHÁVEZ

LA PAZ – BOLIVIA

2014

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
INGENIERÍA AGRONÓMICA

**DESARROLLO POBLACIONAL DE LA LOMBRIZ ROJA (*Eisenia foetida*)  
EN RELACIÓN A SUSTRATOS A BASE DE ESTIERCOL Y RASTROJO DE  
CEBADA**

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

RAQUEL PAOLA SULLCATA CHÁVEZ

**Asesor:**

Ing. Freddy Carlos Mena Herrera .....

**Tribunal Examinador:**

M.Sc. René Terán Céspedes .....

M.Sc. Rubén Trigo Riveros .....

Ing. Carlos Perez Limache .....

**Aprobado**

**Presidente Tribunal Examinador** .....

## DEDICATORIA

A Dios por su ayuda y dirección  
a mi papá (José) por su apoyo y confianza  
en la elaboración de la tesis,  
a mi mamá (Damiana) por su ayuda en este trabajo,  
a Lucila (hermana) por su ayuda en la elaboración del documento,  
a mis hermanos Jorge y Ronald por su apoyo moral,  
a Jhoel Obed, Jared y Alejandro (sobrinos) por su cariño.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la vida, sabiduría y su dirección para concluir mis estudios en el presente trabajo.

A la Universidad Mayor de San Andrés a la carrera de Ingeniería Agronómica por acogerme, brindarme conocimiento y permitir formarme profesionalmente. A mis docentes quienes con mucha paciencia impartieron sus conocimientos y enseñanza.

A los tribunales M.Sc. René Terán Céspedes, por la paciencia, dedicación en la revisión de la tesis, además por transmitirme su conocimiento y por la ayuda brindada incondicionalmente en la culminación de este documento.

Al MSc. Rubén Trigo Riveros, por la corrección, tiempo, sugerencias y apoyo académico e incondicional en la conclusión de este trabajo.

Al Ing. Carlos Pérez Limache, por el tiempo dedicado en la lectura de este documento, sugerencias y apoyo incondicional para la culminación de la tesis.

A mi Asesor Ing. Freddy Carlos Mena, por el apoyo en la realización de este documento y coadyuvar en la conclusión de la misma.

A la Estación Experimental de Patacamaya, por brindarme espacio físico y permitir realizar la investigación.

Al Centro Experimental de Cota-Cota, al Ing. William, Ing. Oliver por su apoyo académico y proporcionar materiales y ayuda en el proceso de investigación.

Al Ing. Eduardo Chilón por su apoyo logístico y moral para la realización de la tesis.

A mi familia por el apoyo en el estudio académico y confianza depositada para la realización de este trabajo

A mis amigas, quienes con su apoyo moral y espiritual ayudaron en la formación Académica y la elaboración de esta tesis. Y a todos mis amigos/as de la Carrera.

# ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
Índice General .....	i
Índice de Cuadros.....	vi
Índice de Figuras .....	vii
Índice de Anexos .....	viii
<b>1. INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Justificación.....	3
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>5</b>
2.1 Objetivo General.....	5
2.2 Objetivos Específicos.....	5
2.3 Hipótesis .....	5
<b>3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>6</b>
3.1 Origen de la Lombriz Roja .....	6
3.2 Biología de la Lombriz .....	6
3.3 Clasificación Taxonómica .....	6
3.4 Lombricultura .....	7
3.5 Especies de Lombrices utilizadas para la Transformación de Humus.....	7
3.5.1 Epigéicas .....	7
3.5.2 Endogéicas .....	7
3.5.3 Anécicas .....	8
3.6 Condiciones para su Desarrollo.....	8
3.6.1 Humedad .....	8

3.6.2 Temperatura .....	9
3.6.3 Luz .....	9
3.6.4 pH .....	10
3.6.5 Riego .....	10
3.6.6 Aireación .....	11
3.6.7 Densidad de Población .....	11
3.7 Características Externas .....	12
3.8 Características Internas .....	14
3.9 Manejo del Lombricultivo .....	16
3.9.1 Lombricario .....	16
3.9.1.1 Ambientes atemperados .....	16
3.9.1.2 Invernadero semi-subterráneo (Pankar-huyu) .....	17
3.9.2 Naturaleza de los Alimentos .....	18
3.9.3 Tipos de Alimentos ofrecidos a las Lombrices .....	19
3.9.3.1 Estiércol de especies domésticas .....	20
3.9.3.2 Estiércol de ovino .....	21
3.9.3.3 Estiércol de cuy .....	21
3.9.3.4 Rastrojo de cebada .....	22
3.9.4 Prueba de Supervivencia .....	22
3.9.5 Densidad de Siembra de la Lombriz Roja Californiana .....	23
3.9.6 Inoculación de lombrices .....	23
3.10 Reproducción .....	24
3.11 Muestreo de la Población de Lombriz .....	25
3.11.1 Método del Cilindro .....	25

3.12 Medición de Parámetros Ambientales .....	25
3.12.1 Medición de Temperatura .....	25
3.12.2 Medición de Humedad .....	25
3.12.3 Medición de pH (Prueba de Acidez) .....	26
3.13 Crecimiento Poblacional .....	26
3.14 Sanidad de la Lombriz .....	27
3.15 Plagas y Enfermedades de la Lombriz .....	27
<b>4. LOCALIZACIÓN.....</b>	<b>28</b>
4.1 Ubicación Geográfica.....	28
4.2 Características Ecológicas.....	28
<b>5. MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>29</b>
5.1 Diseño Experimental.....	29
5.1.1 Modelo Lineal Aditivo.....	29
5.1.2 Tratamiento.....	29
5.1.3 Croquis del Tratamiento.....	30
5.1.4 Establecimiento del Ensayo .....	30
5.2 Procedimiento Experimental .....	31
5.2.1 Toma de muestras .....	31
5.2.2 Evaluaciones en laboratorio.....	32
5.3 Trabajo de Campo .....	32
5.4 Establecimiento de Ambiente Atemperado .....	32
5.4.1 Ubicación y Delimitación de la Infraestructura .....	32
5.4.2 Construcción del Invernadero .....	32
5.5 Establecimiento de Hábitat .....	35

5.5.1 Preparación de Sustratos .....	35
5.5.2 Evaluación de Temperatura y Humedad .....	37
5.5.3 Prueba de Supervivencia.....	37
5.5.4 Inoculación de Lombrices .....	39
5.5.5 Control de Temperatura y pH .....	40
5.5.6. Control de Humedad, Riego y Aireación.....	41
5.6 Evaluación del Crecimiento de la Lombriz Roja.....	43
5.6.1 Parámetros de Crecimiento de la Lombriz.....	44
5.6.1.1 Longitud y diámetro de la lombriz .....	44
5.6.1.2 Peso de la lombriz .....	45
5.6.2 Crecimiento de la Lombriz en sus tres Fases Etológicas.....	45
5.6.2.1 Número de lombrices adultos. ....	45
5.6.2.2 Número de lombrices juveniles.....	46
5.6.2.3 Número de lombrices bebes .....	46
5.6.3 Número de Cocones.....	47
5.6.4 Biomasa de la Lombriz Roja Californiana .....	47
5.6.4.1 Crecimiento de la población de la lombriz roja californiana .....	47
5.6.5 Incidencia de Plagas y Enfermedades.....	48
5.7 Análisis Económicos de Costos Parciales .....	49
<b>6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>52</b>
6.1 Ambiente Atemperado .....	52
6.1.1 Ambiente Atemperado Pankar-huyu.....	52
6.1.2 Temperatura Ambiental del Pankar-huyu .....	52
6.2 Establecimiento de Hábitat .....	53

6.2.1 Prueba de Supervivencia.....	53
6.2.2 Inoculación de Lombrices .....	58
6.2.3 Temperatura y pH en el periodo de evaluación .....	58
6.2.3.1 Temperatura ambiental.....	58
6.2.3.2 Temperaturas del sustrato .....	60
6.2.4 Humedad .....	61
6.3 Evaluación del Crecimiento de la Lombriz Roja.....	61
6.3.1 Parámetros de Crecimiento de la Lombriz Roja .....	61
6.3.1.1 Longitud y diámetro de la lombriz .....	61
6.3.1.2 Peso de la lombriz .....	63
6.3.2 Crecimiento de la lombriz en sus tres fases etológicas .....	64
6.3.2.1 Número de especímenes adultos .....	64
6.3.2.2 Número de especímenes juveniles .....	66
6.3.2.3 Número de especímenes bebés .....	67
6.3.3 Número de Cocones .....	68
6.3.4 Biomasa de las Lombrices.....	70
6.3.4.1 Crecimiento poblacional de la lombriz roja .....	71
6.4 Análisis Económico.....	75
6.4.1 Criterios utilizados para la obtención de precios.....	76
6.4.2 Costos de Producción por Tratamiento (bandejas de plástico).....	77
6.4.3 Ingresos Económicos por tratamientos (bandejas de plástico).....	78
6.4.4 Costos de Producción con proyección a superficies mayores (literas) .....	79
6.4.5 Ingresos Neto y Beneficio/Costo por la producción en literas.....	80

<b>7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>83</b>
7.1 Conclusiones .....	83
7.2 Recomendaciones .....	84
<b>8. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>86</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>89</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
<b>CUADRO N° 1.</b> Resultado de la prueba de supervivencia (Ps 50 L) de la lombriz roja.....	<b>54</b>
<b>CUADRO N° 2.</b> Tercera evaluación - prueba de supervivencia de la lombriz roja.....	<b>57</b>
<b>CUADRO N° 3.</b> Análisis de varianza para la población de cocones de la lombriz roja.....	<b>69</b>
<b>CUADRO N° 4.</b> Prueba de Duncan en la población de cocones de la lombriz roja californiana.....	<b>70</b>
<b>CUADRO N° 5.</b> Análisis de varianza de la cuarta evaluación - población total de la lombriz roja californiana .....	<b>74</b>
<b>CUADRO N° 6.</b> Prueba de Duncan para la cuarta evaluación de la población total de la lombriz roja californiana .....	<b>75</b>
<b>CUADRO N° 7</b> Costos de Producción de los diferentes tratamientos a base de estiércol y rastrojo de cebada .....	<b>77</b>
<b>CUADRO N° 8</b> Ingresos y Egresos por la implementación de criadero de lombriz en un sistema de pankar-huyu .....	<b>78</b>
<b>CUADRO N° 9</b> Costos de Producción de los cuatro tratamientos en literas .....	<b>80</b>
<b>CUADRO N° 10</b> Ingresos por la producción de lombriz con rendimiento ajustado en literas .....	<b>80</b>

## INDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
FIGURA N° 1. Croquis de la investigación, con la distribución de tratamientos.....	30
FIGURA N° 2. Cilindro muestral de PVC en el tratamiento 1 (estiércol de ovino). .....	31
FIGURA N° 3. Humedecido y excavado del área de emplazamiento del pankar-huyu .....	33
FIGURA N° 4. Pankar-huyu con la ventana central abierta .....	34
FIGURA N° 5. Preparación de sustratos (estiércol de ovino).....	36
FIGURA N° 6. Establecimiento de las unidades experimentales para el desarrollo poblacional de la lombriz roja .....	39
FIGURA N° 7. Medición de temperaturas de sustrato, pH y humedad en los tratamientos.....	40
FIGURA N° 8 Medición de la humedad de sustrato en el T1 (estiércol de ovino)...	42
FIGURA N° 9. Unidades experimentales cubiertas con esteras .....	42
FIGURA N° 10. Tercera evaluación, muestreo con el cilindro, luego puesto a recipientes de plástico .....	43
FIGURA N° 11. Medición de longitud y diámetro de la lombriz .....	44
FIGURA N° 12 Peso de diez lombrices adultas. ....	45
FIGURA N° 13. Lombriz adulta con la formación de un cocón .....	46
FIGURA N° 14. Lombriz bebé eclosionando del cocón .....	47
FIGURA N° 15. Limpieza con cal para exterminar hormigas rojas .....	48
FIGURA N° 16 Temperatura ambiental del pankar-huyu en la etapa de pre-establecimiento y establecimiento de la lombriz roja .....	53
FIGURA N° 17 Lombriz cubierto con estiércol de cuy.....	55
FIGURA N° 18 Temperaturas de sustratos en la etapa de supervivencia de la	

lombriz roja .....	56
FIGURA N° 19 Temperatura ambiental durante el periodo de evaluación de la lombriz roja .....	58
FIGURA N° 20 Pintado de botellas pett para reducir las temperaturas mínimas.....	59
FIGURA N° 21 Temperaturas de sustrato registrados en el desarrollo de las lombrices .....	60
FIGURA N° 22 Longitud de la lombriz roja californiana en su fase-adulto .....	62
FIGURA N° 23 Diámetro de la lombriz roja californiana en su fase-adulto .....	62
FIGURA N° 24 Peso de la lombriz roja californiana fase-adulta .....	64
FIGURA N° 25 Crecimiento de la población adulta de la lombriz californiana.....	65
FIGURA N° 26 Crecimiento de la población juvenil de la lombriz roja .....	66
FIGURA N° 27 Crecimiento de la población bebé de la lombriz roja californiana ...	67
FIGURA N° 28 Crecimiento de la población de cocones de la lombriz roja .....	68
FIGURA N° 29 Crecimiento poblacional de la lombriz roja .....	72

## ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
<b>FIGURA N° 1.</b> Recolección de lombrices de la Estación Experimental de Cota-Cota ....	<b>37</b>
<b>FIGURA N° 2.</b> Temperatura escalonada de sustrato y ambiente en la cría de lombrices.....	<b>41</b>
<b>FIGURA N° 3.</b> Humedad de sustrato en los tratamientos de la 1ra. prueba de supervivencia .....	<b>56</b>
<b>CUADRO N° 1.</b> Composición química del estiércol de animales domésticos.....	<b>21</b>
<b>CUADRO N° 2.</b> Composición química de la cebada .....	<b>22</b>
<b>CUADRO N° 3.</b> Datos del pH en los sustratos de la 3ra. prueba de supervivencia .....	<b>57</b>

<b>CUADRO N° 4.</b> Humedad de los sustratos en la tercera prueba de supervivencia .....	<b>58</b>
<b>CUADRO N° 5.</b> Análisis de varianza de la 1ª evaluación del cocón de la lombriz roja ....	<b>70</b>
<b>CUADRO N° 5.1.</b> Datos obtenidos en la 1ra. evaluación mediante la muestra de cilindro .....	<b>70</b>
<b>CUADRO N° 6.</b> Prueba de significancia DUNCAN 1ª evaluación del cocón de la lombriz roja .....	<b>70</b>
<b>CUADRO N° 7.</b> Análisis de varianza de 2ª evaluación del cocón de la lombriz roja .....	<b>70</b>
<b>CUADRO N° 7.1.</b> Datos obtenidos en la 2da. evaluación mediante la muestra de cilindro .....	<b>70</b>
<b>CUADRO N° 8.</b> Prueba de significancia Duncan 2ª evaluación del cocón de la lombriz roja .....	<b>70</b>
<b>CUADRO N° 9.</b> Análisis de varianza de la 3ª evaluación del cocón de la lombriz roja ....	<b>70</b>
<b>CUADRO N° 9.1.</b> Datos obtenidos en la 2da. evaluación mediante la muestra de cilindro .....	<b>70</b>
<b>CUADRO N° 10.</b> Prueba de significancia DUNCAN de la 3ª evaluación del cocón de la lombriz roja .....	<b>70</b>
<b>CUADRO N° 11.</b> Análisis de varianza del crecimiento poblacional de la lombriz roja (bebé, juvenil, adulta) .....	<b>74</b>
<b>CUADRO N° 12.</b> Prueba de significancia DUNCAN (crecimiento poblacional de la lombriz roja) .....	<b>74</b>
<b>CUADRO N° 13.</b> Cálculos previos para obtener el valor de la lombriz roja .....	<b>76</b>
<b>CUADRO N° 14.</b> Costo de adquisición del estiércol de ovino por volqueta .....	<b>76</b>
<b>CUADRO N° 15.</b> Costo de adquisición del rastrojo de cebada por volqueta .....	<b>76</b>
<b>CUADRO N° 16.</b> Volumen total del Sustrato ofertado a las lombrices en el periodo de evaluación para todos los tratamientos en bandejas. ....	<b>76</b>
<b>CUADRO N° 16.1.</b> Sustrato ofertado a las lombrices en toda la evaluación .....	<b>76</b>
<b>CUADRO N° 17.</b> Costos de Producción del Pankar-huyu en base a “Análisis de Costos Unitarios” .....	<b>76</b>
<b>CUADRO N° 17.1.</b> Cálculos de Alquiler del pankar-huyu .....	<b>76</b>

<b>CUADRO N° 18.</b> Costos de Producción de la litera en base a “Análisis de Costos Unitarios” .....	<b>76</b>
<b>CUADRO N° 18.1.</b> Cálculos de Alquiler de la litera (10 x 1 x 0,35) m <sup>3</sup> .....	<b>76</b>
<b>CUADRO N° 19.</b> Cálculo - mano de obra en horas (lombricario en pankar-huyu).....	<b>77</b>
<b>CUADRO N° 19.1.</b> Cálculos previos para la mano de obra (lombricario en literas) .....	<b>77</b>
<b>CUADRO N° 20.</b> Costos de Producción de la lombriz roja californiana en sistema de bandejas de plástico en pankar-huyu .....	<b>77</b>
<b>CUADRO N° 20.1.</b> Costos de Producción del T1 (100% estiércol de ovino) .....	<b>77</b>
<b>CUADRO N° 20.2.</b> Costos de Producción del T2 (75 % E. ovino + 25 % R. cebada).....	<b>77</b>
<b>CUADRO N° 20.3.</b> Costos de Producción del T3 (50 % E. ovino + 50 % R. cebada).....	<b>77</b>
<b>CUADRO N° 20.4.</b> Costos de Producción del T4 (25 % E. ovino + 75 % R. cebada).....	<b>77</b>
<b>CUADRO N° 21.</b> Volumen final del sustrato para obtener la cantidad de lombrices por tratamiento (bandejas).....	<b>78</b>
<b>CUADRO N° 21.1.</b> Peso total de lombrices adultas y juveniles en bandejas por tratamientos.....	<b>78</b>
<b>CUADRO N° 21.2.</b> Cantidad y peso de la lombriz roja californiana población juvenil y adulta en los cuatro tratamientos (última evaluación - muestra del cilindro).....	<b>78</b>
<b>CUADRO N° 21.3.</b> Peso de la Población juvenil de la lombriz en la muestra del cilindro.....	<b>78</b>
<b>CUADRO N° 21.4.</b> Peso de la Población adulta de la lombriz roja en la muestra del cilindro .....	<b>78</b>
<b>CUADRO N° 22.</b> Peso de las lombrices obtenidas en el cilindro, bandeja y litera (Población juvenil y adulta) .....	<b>78</b>
<b>CUADRO N° 23.</b> Ingreso bruto e Ingreso neto en la producción de lombrices para los cuatro tratamientos en sistema de bandejas .....	<b>78</b>
<b>CUADRO N° 23.1.</b> Análisis del ingreso bruto y neto del Tratamiento 1 (100 % estiércol de ovino) .....	<b>78</b>
<b>CUADRO N° 23.2.</b> Análisis del ingreso bruto y neto del T2 (75 % E. de ovino + 25 % R. de cebada).....	<b>78</b>
<b>CUADRO N° 23.3.</b> Análisis del ingreso bruto y neto del T3 (50 % E. de ovino + 50 % R. de cebada).....	<b>78</b>

<b>CUADRO N° 24.</b> Cantidad de lombrices utilizadas en la investigación por tratamiento en sistemas de Pankar-huyu y literas.....	<b>79</b>
<b>CUADRO N° 25.</b> Volumen de Sustrato ofertado a las lombrices en toda la evaluación por tratamientos en literas .....	<b>79</b>
<b>CUADRO N° 25.1.</b> Volumen total del Sustrato ofertado a las lombrices en el periodo de evaluación para todos los tratamientos en sistema de literas.....	<b>79</b>
<b>CUADRO N° 26.</b> Costos de Producción de la lombriz roja en sistema de literas de 10 x 1 x 0,35 m .....	<b>79</b>
<b>CUADRO N° 26.1.</b> Costos de Producción del tratamiento 1.....	<b>79</b>
<b>CUADRO N° 26.2.</b> Costos de Producción del tratamiento 2.....	<b>79</b>
<b>CUADRO N° 26.3.</b> Costos de Producción del tratamiento 3.....	<b>79</b>
<b>CUADRO N° 26.4.</b> Costos de Producción del tratamiento 4.....	<b>79</b>
<b>CUADRO N° 27.</b> Peso total de lombrices en literas por tratamiento.....	<b>79</b>
<b>CUADRO N° 27.1.</b> Volumen del sustrato inicial y final de la litera .....	<b>79</b>
<b>CUADRO N° 28.</b> Ingreso neto con Rendimiento ajustado al 95 % en los cuatro tratamientos .....	<b>81</b>
<b>CUADRO N° 28.1.</b> Análisis del Ingreso Neto en el tratamiento 1 .....	<b>81</b>
<b>CUADRO N° 28.2.</b> Análisis del Ingreso Neto en el tratamiento 2 .....	<b>81</b>
<b>CUADRO N° 28.3.</b> Análisis del Ingreso Neto en el tratamiento 3 .....	<b>81</b>
<b>CUADRO N° 28.4.</b> Análisis del Ingreso Neto en el tratamiento 4 .....	<b>81</b>

## **DESARROLLO POBLACIONAL DE LA LOMBRIZ ROJA (*Eisenia foetida*) EN RELACIÓN A SUSTRATOS A BASE DE ESTIERCOL Y RASTROJO DE CEBADA**

### **RESUMEN**

La investigación realizada en la Estación Experimental de Patacamaya tiene por objeto conocer el crecimiento poblacional de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) mediante la suministración de estiércol de ovino y rastrojo de cebada. Se tuvo cuatro tratamientos con tres repeticiones; sobresaliendo el T3 cuyas proporciones de sustrato fueron: estiércol de ovino 50 % + rastrojo de cebada 50 %, resultando óptimo la fusión de éstos sobre todo en la semana 16, debido a la disponibilidad del alimento descompuesto del estiércol con mayor presencia de microorganismos que ayudan en la asimilación. Por su parte la paja aporta con el carbono orgánico como fuente de energía para los microorganismos y aumenta la porosidad en el sustrato.

La temperatura, humedad y pH del sustrato cumplieron un rol esencial en la eclosión de los cocones de los cuales las lombrices bebés nacieron, teniendo el alimento adecuado para auto alimentarse, dando un crecimiento poblacional de las lombrices (bebés juveniles y adultas) de aproximadamente 232095 lombrices/m<sup>3</sup> en el transcurso de 16 semanas.

En el proceso de investigación se registró temperatura mínima de 2 °C en la tercera evaluación lo que ocasionó el descenso en el crecimiento de la lombriz, causando la muerte de algunas lombrices. Estos descensos de temperatura en los sustratos perjudicaron en la reproducción, aunque las lombrices son reguladores de su propia temperatura.

El T3 dio resultados favorables en el desarrollo de la lombriz logrando el mayor crecimiento poblacional respecto a los demás tratamientos. Por lo que se realizó el análisis económico, mostrando mayor rentabilidad en el T3, tratamiento que puede ser replicado con los productores ya sea para la venta de pie de crías o la producción de humus.

## 1. INTRODUCCIÓN

Por una alternativa agroecológica la lombricultura es empleada para la transformación de residuos orgánicos mediante el accionar directo de las lombrices. Es una técnica para producir abono orgánico para suelos y cultivos así como una biotecnología importante para el reciclaje de desechos sólidos y líquidos, obteniéndose beneficios ecológicos y económicos.

Si bien el estiércol es utilizado por los agricultores, estos no lo manejan adecuadamente y no existe un buen aprovechamiento de este recurso local, por lo cual una mejor alternativa es el uso de este residuo orgánico para la alimentación de la lombriz roja y su reproducción. Respecto al uso de rastrojo de cebada, que contiene alta cantidad de carbono, este puede ser manejado como un aireador del sustrato para un mejor desarrollo de la lombriz. Además que la transformación del estiércol por medio de la lombriz nos produce un abono de alta calidad nutricional para el suelo, como para la planta.

El abono de lombriz se generaliza debido a sus extraordinarias cualidades, transformándose en un insumo importante en algunas actividades como la agricultura, especialmente en los viveros y como mejorador de suelos en términos físicos, químicos y biológicos. Por lo que nuestras comunidades aledañas a la Estación Experimental deben ser capacitadas en estas nuevas formas de producción de abono orgánico a partir de sus propias materias primas como son el estiércol de ovino principalmente y el rastrojo de cebada o de algún otro cereal y leguminosa.

El ambiente no es una limitante para la producción de lombriz, ya que la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) se ha ido adaptando a diversos climas y ambientes; desde el altiplano al trópico como también desde pequeños criaderos caseros a grandes literas, con diferentes tipos de alimentos manteniendo los requerimientos básicos de esta especie como son los alimentos orgánicos en proceso de descomposición.

Desde ese punto de vista en la Estación Experimental de Patacamaya se establece el trabajo de investigación titulado “Desarrollo poblacional de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en relación a sustratos a base de estiércol y rastrojo de cebada” el cual al desarrollar el proceso de evaluación observa grandes potencialidades, cuando las lombrices son alimentadas con estiércol de ovino y rastrojo de cebada, debido a que estos materiales orgánicos son de fácil acceso en las comunidades del Altiplano Central. El producto obtenido en la investigación es el crecimiento poblacional, como el abono de lombriz, que es un abono orgánico que aporta nutrientes y materiales enraizantes en forma natural; como también mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

## **1.1 Antecedentes**

Actualmente, muchos países continúan utilizando técnicas antiguas de crianza, siempre ligadas a usos del campo por medio del humus, reconociendo que es el mejor fertilizante orgánico (Sánchez, 2003). En Sudamérica a partir de la década de los 70 aparecen nuevas técnicas de crianza, con un grupo de investigadores con la que se extiende su uso, y en la mitad de la década de los 80 se extiende los criaderos de lombrices en Chile, Perú, Ecuador, Colombia, Argentina, Brasil; manejando a las lombrices en criaderos de distintas magnitudes.

A Bolivia llegó en 1989 la primera colonia de la lombriz roja californiana, específicamente al Instituto de Investigaciones Agrícolas “El Vallecito” ubicado a nueve kilómetros de la ciudad de Santa Cruz. Las primeras colonias de lombrices fueron traídas desde Brasil por Carlos Panoff estudiante de Ingeniería Agronómica de la Facultad de Ciencias Agrícolas perteneciente a la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno (Yepez, 2012). Desde ahí se ha propagado la crianza de la lombriz por todos los lugares de nuestro país.

En la actualidad los sistemas de producción en el altiplano vienen atravesando problemas ambientales, desde el uso inadecuado de residuos orgánicos, incluso hasta los residuos producto de la industria, ante este panorama es necesario

implementar estrategias que reduzcan los efectos negativos al ambiente, favoreciendo así la producción agrícola y pecuaria.

Respecto a la reproducción de la lombriz se realizó investigaciones en el altiplano Norte en la localidad de Tiahuanaco en ambiente semi-controlado, mediante el suministro de sustratos locales generados por el sector agrícola y pecuario de esta localidad, el crecimiento poblacional de la lombriz roja tuvo influencia positiva por el tipo de alimento ofrecido.

Otra investigación se realizó en la localidad de Sica - Sica Altiplano Central, con respecto a la lombriz roja californiana, logrando mayor crecimiento en su población mediante la suministración de estiércol de distintas especies como ser: llama, burro, ovino y bovino; sobresaliendo los dos últimos, generando la mayor cantidad de microorganismos benéficos en la calidad del abono de lombriz.

En la Estación Experimental de Patacamaya los residuos orgánicos generados por el sector agrícola y pecuario no son utilizados adecuadamente, debido a la falta de implementación sostenible de estos residuos: el estiércol de ovino en el sector pecuario y en el agrícola el rastrojo de cebada, por lo cual es necesario establecer la investigación en el uso de estos insumos locales para promover la reproducción de la lombriz roja, y la transformación de los materiales orgánicos en un abono de fácil asimilación para las plantas.

## **1.2 Justificación**

La falta de insumos orgánicos en la producción agrícola conlleva bajos rendimientos en los cultivos, ante esta insuficiencia consideramos necesaria la producción de lombrices como una alternativa que permitiría reciclar y mejorar los contenidos nutricionales de los rastrojos de cebadas y estiércoles existentes en la Estación Experimental. Por tanto la crianza de lombrices para este efecto es el reto que deberíamos asumir. El trabajo de investigación pretende generar una alternativa de insumos para los agricultores; con la crianza de lombrices y la producción de humus

se obtendrá mejorar el sistema suelo, alcanzando mayor rendimiento en la producción.

Por lo cual el presente trabajo tiene como fin, evaluar los diferentes sustratos que permitan un incremento poblacional de lombrices, además de demostrar la importancia y su reproducción en el desarrollo de la agricultura sostenible a corto, mediano y largo plazo; el trabajo evaluará el crecimiento poblacional, mediante la oferta de distintas proporciones de estiércol de ovino y rastrojo de cebada.

Con el fin de aprovechar la producción de residuos agrícolas y pecuarios que existen en la Estación de Patacamaya, se pretende mostrar a los productores agropecuarios que se puede tener un lombricultivo en sus predios, con residuos que ellos mismos generan, procurando un incremento en el ingreso económico del agricultor, además de implementar sistemas agroecológicos en sus parcelas, de esta manera se cuidará los sistemas de producción y medio ambiente, aumentando la fertilidad de los suelos y disminuyendo el uso de productos agroquímicos; para tener un equilibrio en el sistema suelo.

Por su alta capacidad de reproducción de la lombriz roja californiana, se pretende implementar sistemas de crianza en la Estación Experimental de Patacamaya bajo ambientes atemperados, para la producción de pie de crías como para la producción de abono de lombriz.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General**

- Evaluar el desarrollo poblacional de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) bajo diferentes sustratos en la Estación Experimental de Patacamaya

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Evaluar la calidad de los sustratos ofertado a las lombrices en base a la capacidad de crecimiento poblacional
- Determinar el periodo óptimo de desarrollo poblacional de la lombriz en relación al alimento ofertado
- Analizar el beneficio económico por la utilización de estiércol y rastrojo de cebada en la reproducción de la lombriz roja californiana

### **2.3 Hipótesis**

Ho: Los tratamientos correspondientes a estiércol y rastrojo de cebada no influyen en el desarrollo poblacional de la lombriz roja.

### 3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Origen de la Lombriz Roja

Normalmente la lombriz roja es conocida en el ámbito comercial con el sobrenombre de “californiana”; porque fue en ese Estado de los EE.UU donde se desarrolló a partir de los años 50 los primeros criaderos intensivos de lombrices. Según Ferruzzi (1994), se ha realizado estudios e investigaciones que han tenido como resultado la obtención de varios tipos de lombrices rojas cada vez más selecta.

#### 3.2 Biología de la Lombriz

La lombriz de tierra es un organismo biológicamente simple, su peso total lo constituye el agua en un 80 a 90 %; presenta variaciones de colores debido a los pigmentos protoporfirina y éster metílico. Dicha pigmentación la protege contra la radiación de la luz ultravioleta; tiene forma cilíndrica, con secciones cuadrangulares, variando en cuanto a tamaño, de acuerdo a las especies de 5 a 30 cm de largo y su diámetro oscila entre 5 a 25 mm, variando el número de segmentos de 80 a 175 anillos.

#### 3.3 Clasificación Taxonómica

Según Alejandro (2004) citado por Cruz (2004), la lombriz roja californiana se clasifica en:

- Reino: Animal
- Sub reino: Metazoos
- Phylum: Protosomia
- Grupo: Annélida
- Orden: Oligochaeta
- Familia: Lumbricidae
- Especie: *Eisenia foetida*
- N. Común: Lombriz Roja Californiana

### **3.4 Lombricultura**

Según Torres (2000), la lombricultura es una biotecnología en virtud de la cual se aplican determinadas normas y técnicas de producción utilizando las lombrices rojas californianas para reducir los residuos orgánicos biodegradables, y como resultado de la ingestión de residuos, estos anélidos nos proporcionan mediante sus deyecciones uno de los mejores fertilizantes orgánicos disponibles sobre la tierra.

### **3.5 Especies de Lombrices utilizadas para la Transformación de Humus**

Se conocen aproximadamente 8000 especies de lombrices de las cuales sólo 2500 han sido catalogadas. Desde un punto de vista ecológico, las lombrices de tierra se clasifican en tres grandes categorías de acuerdo a su distribución en el suelo (Bollo, 2001; citado por Serrano, 2004).

#### **3.5.1 Epigéicas**

Son de pequeño tamaño comparadas con los otros grupos ecológicos, viven en la superficie del suelo asociadas a acumulaciones de materia orgánica y detritus (residuos sólidos) poco descompuesto como heces de animales las cuales constituyen la mayor parte de su ingesta. En su hábitat están expuestas continuamente a las condiciones ambientales y a los depredadores; debido a ello han desarrollado una serie de adaptaciones para asegurarse la supervivencia, alta tasa reproductiva y capullos resistentes. Dada su escasa necesidad de excavar presentan una musculatura poco desarrollada. Por lo que es necesario basar su alimentación en material descompuesto.

#### **3.5.2 Endogéicas**

Viven permanentemente en el interior del suelo presentando poca pigmentación cutánea, ingieren gran cantidad de suelo mezclado con materia orgánica en proceso de humificación (patrón alimentario geófago). Construyen y se desplazan

continuamente por galerías ramificadas horizontales a través del perfil del suelo, cuentan con septos anteriores musculosos. Son importantes en procesos como la descomposición de raíces y la aireación de suelo.

### **3.5.3 Anécicas**

Excavan profundas galerías verticales hacia cuyo interior arrastran restos orgánicos de los que se alimentan tras haberlos mezclado con suelo.

Considerando las características mencionadas en párrafos anteriores Eno (1997); citado por Serrano (2004), menciona que una lombriz apta para la transformación de humus debe ser tolerante a la variación de factores dentro del sustrato y por otro lado ser efectiva en la transformación del residuo, en términos de rápido crecimiento y reproducción.

Aunque numerosas especies de lombrices epigéicas podrían ser utilizadas en la degradación de residuos orgánicos, solamente algunas de ellas han podido ser domesticadas para la elaboración de humus como son las del género *Eisenia* (Reinecke *et al.*, 1992; citado por Serrano, 2004).

## **3.6 Condiciones para su Desarrollo**

### **3.6.1 Humedad**

La exigencia de un medio ambiente húmedo en el sustrato para el desarrollo de las lombrices está en relación directa con su mecanismo respiratorio, ya que el intercambio gaseoso ocurre en solución por difusión pasiva a través de la superficie corporal. Para facilitar la ingestión de alimento y facilitar el desplazamiento de la lombriz deberá ser 70 % de humedad; si esta no es adecuada puede dar lugar a la muerte de la lombriz (Sánchez, 2003). Así también Serrano (2004) indica que la elevada humedad en el alimento provoca la baja producción de cápsulas.

Mosquera (2010), menciona que el exceso de humedad mayor al 85 % ocasiona empapamiento y una oxigenación deficiente el cual es muy dañino para las lombrices que puedan vivir temporalmente en medio de alta humedad, pero no trabajan ni se reproducen, por lo cual influye en su fecundidad. Por otro lado, niveles inferiores de 70 % también son desfavorables para el buen funcionamiento de la lombriz.

### **3.6.2 Temperatura**

El rango óptimo de temperatura para el crecimiento de las lombrices oscila entre 12 - 25 °C; y una temperatura de 12 – 15 °C para la formación de cocones (Sánchez, 2003 y Barbado, 2004). Ferruzzi (1994), menciona que la temperatura óptima para la lombriz roja, es aquella que se acerca lo más posible a su cuerpo (19 °C), aunque su carácter epigeo le permite sobrevivir entre los 4 y los 30 °C; pero las consecuencias serán la reducción de su alimentación.

Por otro lado Mosquera (2010) señala que la temperatura promedio del sustrato es de 20 °C, y cuando esta desciende a los 15 °C las lombrices dejan de reproducirse y muchas de sus crías mueren, y en temperaturas mayores a 35 °C estas huyen o también mueren. Serrano (2004), indica que al aumentar las temperaturas, por encima de 25 °C las lombrices comienzan a producir cápsulas reduciendo también el tiempo promedio transcurrido para que alcancen la madurez sexual.

La temperatura del sustrato influye directamente en el comportamiento de la lombriz roja respecto a la producción y fecundación; en los meses fríos y los calurosos la actividad sexual disminuye, siendo mayor durante los meses templados. La máxima actividad sexual se logra cuando la temperatura del medio donde habita oscila alrededor de los 20 °C (Fuentes s. f.).

### **3.6.3 Luz**

La lombriz teme a la luz, y los rayos ultravioletas la matan; por tanto la iluminación natural o artificial no debe incidir directamente sobre su hábitat (Ferruzzi, 1994).

### 3.6.4 pH

Las lombrices pueden desarrollarse apropiadamente cuando el pH esta entre 5, ligeramente ácido y 8 ligeramente alcalino, es decir un rango cercano al 7, que representa al neutro (Sánchez 2003). Aunque Barbado (2004), indica que pH menor al valor óptimo (pH ácido), puede llegar a desarrollar una plaga llamada “planaria”.

Las lombrices del género *Eisenia* son capaces de tolerar rangos que van desde 4,2 hasta 8,0 y que una particularidad inherente a su proceso digestivo es la de contribuir a la regulación del equilibrio ácido – básico del suelo, tendiendo a neutralizar los valores del pH aun teniendo valores mayores a nueve (Serrano, 2004).

En casos muy extremos en el que los valores de pH se encuentren persistentemente inclinados hacia uno u otro extremo, se puede tratar de neutralizar añadiendo pequeñas cantidades de cal disuelta para casos de acidez o vinagre en forma disuelta para reducir alcalinidad en el sustrato que sirve como alimento para la lombriz (Mendoza, 2008).

### 3.6.5 Riego

Los sistemas de riego son variados, debido a la disponibilidad y el método de cuidado que es empleado, siendo estos el manual y por aspersión. Se debe evitar los encharcamientos, ya que un exceso de agua desplaza el aire del material y provoca fermentación anaeróbica (Sánchez, 2003).

La necesidad de alcanzar un buen manejo del lombricultivo, requiere de riegos controlados para mantenerlos lo más cercano posible a los valores óptimos de humedad que, para el caso de *E. foetida* se sitúan entre el 80 – 90 % de humedad (Loher *et al.*, 1985; citado por Serrano, 2004), que coincide con el valor de 85 % dado como óptimo según (Van Gestel *et al.*, 1992, Domínguez y Edwards, 1997; citados por Serrano, 2004).

### **3.6.6 Aireación**

Sánchez (2003), menciona que la aireación es fundamental para la correcta respiración y desarrollo de las lombrices. Por lo tanto el mantenimiento de niveles adecuados de oxígeno en el interior del medio en el que viven las lombrices es un parámetro que depende fundamentalmente de las condiciones físicas del mismo; aunque las lombrices con su propia actividad de desplazamiento y perforación de galerías contribuyen a la oxigenación.

La garantía de la existencia de una atmósfera intersticial con suficiente oxígeno puede verse reducida por un exceso de agua o por la compactación del material debida a una estructura demasiado densa o por un exceso de peso. Cualquiera de ambas circunstancias provocará la desaparición de los espacios destinados a la presencia de aire; su colmatamiento con agua, y el desarrollo de condiciones anaeróbicas, son causas para la muerte de las lombrices (Edwards, 1988; citado por Serrano, 2004).

Mendoza (2008), indica que adiciones exageradas de alimento fresco, muy denso o pastoso pueden también provocar una falta de ventilación, para evitar se distribuye el material en capas más delgadas, o agregar material poroso. Además Serrano (2004), menciona que el desbalance entre los macro y micro poros en el tratamiento ocasionan la muerte de las lombrices, debido a la anaerobiosis del sustrato; por falta de oxígeno y por la presencia de bacterias anaeróbicas.

### **3.6.7 Densidad de Población**

Además de las condiciones ambientales, un factor todavía escasamente estudiado que afecta al desarrollo de los procesos de humificación es la densidad de población de lombrices existente en el medio orgánico (Venter y Reinecke, 1988, Reinecke y Viljoen, 1990; citados por Serrano, 2004).

En condiciones naturales, las lombrices que se utilizan en los sistemas de lombricultivo presentan una dinámica poblacional diferente a lo que sucede en las literas artificiales (Serrano, 2004). En el medio natural, la colonización está controlada directamente por la temperatura, la humedad y la disponibilidad de alimento, dando como resultado una producción baja de biomasa.

Observaciones sobre el crecimiento y reproducción de *E. foetida* en instalaciones de lombricultura (Edwards, 1988; citado por Serrano, 2004) han puesto de manifiesto los siguientes hechos: - la abundancia total de lombrices se estabiliza alrededor de un cierto número, indicando la posible existencia de un mecanismo de autorregulación; - a corto plazo se observa que el crecimiento y la tasa reproductiva parecen asociados con la fase de colonización y, una vez que finaliza esta fase, las literas de lombrices tienden a superpoblarse, disminuyendo la tasa reproductiva; - las lombrices son mucho más pequeñas en condiciones de superpoblación, a pesar de que haya abundante alimento, mientras que a bajas densidades las lombrices alcanzan tallas mayores y son más activas.

### 3.7 Características Externas

Socorro (2004), menciona que la especie híbrido rojo californiano es un anélido cilíndrico, alargado con numerosos anillos, su longitud varía entre 5 y 10 cm, su cuerpo está recubierto por una fina cutícula que lo protege de la desecación.

- **Color:** no siempre lo determina el pigmento de la piel, sino que a veces la sangre o el contenido del intestino; lo cual se manifiesta a través de las paredes del cuerpo. No obstante, algunas especies como las clasificadas *detritívoras* (se alimentan de mantillo vegetal o estiércol animal), la pared del cuerpo está coloreada intensamente con pigmentos rojos, identificados como protoporfirina; mientras que las geófagas (se alimentan exclusivamente de suelo junto con materia orgánica) generalmente son de color pálido.

- **Forma:** el cuerpo es un tubo bilateralmente simétrico; tiene forma cilíndrica.

- **Segmentos:** llamados también metámero, son anillos distribuidos en todo el cuerpo, generalmente comprende de 80 a 175 anillos; entre cada uno de ellos existen surcos inter segmentarios. Tanto los órganos internos como la pared del cuerpo se encuentran segmentados, separados entre sí por tabiques transversales llamados septos. Sus segmentos son iguales, excepto el primero que se denomina prostomio, el segundo metastomio que contiene la boca, y el último pigidio.

- **Quetas o cerdas:** cada segmento, con excepción del primero, posee cuatro pares de quetas o cerdas, provistas de pequeños músculos, cuya función es la locomoción. También están ausentes en la última porción del cuerpo, llamado pigidio, el cual no forma segmento.

- **Poros dorsales:** son pequeñas aberturas ubicadas en los surcos inter segmentarios a lo largo de la línea media dorsal.

- **Nefridioporos:** aberturas pares excretoras que se repiten en cada segmento del cuerpo.

- **Poros espermatecales:** raramente ausentes, ubicados entre los surcos inter segmentarios.

- **Poros femeninos:** oviductos cortos, que se abren en la cara ventral del segmento número 14.

- **Poros masculinos:** ubicados en la cara ventral del segmento número 15, generalmente hay un par.

- **Surcos seminales:** ubicados en los segmentos 9 y 10, formados durante la copula, son transitorios y almacenan los espermatozoides recibidos durante la copulación.

- **Clitelo:** es la región engrosada de la epidermis en los segmentos 32 al 37. Se encarga de secretar la sustancia que forma los capullos, cocones o cápsulas donde

se alojan los huevos. Puede tener forma anular (envuelve los segmentos) o de montura (no envuelve los segmentos).

### 3.8 Características Internas

Las características internas de la lombriz están divididas en sistemas y aparatos:

- **Sistema respiratorio:** el intercambio de oxígeno se produce a través de la pared del cuerpo. Las lombrices respiran por medio de la cutícula, al no tener un sistema circulatorio organizado; la sangre circula por vasos capilares que se ubican junto a la cutícula húmeda de la pared del cuerpo lo que favorece la absorción de oxígeno y liberación de anhídrido carbónico; por esta razón, la cutícula debe permanecer siempre húmeda, de lo contrario la lombriz se seca y muere (Martínez, s.f.).

- **Sistema circulatorio:** el sistema circulatorio de la lombriz es muy desarrollado y complejo. Está compuesto por cinco corazones y un sistema en circuito cerrado formado por dos vasos longitudinales uno ventral y otro longitudinal. A estos dos vasos longitudinales van conectados otros menores que hacen llegar a los órganos las sustancias nutritivas y drenan los desechos. La sangre es de color rojo debido a la hemoglobina de la pigmenta (Sánchez, 2003).

- **Sistema digestivo:** detrás de la boca encontramos la cavidad bucal y dentro de ellas las células del paladar (prostomio), que son las encargadas de seleccionar el alimento que pasa al esófago donde se localizan las glándulas calcíferas. Luego de la cavidad bucal, continúa la faringe que une la boca al esófago actuando como una bomba de succión. El esófago se abre a partir de la faringe, continúa en el papo y la molleja que aplastan el alimento para su digestión. Detrás de la molleja comienza el intestino donde ocurre la digestión y la absorción de los alimentos, pudiendo detectar glucosa y sacarosa entre otras sustancias (Díaz, 2002).

Es importante mencionar que el alimento básico de la lombriz está compuesto por microorganismos, razón por la cual solo se alimentan de líquidos que los contienen.

Al no tener la lombriz dientes ni mandíbulas obtienen su alimento por succión al presionar sobre la superficie una pequeña estructura presente en la boca que se conoce como prostomio o lengua (Martínez, s. f.).

- **Sistema muscular:** el sistema muscular está constituido principalmente por la capa externa, situada bajo la epidermis y por una capa que envuelve al tubo digestivo. La musculatura exterior está formada por una capa doble de tejido muscular; una más delgada que constituye la musculatura circular y otra más robusta, que forma la longitudinal. La contracción de los músculos circulares y longitudinales permite el movimiento de la lombriz. El desplazamiento es facilitado también por cerdas presentes en cada anillo (Sánchez, 2003).

- **Sistema nervioso:** con respecto al sistema nervioso de la lombriz, está constituido por un par de ganglios supra faríngeos (sobre la faringe) que forman un cerebro, este se conecta con un cordón nervioso ventral desde donde salen las derivaciones a las células nerviosas que aparecen en cada anillo y que reciben los impulsos de las células sensoriales ubicadas en la epidermis. Estos impulsos le permiten percibir sensaciones como el tacto, humedad, temperatura y luz que generan reacciones del sistema muscular modificando su comportamiento. En cuanto a sus sentidos cuenta con células del gusto en la boca y faringe. No tienen sentido del olfato desarrollado y menos ojos u oídos (Serrano, 2004).

- **Aparato neurosensorial:** la lombriz carece de ojos, posee en la piel células fotosensibles; es sensitiva a la luz y al estar expuesta mucho tiempo a ella, muere. El sentido del tacto se encuentra en la epidermis y éste es el centro de los nervios (Sánchez, 2003).

Las células neurosensoriales le permiten percibir vibraciones que le provocan estrés y la hacen reaccionar a la temperatura. A lo largo de la epidermis hay nervios especializados en responder al pH. También posee órganos gustativos que le permiten distinguir diferentes tipos de alimento.

- **Aparato excretor:** formado por nefridios, dos para cada anillo. Las células internas son ciliadas y sus movimientos permiten retirar los desechos del celoma (Sánchez, 2003).

La cutícula es una lámina quitinosa muy delgada finamente estriada, cruzada por fibras; la epidermis está encargada de producir sustancias cerosas.

El peritoneo es lo que limita al celoma y el celoma es el espacio que contiene líquido y envuelve el canal alimenticio, este fluido se expulsa ante el peligro.

### **3.9 Manejo del Lombricultivo**

#### **3.9.1 Lombricario**

Es el lugar a cielo abierto o cerrado donde se acondiciona un sustrato para la crianza de lombrices (Pilar, 2004; citado por Rojas, 2005).

La instalación debe ser sobre el nivel del suelo para evitar el ataque de hormigas y roedores, y tapadas para evitar la entrada de luz y lluvia (López, 2002; citado por Rojas, 2005).

**3.9.1.1 Ambientes atemperados.** El invernadero es un ambiente atemperado solar que recolecta, almacena y distribuye la energía solar en forma de calor, dando ventajas a los lugares donde el viento predomina y las bajas temperaturas, utilizando de manera óptima la energía del sol (Guzmán, 1993; citado por Michel, 2002). Sin embargo, aunque los ambientes atemperados no pueden solucionar problemas de fondo, si pueden tener importancia en el rol del desarrollo (FAO, 1990).

Mejía (1987); citado por Michel (2002), menciona que el invernadero es un ambiente recolector de energía solar, con una geometría, utilización de materiales y ubicación definidos para el aprovechamiento de la intensidad de la radiación solar. Esta

definición incluye tanto a una construcción muy sofisticada como a una sencilla del tipo de cama orgánica.

**3.9.1.2 Invernadero semi-subterráneo (Pankar-huyu).** El pankar-huyu (jardín de flores en aymara), es un pequeño invernadero semi-subterráneo, con la cubierta de polietileno (agrofilm), que se abre parcialmente durante el día a manera de tapa (Velasco, 2000).

Este módulo está diseñado para ser construido en forma rápida y sencilla y sin necesidad de conocimientos en construcción, pudiendo realizar los miembros de la familia. A su vez, es muy versátil en cuanto a los materiales necesarios, pudiendo emplear los materiales disponibles en la comunidad. También puede ser adaptado según las distintas formas de construcción que el comunario requiera (Benson Institute Review, 2000).

Velasco (2000), añade que físicamente el pankar-huyu funciona como un acumulador de energía solar, debido a que el agrofilm tiene buena permeabilidad a la radiación de onda corta, pero es menos permeable a la radiación de onda larga que es emitida del interior; por lo tanto la luz del sol calienta el ambiente interior y el calor se va acumulando durante el día y lo transmite durante la noche. Este efecto se incrementa cuando el ambiente es húmedo, ya que el agua posee un alto poder de almacenamiento de energía. Las paredes del invernadero, que son del perfil del suelo, actúa como una masa térmica que regula mejor las temperaturas diurnas y nocturnas en comparación a las paredes delgadas.

Por las características de su construcción y la utilización de materiales rústicos, ofrece abrigo y resistencia a las bajas temperaturas registradas en la zona de estudio y las inclemencias del tiempo. La existencia de puertas y ventanas, lo hacen más efectiva respecto a la ventilación del ambiente (Flores, 1996).

Según Velasco (2000), en la época invernal la temperatura máxima media para todo el periodo es de 38 °C, la mínima media es de 1,5 °C y la media mensuales de 19,9

°C. La humedad relativa dentro del pankar-huyu va desde 20 % al mediodía y 90 % en la madrugada. Sin embargo para evitar variaciones extremas de temperatura y permitir el intercambio de gases, se debe abrir parcialmente la cubierta y cerrar durante el atardecer.

### 3.9.2 Naturaleza de los Alimentos

El uso de lombrices epigéicas en el tratamiento de los residuos orgánicos, así como en la obtención de proteína para alimentación animal, depende de una serie de requisitos que hay que tener en cuenta como ser: la naturaleza y características físico-químicas de los residuos orgánicos o materiales de partida y la necesidad de mantener una serie de variables ambientales dentro de unos límites adecuados para la actuación de las lombrices, su crecimiento y reproducción (Loehr *et al.*, 1985; citado por Serrano, 2004).

La mayoría de los residuos orgánicos generados por las actividades agrícolas, urbanas y, en menor medida industriales de nuestra sociedad pueden ser utilizados como alimento para las lombrices, aunque algunos de ellos necesitan de un pre-tratamiento para ser aceptados; dentro de estos se pueden considerar: el lavado previo, pre-compostaje, maceración y mezclado (Edwards, 1988; citado por Serrano, 2004).

- **Alimentación:** El alimento que se les proporciona es materia orgánica parcial o totalmente descompuesto, si no es así las elevadas temperaturas generadas durante el proceso de fermentación (hasta 75 °C), matarán a las lombrices (Sánchez, 2003 y Girón, 2006).

Utilizando el cambio de alimentación con otros residuos que se tengan como estiércol de diferentes especies animales o residuos de otros cultivos, también influye el acceso constante a los alimentos frescos, todo esto hace posible estimular la reproducción, incrementar el peso de la lombriz, el tamaño de capsulas y la cantidad de lombrices por cápsula (Mosquera, 2010).

Independientemente de la sustancia que se use como el alimento de la lombriz, esta debe tener un contenido en celulosa no inferior a un 28 a 25 %, en forma de paja triturada, papel o cartón picado (Ferruzi, 1987; citado por Huaynoca, 2002).

A menudo los animales asimilan del 25 a 40 % de las proteínas ingeridas, las restantes la excretan y estas son asimiladas por las lombrices. Bellapart (1988), citado por Huaynoca (2002), menciona que la lombriz roja californiana, transforma todas las proteínas de los desechos y los estiércoles de los animales en humus.

Desde el nacimiento las lombrices pueden ingerir el alimento por sus propios medios mientras este lo suficientemente húmedo y compostado. La lombriz abre la boca e ingiere el alimento mientras avanza arrastrándose por el terreno (Díaz, 2002).

Las lombrices consumen desechos orgánicos de origen vegetal y animal que previamente pueden prepararse mediante una fermentación aeróbica. El tiempo que dure la fermentación dependerá de factores como la temperatura, humedad, disponibilidad de oxígeno, pH y la disponibilidad de nutrientes dada la composición química de los residuos orgánicos utilizados.

- **Frecuencia y cantidad:** Se puede alimentar una o dos veces por semana, dependiendo la densidad de lombrices y el tipo de alimento. Se han observado consumos equivalentes a la mitad del peso lombrices por día. El alimento se debe remojar hasta que esté totalmente humedecido; no drenar, aproximadamente a un rango de 50 a 85 % de humedad.

### **3.9.3 Tipos de Alimentos ofrecidos a las Lombrices**

Los alimentos orgánicos útiles en la alimentación de lombrices son muy variados, destacando; compost, restos de madera, desperdicios de mataderos, residuos vegetales procedentes de explotaciones agrícolas, frutas y tubérculos, y diferentes tipos de estiércoles.

**3.9.3.1 Estiércol de especies domésticas.** El estiércol es la principal fuente de abono orgánico y su apropiado manejo es una excelente alternativa para ofrecer como alimento a las lombrices. Los animales (ovinos, vacunos, camélidos y cuyes) de todos los forrajes proporcionados consumen, sólo una quinta parte para su mantenimiento o incremento de peso y producción, el resto es eliminado en el estiércol y la orina (Mosquera, 2010).

Para realizar un manejo del lombricultivo a base de estiércol, principalmente se debe contar con un tiempo adecuado en cuanto a la edad del estiércol, pureza; en el sentido de no contener contaminantes extraños como tierra, arena, etc.

- *Estiércol fresco:* el estiércol está acabado de excretar por el bovino, teniendo una consistencia pastosa, de color verde encendido, de olor insoportable debido a que su pH es altamente alcalino, lo cual no es recomendable para la lombriz (Infoagro, 2003).

- *Estiércol maduro:* este estiércol tiene más o menos de 10 a 18 días de haber sido excretado por el animal, su consistencia es semi pastosa, de color verde oscuro o pardo, su olor es soportable, el pH se encuentra estabilizado, calculado de 7 a 8. Este es el sustrato adecuado, puesto que presenta las condiciones óptimas para la crianza de lombrices, aunque a veces le tenemos que agregar agua para estabilizar su humedad y por ende su temperatura. La experiencia indica que este es el sustrato que mejor aceptan las lombrices.

- *Estiércol viejo:* es un estiércol que tiene más de 20 días de haber sido excretado, es de consistencia pastosa y dura. No presenta prácticamente ningún olor. Este no es un sustrato que puede ser usado para la crianza de lombrices, puesto que su pH es altamente ácido y pueden entrar las lombrices en un período de dormición (Espinoza, 1999; citado por Girón, 2006). Por otra parte Pineda (1994), indica que un estiércol demasiado viejo tampoco es conveniente; ya que al estar depositado en la intemperie el contenido de nitrógeno y las vitaminas, prácticamente llega a cero.

Si un estiércol viene con alta cantidad de paja, entonces ya no será necesario aplicarle más rastrojo. Un estiércol fresco es muy alcalino y esto produce graves daños a las lombrices (Pineda, 1994).

Para la práctica y uso en general se puede considerar que el estiércol contiene: 0,5 % de nitrógeno, 0,25 % de fósforo y 0,5 % de potasio, es decir que una tonelada de estiércol ofrece en promedio 5 kg de N., 2,5 kg de P., y 5 kg de K.; y al estar expuesto al sol y la intemperie el estiércol pierde en general su valor (Tapia s. f.).

La variación en la composición del estiércol depende de la especie animal (Cuadro 1 del Anexo), de su alimentación, contenido de materia seca (estado fresco o seco) y manejo.

**3.9.3.2 Estiércol de ovino.** El estiércol de ovino es un producto bastante bueno, la edad de este estiércol, cuando se encuentra disponible para la alimentación de la lombriz, va desde 1 día a 8 meses aproximadamente (Ferruzzi, 1994).

Es de buena calidad, por lo general procede de los alojamientos del ganado en donde se van acumulando las deyecciones y la paja aportada durante bastante tiempo. Es un producto muy apelmazado, debido al pisoteo de los animales, por lo que se aconseja, una vez llevado a la explotación de las lombrices, regarlo con bastante agua durante varios días seguidos. El período de maduración es de 3 a 4 meses (Fuentes s.f.).

**3.9.3.3 Estiércol de cuy.** El estiércol de cuy tiene alto contenido de fibra y bajo en proteína, ya que cuando este animal consume su alimento, solo la quinta parte lo utiliza en su manutención, desarrollo y ganancia de peso, y lo demás es excretada en sus heces (INIA, 1995).

El estiércol de los cuyes es una fuente excelente de materia orgánica, pero relativamente bajo en nutrientes, su valor depende de la calidad de la dieta, cantidad de cobertura usada y la manera en que el estiércol es aplicado (Pacheco, 2011).

**3.9.3.4 Rastrojo de cebada.** La paja o rastrojo de cebada es un producto altamente fibroso, aunque su utilización en alimentación animal es reducida por su bajo valor nutritivo. Las lombrices no son tan exigentes en cuanto a su alimentación, por lo cual requieren de un contenido de proteína menor al 45 %, y de 20 a 25 % de paja o celulosa (Ferruzzi, 1994).

El alto porcentaje de fibra en las espigas de cebada se debe a que la cebada con cascarilla es más rica en fibra y en lignina que la cebada descascarillada, pues el 80 % del contenido de fibra pertenece al raquis, glumas y aristas de la espiga (Serna, 2001; citado por Contreras *et al.* 2008).

La paja de cereales es un subproducto fibroso altamente disponible (Cuadro 2 del Anexo), aunque su utilización en la alimentación animal está limitada por su bajo valor nutritivo. La composición de la paja depende de la proporción de hojas/tallos, el diámetro del tallo y la altura de la planta, de modo que se presentan variaciones ligadas a la especie, el ecotipo o la climatología.

La paja tiene un bajo contenido de proteína bruta (3,4 %) y es casi indigestible. Esto debido a que en su mayor parte (75 %) se encuentra ligada a la pared celular. El resto está constituido por nitrógeno no proteico fácilmente soluble. Por otra parte, presenta marcadas deficiencias en la mayor parte de los macro minerales (excepto potasio, cloro, y hierro) y en vitaminas.

#### **3.9.4 Prueba de Supervivencia**

Antes de introducir las lombrices al lecho preparado, se debe efectuar la llamada prueba de supervivencia (Ps 50 L). Se realiza en una superficie limitada donde se coloca 50 lombrices sobre el sustrato, para que sean ellas las que busque introducirse. Posteriormente se realiza el conteo de lombrices. Si no hay bajas, las lombrices están activas; el lecho reúne las condiciones adecuadas (Buxade, 1997). Si falta una sola lombriz o estén muertas nos indica que el sustrato no reúne las

condiciones adecuadas y luego se debe proceder a corregir el sustrato (Ferruzi, 1994).

Ravera *et al.*, (2000); citado por Girón (2006), sugiere realizar la evaluación pasadas las 24 horas para verificar si las 50 lombrices se encuentran en condiciones óptimas de salud, así garantizar su permanencia y acción productiva dentro de sus lechos.

### **3.9.5 Densidad de Siembra de la Lombriz Roja Californiana**

Durán y Henríquez (2009) en su investigación utilizaron una densidad de siembra equivalente a 20000 individuos adultos/m<sup>3</sup>. Otros investigadores como Arango y Dávila (1991), Tineo (1994), citados por Pineda (2006) mencionan que una buena densidad debe ser de 2500/m<sup>2</sup> para la especie *E. foetida*.

### **3.9.6 Inoculación de Lombrices**

La incorporación de lombrices al sustrato (*inseminación*) se realiza después de efectuar la prueba de supervivencia de las lombrices en ese sustrato, la incorporación de las lombrices se hace a la luz del día, preferentemente durante las primeras horas de la mañana, con el fin de incitar a las lombrices a introducirse con más rapidez en el sustrato (Fuentes, s.f.).

Según Fischersworrning y Robkamp (2001); citado por Huaynoca (2002), mencionan otra alternativa de siembra para la lombriz, que consiste en preparar una mezcla de estiércol bien descompuesto, tierra y hojas en proporciones iguales, distribuir las lombrices sobre el sustrato mencionado, y taparlas inmediatamente.

Según Buxade (1997), la inoculación o siembra es la incorporación masiva de lombrices al lecho, cuando se verifica la prueba de supervivencia. En épocas o lugares calurosos se colocan entre 5 y 10 cm de alimento y, en épocas o lugares fríos es conveniente colocar una capa de sustrato superior a los 15 centímetros.

Fuentes (s. f.), menciona que la mejor época para hacer la inseminación es la comprendida entre los meses de octubre y marzo, tiempo en el que no existe diferencias apreciables de temperatura en el estiércol que ha de servir de sustrato, puesto que la temperatura óptima donde viven las lombrices está entre 15 – 25 °C.

### **3.10 Reproducción**

Alejandro (2004); citado por Cruz (2004), menciona que la lombriz vive aproximadamente unos 16 años, durante los cuales se acopla regularmente cada 7 días, si la temperatura y la humedad del medio son adecuadas. La Lombriz Roja alcanza su madurez sexual a los 3 meses de edad.

Es hermafrodita, es decir que dentro del mismo individuo se encuentra órganos sexuales masculinos en unos segmentos, en otros femeninos (Benzing, 2001). Sin embargo la lombriz es un animal hermafrodita insuficiente, es decir, posee ambos sexos pero es incapaz de auto fecundarse debido a un mecanismo fisiológico llamado “protandria”, esto sucede porque las células sexuales masculinas maduran antes que las femeninas (Serrano, 2004).

Generalmente los individuos intercambian esperma, para mantener la variabilidad genética. Como resultado del acoplamiento de dos lombrices, se producirán dos huevos (uno de cada lombriz). Estas cápsulas se abrirán al cabo de 12 a 21 días, según la temperatura del medio donde se ubiquen.

La fecundación se efectúa a través del Clitellium, cuyas glándulas producen el huevo o cápsula, ésta tiene un color amarillo verdoso, con unas dimensiones aproximadas de 2-3 por 3-4 mm, de forma parecida a una pera muy pequeña, redondeada por una parte y acuminada por la otra.

En el momento del nacimiento, las crías rompen la envoltura que ha adquirido un color más oscuro. De un huevo pueden nacer entre 2 y 21 pequeñas lombrices, esto depende del manejo al lombricultivo.

### **3.11 Muestreo de la Población de Lombriz**

#### **3.11.1 Método del Cilindro**

Serrano (2004), realizó la toma de muestra con un cilindro de 5 cm de alto y 4,5 cm de diámetro de cada litera, para contabilizar el número de individuos por cada tratamiento. Schuldt (2008); citado por Durán y Henríquez (2009), propone el tamaño de muestra de 500 cm<sup>3</sup> para un volumen de tratamiento 45000 cm<sup>3</sup> cuyas dimensiones son 50 x 30 x 30 cm.

### **3.12 Medición de Parámetros Ambientales**

#### **3.12.1 Medición de Temperatura**

Para medir la temperatura del sustrato se debe introducir el termómetro a varias profundidades, dando prioridad el medio donde viven las lombrices, que es de 5 a 10 cm por debajo de la superficie. El uso del termómetro es indispensable para un buen manejo, para estimar la finalización de los procesos fermentativos en los montones de estiércol (Ferruzzi, 2004).

#### **3.12.2 Medición de Humedad**

Ferruzzi (2004), menciona que el método manual de medición de humedad de los sustratos es mediante la prueba del puño, que consiste en tomar una cantidad de alimento comprimiéndole con la mano y este no debe soltar agua. Mientras para Espinoza (1999); citado por Girón (2006), la “prueba de puño” consiste en tomar una cantidad de mezcla homogenizada con el puño de la mano, apretar, y si salen de 8 a 10 gotas la humedad se encuentra en un 80 % aproximado.

Otra forma de medir la humedad es con un instrumento llamado higrómetro, la desventaja es que la lectura efectuada corresponderá únicamente a la humedad del punto o zona donde se haya introducido, no a la totalidad (Ferruzzi, 2004).

### **3.12.3 Medición de pH (Prueba de Acidez)**

Es imprescindible realizar la prueba de acidez en el sustrato que se les ofrecerá como alimento a las lombrices.

Para controlar el pH de una sustancia orgánica existen dos métodos: los papelitos de tornasol y el pH metro.

En la escala del pH existen 14 números que se clasifican de la siguiente manera:

- De 0,5 a 6,9.....sustancia ácida
- El 7.....sustancia neutra
- De 7,1 a 13.....sustancia básica

Para la prueba de papelito tornasol se coge una muestra muy húmeda de estiércol con la mano; se introduce una tira de papel tornasol en medio del estiércol, comprobar el color con los diferentes “colores muestra” que están representados en la caja que contiene el papel tornasol (Ferruzzi, 2004).

Para el uso del peachímetro se debe realizar las mediciones juntamente con la temperatura, introducir el electrodo en el lecho, utilizando el mismo agujero donde se colocó el termómetro y a la misma profundidad, posteriormente repetir las operaciones a distintos puntos y profundidades, como también al transcurso de unos días o después de efectuar tratamientos (Ferruzzi, 2004).

### **3.13 Crecimiento Poblacional**

Bajo circunstancias ideales la población de lombrices californianas puede llegar a duplicarse mensualmente y una superficie de cultivo puede expandirse hasta 32 veces la inicial. Se acoplan regularmente en promedio cada 7 días depositando cada una de ellas una cápsula o cocón que puede albergar hasta 9 lombrices; con un promedio de 2 – 4 lombricitas/cocón (Sánchez, 2003).

### **3.14 Sanidad de la Lombriz**

La lombriz californiana es un animal confiable dado a que no sufre ni transmite enfermedades, tampoco produce impacto ecológico ante una eventual fuga ante un medio natural (Sánchez, 2003). Pueden sufrir daños por lesiones e infecciones producidas por acción de insectos o parásitos, ciempiés, hormigas. Si la lombriz es herida cerca del clitelo puede infectarse y morir.

Según Sánchez (2003), la presencia de sustancias nocivas en la comida puede provocar la disminución de las lombrices y una pérdida de peso. En algunos casos afectan a la musculatura impidiendo su locomoción o el apareamiento.

### **3.15 Plagas y Enfermedades de la Lombriz**

Entre los enemigos tenemos a: ratones, pájaros, aves de corral y otros. Pero los enemigos mayores son las personas que la poseen, sin tener conocimiento básico sobre las características y su modo de vida; la falta de oxigenación, el empantanamiento, y sustratos altos en proteína, demasiado ácidos o alcalinos interfieren en su desarrollo (Durán, s. f.).

También se lo considera a la hormiga como enemiga de la lombriz, debido a que es atraída principalmente por el azúcar que la lombriz produce al deslizarse por el sustrato, pudiendo estas atacar a las lombrices (Espinoza, 2001; citado por Huaynocha, 2002).

El alto contenido de proteínas no transformadas que se le suministra en la alimentación a la lombriz produce la intoxicación proteica (síndrome de gozzo). La proteína es degradado por enzimas del sistema digestivo de la lombriz y se da una alta producción de amonio, presentando la lombriz inflamaciones en todo el cuerpo, muriendo a las pocas horas (Espinoza, 2001; citado por Huaynocha, 2002).

## **4. LOCALIZACIÓN**

### **4.1 Ubicación Geográfica**

El trabajo de investigación se desarrolló en la Estación Experimental de Patacamaya, que se encuentra en el altiplano central a una distancia de 101 Km de la ciudad de La Paz, y ubicado geográficamente a 67° 55' 00" longitud Oeste y 17° 14' 00" latitud Sur, y a una altitud de 3910 m.s.n.m.

### **4.2 Características Ecológicas**

Según SENAMHI (2005); citado por Cruz (2009), menciona que la temperatura media anual registrado en la zona de estudio es de 11,2 °C, con una temperatura media mínima de 0,8 °C en los meses de abril a junio y una media máxima de 17,9 °C registrado en los meses de octubre a noviembre, la precipitación anual desde 385 mm, distribuido regularmente en 3 meses.

## 5. MATERIALES Y METODOS

### 5.1 Diseño Experimental

Se utilizó el diseño completamente al azar (Pascuali, 2010) con cuatro tratamientos de tres repeticiones, distribuidos aleatoriamente, la unidad experimental fue una bandeja de (30 x 30 x 15) cm para la producción de lombrices. El experimento tuvo una duración de 10 meses, los primeros 4 meses fueron para la construcción del pankar-huyu, el mes de enero fue para la prueba de supervivencia y los últimos 5 meses fueron para la evaluación de la lombriz roja californiana.

#### 5.1.1 Modelo Lineal Aditivo

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

Donde:  $X_{ij}$  = observación cualquiera  
 $\mu$  = Media general  
 $\alpha_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento  
 $\varepsilon_{ij}$  = Error experimental

Prueba de "F" valor estadístico, representa el alcance de los efectos de los diferentes componentes de variación, a través de una determinada probabilidad o nivel de significancia

Prueba de Duncan; de mayor sensibilidad estadística, por utilizar varios valores referenciales, permite evaluar un alto número de comparaciones, considerando que las medias pueden estar distantes unas de otras (Ochoa, 2009).

#### 5.1.2 Tratamiento

Los tratamientos que se emplearon para la reproducción de la lombriz roja son:

- T1 = Estiércol de ovino 100 %
- T2 = Estiércol de ovino 75 % + rastrojo de cebada 25 %
- T3 = Estiércol de ovino 50 % + rastrojo de cebada 50 %
- T4 = Estiércol de ovino 25 % + rastrojo de cebada 75%

### 5.1.3 Croquis del Tratamiento

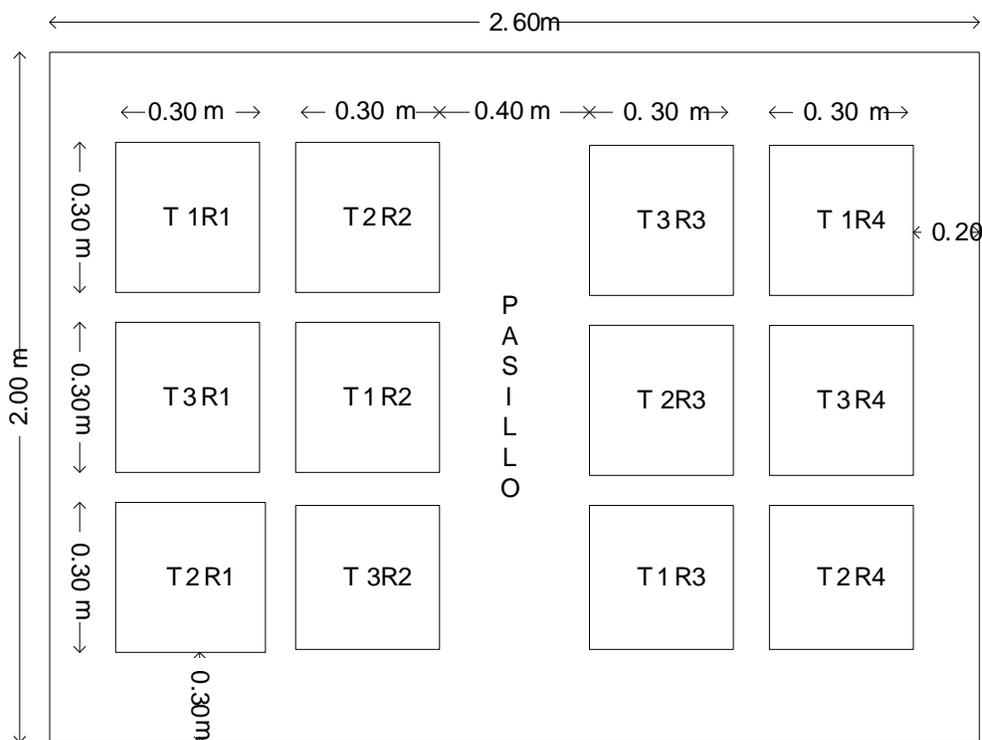


Figura 1. Croquis de la investigación con la distribución de tratamientos

### 5.1.4 Establecimiento del Ensayo

Para observar el crecimiento poblacional de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) y su adaptación en la zona de estudio del Altiplano Central (Patacamaya); mediante el uso de un ambiente protegido, dentro del cual se puso 12 bandejas de plástico para el desarrollo de la investigación.

Una vez determinada el diseño experimental se realizó la demarcación del pankarhuyu (Figura 1), que comprendió de una superficie total de 5,2 m<sup>2</sup>; la superficie neta

de investigación fue de 30 x 30 x 15 cm por unidad experimental, se tuvo cuatro tratamientos con tres repeticiones, teniendo un total de 12 unidades experimentales.

## 5.2 Procedimiento Experimental

El trabajo de investigación se dividió en tres fases: la primera consistió en la construcción del ambiente, la segunda fase comprendió en la preparación del alimento, prueba de supervivencia, inoculación de lombrices, toma de datos de temperatura, humedad y pH, la tercera fase comprendió la evaluación, toma de datos de los parámetros ambientales y conteo de la población de lombrices en laboratorio.

### 5.2.1 Toma de Muestras

De acuerdo al volumen utilizado en la investigación la toma de muestras se realizó con un cilindro de capacidad aproximada de 250 cm<sup>3</sup> (Figura 2), debido al tamaño de la unidad experimental que tiene las dimensiones de 30 x 30 x 15 cm.



Figura 2. Cilindro muestral de PVC en el tratamiento 1 (estiércol de ovino)

Las muestras obtenidas con el cilindro fueron tomadas del centro de cada bandeja.

### **5.2.2 Evaluaciones en Laboratorio**

De las muestras obtenidas se realizaron conteos de cápsulas, peso y clasificación por estado fisiológico de las lombrices, realizando la medición de longitud y diámetro de la lombriz.

### **5.3 Trabajo de Campo**

Consistió desde la implementación del pankar-huyu, hasta la última toma de muestra, éstas a su vez se subdividieron en tres etapas.

Establecimiento de Ambiente Atemperado (primera etapa), consistió en la delimitación, construcción de la infraestructura.

Establecimiento del Hábitat (segunda etapa), comprendió desde la preparación del alimento, la observación, medición de temperatura y humedad de ambiente antes de la implementación de las lombrices, la prueba de supervivencia, inoculación, toma de datos del sustrato.

Evaluación de crecimiento (tercera etapa), consistió en la evaluación y conteo de la población de lombrices en laboratorio.

### **5.4 Establecimiento de Ambiente Atemperado**

#### **5.4.1 Ubicación y Delimitación de la Infraestructura**

La investigación se ubica en los predios de la Estación Experimental de Patacamaya, las dimensiones para el emplazamiento del pankar-huyu es de: 2,10 x 2,80 metro.

#### **5.4.2 Construcción del invernadero**

Las condiciones ambientales requeridas para el desarrollo y reproducción de la lombriz roja californiana se enmarcaron en parámetros ambientales como la

temperatura y humedad, los mismos que se llegaron a cumplir al establecer la infraestructura adecuada.

Para inicio de faenas y emplazamiento de infraestructura se procedió a la excavación a profundidad de 0,40 m y una longitud de 2,50 m x 1,80 m, la misma fue humedecida para facilitar las labores (Figura 3), la tierra se cernió y se trasladó a otro sitio con el propósito de elaborar adobes para la construcción del lombricario.



Figura 3. Humedecido y excavado del área de emplazamiento del pankar-huyu.

Para el levantamiento del pankar-huyu se utilizó material local, que consistió en la elaboración de adobes de barro con una dimensión de 30 x 40 x 10 cm. Es necesario mencionar que los adobes fueron realizados aproximadamente a 150 m del lugar de la infraestructura, para el mismo se trasladó agua y tierra lo que facilitó elaborar el barro, también se fue a recoger paja en una cantidad necesaria, además del uso del estiércol para que tenga consistencia el adobe, la cantidad requerida de adobes para la infraestructura fueron de 200 unidades. Posterior a la elaboración de los adobes se esperó un tiempo considerable de una semana para el secado, entre tanto se realizó el aplanado del suelo y preparación para la construcción del muro. Luego se trasladó los adobes al espacio designado para realizar la infraestructura del lombricario.

La construcción del cimientó se realizó con adobes y barro alrededor de la dimensión del lombricario con una altura de 10 cm, el mismo que tuvo un secado de 2 días. Luego se procedió al levantamiento del muro.



Figura 4. Pankar-huyu con la ventana central abierta

Las dimensiones del pankar-huyu es de (2,80 x 2,10) m, con una altura de 0,90 m por la parte de adelante y 1,60 m la parte de atrás medidos desde la plataforma, con una pendiente de 10 % para el techo. Posterior a la culminación del levantamiento del muro se procedió al armado de las vigas para el techado del lombricario, que consistió en un bastidor de agrofilm con un espesor de 250  $\mu$  cuyas dimensiones del bastidor son de (2,90 x 2,20) m, con una ventana central que se abre hacia arriba (Figura 4).

Para la puerta de ingreso, se utilizó madera, con dimensiones de 0,60 m de ancho y 0,50 m de alto. Las ventanas de los laterales se los realizó con marcos de madera y la cubierta con agrofilm, sus dimensiones son de 0,30 x 0,30 m. El total de ventanas de los laterales son de 4 unidades.

## 5.5 Establecimiento de Hábitat

Para obtener el primer objetivo de la investigación con respecto a la evaluación de la calidad de los sustratos ofertado a las lombrices se prosiguió con los siguientes pasos:

### 5.5.1 Preparación de Sustratos

El alimento es necesario para el establecimiento de las camas, por lo que se consideró las condiciones adecuadas del sustrato para el crecimiento, desarrollo y reproducción de la lombriz roja californiana, cumpliendo con los parámetros mínimos de humedad de 70 a 85 %, con un pH desde 4,2 a 8. Se utilizó los sustratos locales de la estación experimental como ser estiércol de cuy, estiércol de ovino y rastrojo de cebada.

**a) Estiércol de cuy:** Para el uso del estiércol de cuy se procedió al cernido; para evitar la presencia de impurezas como es la viruta, y otros materiales nocivos para la lombriz, luego se pesó para preparar el sustrato. Posteriormente se lavó con agua de grifo en los yutes, se revolvió y se exprimió en el mismo saco; esto para extraer el exceso de nitrógeno. Mediante el lixiviado se perdió nitratos, posterior a esto se expuso al sol para su secado y el amoniaco se eliminó por volatilización.

**b) Estiércol de ovino:** Se tuvo que cernir para evitar el estiércol no descompuesto, se pesó y midió en volumen para la prueba de supervivencia (Figura 5). En una primera instancia del experimento no se lavó; sino que, el primer estiércol pasó por un proceso de lavado y lixiviación de manera natural, esto porque estuvo en la intemperie durante las épocas de lluvia. Posteriormente, para aumentar el sustrato a las lombrices, el estiércol se midió en volumen por unidad experimental, esto fue debido a la época fría para aumentar la temperatura en el sustrato. Se realizó el lavado del estiércol antes de suministrar como alimento y se dejó secar hasta llegar a un 80 % de humedad.



Figura 5. Preparación de sustratos (estiércol de ovino)

**c) Rastrojo de cebada:** Para el rastrojo de cebada se procedió a la separación de los tallos mediante el cernido, para evitar la parte más lignificada de la cebada; las partes que más se utilizaron fueron, las hojas y parte de las espigas.

Para la preparación de los sustratos ya puestos en experimento, se mezcló el estiércol de ovino con rastrojo de cebada en porcentajes; la mezcla fue en seco, el método considerado para la suministración del sustrato fue en base al volumen de la bandeja de plástico, con dimensiones de 30 x 30 x 15 cm, el sustrato de inicio tuvo un volumen de 13500 cm<sup>3</sup>, éste se le puso en las bandejas, se las regó hasta llegar a un aproximado de 80 % de humedad.

En un inicio la humedad para la preparación del sustrato se midió de forma manual, prueba que se conoce con el nombre de “prueba de puño”; para esto se tomó una cantidad del sustrato húmedo con el puño de la mano, y se añadió agua al sustrato hasta que escurra 8 gotas, lo que indicó el 80 % de humedad aproximado (Espinoza,

1999; citado por Girón, 2006); para corroborar estos datos se midió con un sensor de humedad, el cual mostró un 82 % de humedad.

### **5.5.2 Evaluación de Temperatura y Humedad**

Antes de implementar la crianza de lombrices fue necesario conocer las fluctuaciones de temperatura y humedad, se tomó datos del ambiente durante el transcurso de dos semanas. Las horas de medición fueron con un intervalo de dos horas, empezando desde las 06:00 a.m., hasta las 20:00 p.m.; las temperaturas máximas y mínimas reportadas fueron aproximadamente a las 6:30 a.m. como temperatura mínima y la temperatura máxima a las 14:30 p.m. La posición del termómetro ambiental fue ubicada en el centro del pankar-huyu, como también en la altura, que fue a 50 cm medidos desde la base.

También fue necesario conocer las temperaturas y humedades de los sustratos antes y durante en la prueba de supervivencia, estos parámetros se midieron a una profundidad de 7 cm desde la superficie del sustrato cada 2 días, para evitar la muerte de las lombrices por factores climáticos, evaluación que se realizó antes del inicio de la prueba de supervivencia. La humedad en el sustrato se dio de acuerdo a la temperatura del ambiente; las variaciones se dieron en un rango aproximado de 4 a 8 horas disminuyendo en un 1 % de humedad aproximadamente.

### **5.5.3 Prueba de Supervivencia**

Para implementar la cría de lombrices, se trajo el material genético de la Estación Experimental de Cota-Cota (Figura 1 del Anexo), las lombrices utilizadas en la investigación fueron aquellas que presentaron clitelo definido.

Dentro la prueba de supervivencia se tomó datos de temperatura del ambiente y del sustrato, para los tres tratamientos y sus repeticiones.

En el inicio de la investigación los tratamientos propuestos fueron los siguientes:

T1: estiércol de cuy al 100 %

T2: estiércol de ovino 100 %

T3: rastrojo de cebada 100 %

Antes de realizar el establecimiento de lombrices para la investigación se realizó la prueba de supervivencia y adaptación con 50 lombrices por tratamiento, en bandejas de 0,135 m<sup>3</sup>. Los tratamientos propuestos fueron: estiércol de cuy, estiércol de ovino y rastrojo de cebada; previamente humedecidos durante un mes, tiempo valorable para entrar en fase de descomposición. Se registró los datos de temperatura ambiente, de los sustratos, humedad de sustratos y el pH de las diferentes muestras.

Se colocó las lombrices en la parte superior de las bandejas para permitir que ingresen por su propia cuenta, pasadas las 24 horas se observó si las 50 lombrices se encontraban en condiciones óptimas de salud, garantizando así permanencia y acción productiva dentro de los lechos. Para más seguridad se esperó por el lapso de 3 días en las tres muestras.

Posteriormente se volvió a colocar el tratamiento de estiércol de cuy, pero esta vez se lavó el estiércol, dejando secar hasta el 80 % de humedad; se inoculó 50 lombrices y la evaluación se realizó pasado las 24 horas.

Durante la investigación se encontró que las lombrices murieron con el tratamiento del estiércol de cuy, para encontrar las causas se realizó una tercera prueba de supervivencia; para corroborar el resultados acerca de la mortandad de la lombriz en este sustrato se realizó cuatro tratamientos con tres repeticiones: (T1: estiércol de cuy al 100 %), (T2: estiércol de cuy 50 % + 50 % de estiércol de ovino), (T3: estiércol de cuy 25 % + 75 % de estiércol de ovino), (T4: estiércol de ovino 100 %).

Después de obtener resultados desfavorables respecto al estiércol de cuy se descartó por completo a este tratamiento; por esto se cambiaron los tratamientos con el uso de estiércol de ovino y rastrojo de cebada en las siguientes proporciones:

- T1 = estiércol de ovino 100 %
- T2 = estiércol de ovino 75 % + rastrojo de cebada 25 %
- T3 = estiércol de ovino 50 % + rastrojo de cebada 50 %
- T4 = estiércol de ovino 25 % + rastrojo de cebada 75%

Teniendo como resultado cuatro tratamientos y tres repeticiones, dando un total de 12 unidades experimentales.

#### 5.5.4 Inoculación de Lombrices

Posterior a la prueba de supervivencia se procedió a la inoculación de lombrices con clítelos desarrollados mediante la metodología de conteo, considerando el promedio de densidad de siembra que se utiliza en los sustratos ofertados en volumen de 20000 lombrices adultas/m<sup>3</sup> (Durán y Henríquez, 2009) y en superficie de 2500 lombrices adultas/m<sup>2</sup> (Arango y Dávila, 1991 y Tineo, 1994); citado por Pineda (2006).



Figura 6. Establecimiento de las unidades experimentales para el desarrollo poblacional de la lombriz roja

Por lo mencionado anteriormente se puso un número de 180 lombrices por unidad experimental para un volumen de 13500 cm<sup>3</sup> de sustrato, este parámetro se consideró porque el promedio de la lombriz es de 0,5 gramos. La cantidad total de lombrices inoculadas fue de 2160 unidades con un peso total de 1,08 kg en las 12 bandejas (Figura 6).

Después de haber realizado el conteo y pesaje de las lombrices se puso las bandejas dentro del pankar-huyu, para luego acomodarlas en sus respectivos lugares.

### 5.5.5 Control de Temperatura y pH

Para la medición de temperaturas de ambiente se usó el termómetro de máximo y mínimo, recogiendo los datos por la tarde para luego registrarlos en las planillas. Posteriormente se usó un termo higrómetro para medir las temperaturas máximas y mínimas del ambiente, los datos fueron tomados constantemente. Cuando la temperatura aumentaba por encima de 30 °C fue necesario abrir la cubierta del invernadero, luego cerrar por la tarde para acumular calor por la noche cuando la temperatura comienza a descender.



Figura 7. Medición de temperaturas de sustrato, pH y humedad en los tratamientos

Para medir la temperatura de los sustratos, se utilizó 3 termómetros de sustrato (Figura 7), para ello fue necesario determinar las horas cuando se registran las máximas y mínimas. Para conseguir datos de la temperatura mínima se dio seguimiento durante una semana, registrando desde horas 6:00 a.m. hasta las 7:00 a.m., los mismos presentaron variaciones en algunos días, teniendo como promedio de temperatura mínima a las 6:30 am; registrando los datos a partir esa hora en todos los tratamientos. Para saber la temperatura máxima en el sustrato también se dio seguimiento durante una semana las horas a considerar fueron desde las 13:00 hasta las 15:00 p.m., obteniendo como promedio a las 14:00 p.m. como la temperatura máxima.

También se realizó la toma de datos de temperatura de ambiente y sustrato al mismo tiempo para saber la relación entre estas temperaturas y la influencia del ambiente con respecto al sustrato (Figura 2 del Anexo).

Para saber la conducción de ácidos de los tratamientos se realizó las mediciones directamente en el sustrato mediante un pH metro, a la altura de la medición de la temperatura, esto se realizó antes de la inoculación para evitar la muerte de las lombrices, posteriormente se dio seguimiento realizando observaciones una vez cada semana y en cada unidad experimental.

#### **5.5.6 Control de Humedad, Riego y Aireación**

Para observar la humedad del ambiente se utilizó el termo higrómetro, registrando la máxima, mínima y la actual. Para medir la humedad de sustrato se utilizó el sensor de humedad calibrado al tanto por uno, tomando los datos en el sustrato cada 2 días.

Algunas bandejas tuvieron poca humedad en el sustrato y para aumentar la misma se regó con un atomizador hasta alcanzar la humedad adecuada de 80 % humedad (Figura 8). Dependiendo de la necesidad de humedad se realizó el regado una vez por semana; algunos de los tratamientos que no perdieron mucha humedad se los

regaron superficialmente con atomizador, debido a que la parte superficial secaba más rápido, aunque la base y el centro se mantenían húmedos.



Figura 8. Medición de la humedad de sustrato en el T1 (estiércol de ovino)



Figura 9. Unidades experimentales cubiertas con esteras

Debido a la rápida evaporación del agua en los tratamientos se realizaron esteras para evitar la pérdida de humedad. Asimismo se recogió paja del campo para trenzar

y colocar en la superficie de la bandeja. Las dimensiones de las esteras fueron de 35 x 35 cm, elaboradas con pajas trenzadas, y sujetadas con hilos, luego se las puso encima de las bandejas (Figura 9); para evitar la anaerobiosis las esteras tuvieron espacio suficiente para el intercambio gaseoso.

Por otro lado para regular la humedad del ambiente se consideró añadir agua en botellas pett cortadas por la mitad, esto a fin de producir la evaporación y por ende la humedad del ambiente. Fue también necesario airear en algunos tratamientos para evitar el mal olor por el exceso de humedad en las bandejas, especialmente en el tratamiento que contenía más cantidad de rastrojo de cebada (T4).

### 5.6 Evaluación del Crecimiento de la Lombriz Roja

Para determinar el periodo óptimo de desarrollo poblacional de la lombriz en relación al alimento ofertado se realizaron las observaciones cada 21 días, durante un periodo de 3 meses; de abril a junio, determinando el número y peso de lombrices, entre adultos, juveniles, bebes y cocones.



Figura 10. Tercera evaluación, muestreo con cilindro, luego puesto a recipientes de plástico

La primera evaluación se realizó el 10 de abril, la segunda evaluación se realizó el 1 de mayo, la tercera evaluación se realizó el 22 de mayo (Figura 10) y la última evaluación se realizó el 12 de junio de la gestión 2013.

Para esto se tomó una muestra en el centro de la bandeja con un cilindro de 4,85 cm de diámetro y 15 cm de altura a partir de la superficie del sustrato hasta la base de la misma. El sustrato contenido en cada cilindro fue vaciado en un recipiente de plástico, procediendo a separar manualmente entre lombrices adultas, juveniles, bebes y cocones. Para obtener el peso de las lombrices se los sumergieron las lombrices por uno segundo en el agua para colocarlos por un instante sobre el papel absorbente.

### 5.6.1 Parámetros de Crecimiento de la Lombriz

**5.6.1.1 Longitud y diámetro de la lombriz.** Para realizar la medición de la longitud se utilizó una mesa de observación con base de papel milimetrado, por consiguiente solo fue necesario colocar la lombriz en el vidrio de la mesa (Figura 11).



Figura 11. Medición de longitud y diámetro de la lombriz

Con la ayuda de pinzas se extrajo con cuidado a las lombrices de la muestra de sustrato, posteriormente se realizó la observación en una mesa de vidrio y se procedió a contar los centímetros y milímetros de la lombriz, posteriormente se registró los datos obtenidos. La misma metodología se empleó para medir el diámetro de la lombriz juvenil como la adulta. Las lombrices evaluadas fueron de 5 especímenes tomados al azar, dentro de la misma muestra de cilindro.

**5.6.1.2 Peso de la lombriz.** Para saber el peso promedio de las lombrices, como el peso total por tratamiento se tomó lombrices de una misma fase etológica y se los pesó por separado, el número de muestras fueron de 5 especímenes; aunque para mayor precisión se tomó una muestra de 10 lombrices considerando el mismo tamaño, fueron pesadas en una balanza analítica (Figura 12) para conocer el peso promedio de las lombrices adultas, posteriormente se dividió el total de gramos entre las 10 lombrices que sirvieron como muestra.



Figura 12. Peso de diez lombrices adultas.

## **5.6.2 Crecimiento de la Lombriz en sus tres Fases Etológicas**

**5.6.2.1 Número de lombrices adultos.** Se contabilizó el número de representantes adultos en cada muestra, se midió la longitud y el diámetro posteriormente se pesó a

las lombrices, para luego volverlas a sus bandejas para proseguir con su tratamiento y dar continuidad al proceso de la investigación. En el transcurso de las evaluaciones, se observó un cocón recientemente formado en la lombriz roja californiana (Figura 13).



Figura 13. Lombriz adulta con la formación de un cocón.

**5.6.2.2 Número de lombrices juveniles.** De las muestras del cilindro se separó a todas las juveniles, se las contó, midió en la mesa de observación, luego se los pesó en la balanza analítica, se registró y se las devolvió a sus unidades experimentales.

**5.6.2.3 Número de lombrices bebés.** Para saber la cantidad de lombrices bebés en las unidades experimentales se las separó manualmente, contando todas las que habían en la muestra del cilindro; para tomar datos de longitud y diámetro solo se tomó en cuenta a 5 especímenes tomados al azar de la muestra, también se las observó con lupa para mejor resolución, viendo la eclosión de un cocón y la salida de una lombriz bebé (Figura 14). Posteriormente se volvió a introducir a las lombrices juntamente con la muestra de sustrato para su posterior desarrollo.



Figura 14. Lombriz bebé eclosionando del cocón.

### **5.6.3 Número de Cocones**

Para evaluar la cantidad de cocones existentes en cada unidad experimental se utilizó la misma muestra de cilindro donde se las extrajo a un recipiente, se realizó el conteo y se midió el diámetro de las mismas. Posteriormente se volvió a introducir a las mismas bandejas de las cuales fueron tomadas. Para saber la cantidad total de cocones por tratamiento se sacó un promedio entre las tres repeticiones.

### **5.6.4 Biomasa de la Lombriz Roja Californiana**

El procedimiento para la obtención de la biomasa consistió en separar manualmente las lombrices con ayuda de pinzas, se las introdujo en un recipiente para lavarlas con agua y luego se las dejó durante unos segundos sobre el papel absorbente para posteriormente pesarlos (Serrano, 2004). El mismo procedimiento se realizó en todas las evaluaciones hasta la última.

**5.6.4.1 Crecimiento de la población de la lombriz roja californiana.** Es la sumatoria de las lombrices en sus tres fases etológicas obtenidas mediante muestreo por el método del cilindro.

### 5.6.5 Incidencia de Plagas y Enfermedades

Durante el proceso de investigación se tuvo presencia de hormigas rojas, para evitar que ingresen a las unidades experimentales se utilizó cal (Figura 15), se esparció por todo el invernadero y las paredes sacando todas las bandejas. Es necesario mencionar que en un principio se trató de quemarlas con fuego, pero esto no resultó, además que se generó un fuerte olor a gasolina en el ambiente, aun así no se pudo exterminarlas. Aunque otros productores controlan colocando aceite quemado en los bordillos de las camas, o aumentando la humedad en las camas a un 80 %, de esta forma reduce la población de las hormigas rojas que no atacan, pero compiten con las lombrices por alimento.



Figura 15. Limpieza con cal para exterminar hormigas rojas

Sin embargo, la cal tuvo una reacción muy favorable haciendo desaparecer a las hormigas rojas; no fue instantáneo, pero este método sirvió de gran ayuda sin perjudicar a las lombrices. También se tuvo la presencia de otras plagas como los ratones; a los cuales también se los eliminó con cal.

## 5.7 Análisis Económicos de Costos Totales

Para analizar el beneficio económico por la utilización de estiércol y rastrojo de cebada en la producción de la lombriz roja californiana se realizó el análisis de costos de producción, considerando el gasto de todos los insumos que se utilizaron para la implementación de la cría de lombrices en sistema de pankar-huyu, con un ajuste al 5 % de imprevistos por efecto del nivel de manejo, debido a que el experimento estuvo sujeto a unidades pequeñas.

Los costos de producción generalmente se refieren a los gastos realizados por unidad de producto, es decir que la referencia se hace al costo medio de producir una cantidad dada (Bishop, C., Toussaint, W., 1991). Cuando se quiere elaborar un producto, nos referimos a los gastos en que se incurre al producir una cantidad particular de producto en un determinado tiempo. Para realizar el cálculo de costos de producción, se ha utilizado la siguiente fórmula:

$$CP = CL + CE + CRC + CB + CMO + CAP$$

Dónde:

- CP = Costos de producción
- CL = Costo de la lombriz
- CE = Costo del estiércol
- CRC= Costo del rastrojo de cebada
- CB= Costo de la bandeja de plástico
- CMO= Costo de mano de obra riego y aireación
- CAP= Costo del Alquiler Pankar-huyu

Para el cálculo de Ingreso bruto se utilizó la siguiente fórmula:

$$IB = IPL$$

IB = Ingreso Bruto

IPL= Ingreso por la lombriz

El Ingreso Neto se calcula restando el total de los costos de producción que varían del beneficio bruto de campo, para cada tratamiento. Para el cálculo del Ingreso Neto se utilizó la siguiente fórmula:

$$IN = IB - CP$$

Dónde:      IN= Ingreso Neto  
              IB= Ingreso Bruto  
              CP= Costos de producción

El análisis económico del presente estudio fue efectuado mediante los indicadores de beneficio costo para cada tratamiento, calculado con la siguiente fórmula:

$$B/C = \frac{IB}{CP}$$

Dónde:      B/C= Beneficio Costo  
              CP= Costos de producción  
              IB= Ingreso Bruto

Para tener un panorama más general respecto a los ingresos económicos que se pueden adquirir por la producción de lombrices se extrapoló los resultados obtenidos de las bandejas con una capacidad de 0,0135 m<sup>3</sup> a un sistema de literas que tiene capacidad de un volumen de 3,5 m<sup>3</sup>.

Para el cálculo del rendimiento en sistema de producción comercial, se realizó los rendimientos ajustados, que consiste ajustar valores, que si bien es aproximado, no es un factor que se aplique en forma automática (CIMMYT, 1988; citado por Reyes Hernández, 2001).

Para esta investigación con respecto al rendimiento se consideró un ajuste adicional de 5 % por el método de la cosecha de lombrices (CIMMYT, 1988; citado por Reyes Hernández, 2001). En el proceso de investigación la cosecha de lombrices se realizó

de forma manual y en el sistema comercial se realiza la cosecha por el “método de trampeo”. Por lo tanto el rendimiento ajustado equivale a un 95 % del rendimiento total.

Para sistemas de producción comercial la cosecha de lombrices se realiza por el método de trampeo que consiste en colocar alimento fresco en redes durante 24 horas en el centro de las literas, para luego cosechar las lombrices que subieron por alimento (Choque, 2008).

## **6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Durante el proceso de la investigación sobre el desarrollo poblacional de la lombriz roja californiana, mediante los métodos empleados se pudo observar la influencia de los parámetros ambientales como también la diferencia de los sustratos que sirvieron como alimento para el aumento de la población en sus diferentes fases etológicas de la lombriz roja.

### **6.1 Ambiente Atemperado**

#### **6.1.1 Ambiente Atemperado (pankar-huyu)**

Es un invernadero semi-subterráneo cuya característica es mantener la energía solar, acumulando calor dentro el ambiente debido a que el agrofilm tiene buena permeabilidad a la radiación de onda corta, pero es menos permeable a la radiación de onda larga que es emitida hacia el exterior; por tanto la luz del sol calienta el ambiente interior y el calor acumulado durante el día lo transmite durante la noche.

#### **6.1.2 Temperatura Ambiental del Pankar-huyu**

Las temperaturas registradas en el ambiente fueron favorables para el desarrollo y reproducción de la lombriz roja californiana. en la Figura (N° 16) se muestra las variaciones que se obtuvieron en el proceso de pre establecimiento y establecimiento de la investigación.

Durante las primeras semanas se dio seguimiento a la toma de datos de temperaturas dentro del pankar-huyu, reportando variaciones mínimas. Las temperaturas altas se alcanzaron sin abrir las ventanas, cabe recalcar que aún no se tenía instalado a las lombrices en el experimento. Esta observación y toma de datos fue durante los primeros días, posteriormente se siguió midiendo las temperaturas máximas y mínimas durante las pruebas de supervivencia.

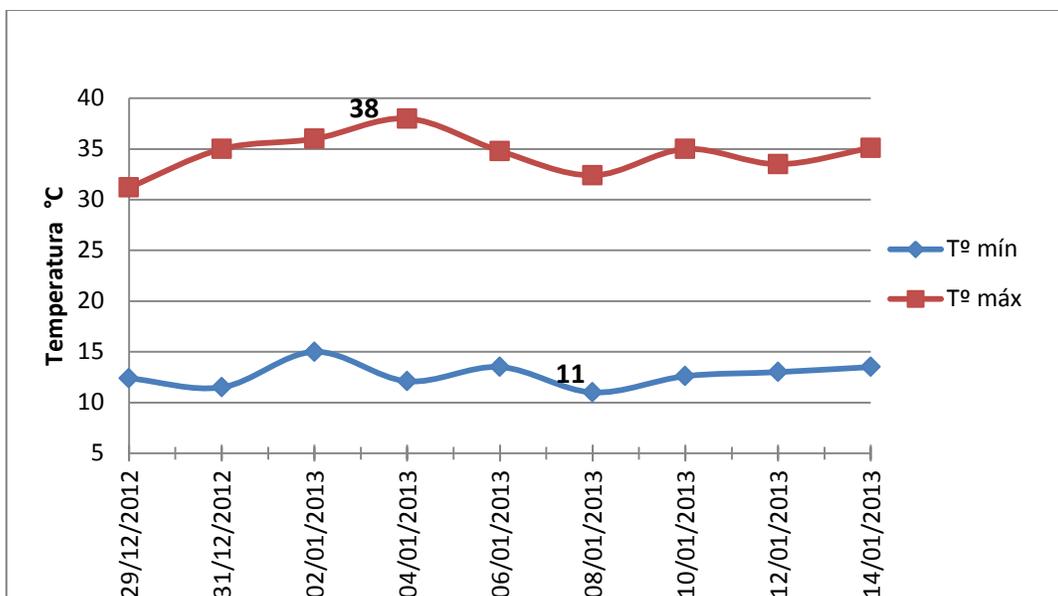


Figura 16. Temperatura ambiental del pankar-huyu en la etapa de pre-establecimiento y establecimiento de la lombriz roja

Las temperaturas ambientales en el proceso de pre-establecimiento y establecimiento de la lombriz dentro del pankar-huyu fueron los siguientes: la máxima reportada fue de 38 °C el 4 del mes de enero, entre las 14:00 a 14:30 horas del día; la mínima reportada fue de 11,0 °C el 8 de enero durante las 5:30 a 6:00 a.m., estos parámetros ambientales son considerados dentro lo normal para el desarrollo y reproducción de la lombriz roja californiana.

La temperatura del ambiente tiene influencia sobre la temperatura del sustrato, ya sea para calentar o enfriar; aunque la lombriz roja es reguladora de su temperatura corporal, es necesario dar condiciones adecuadas para su reproducción, formación de cocones y eclosión de las mismas como también para la transformación de material orgánico a humus.

## 6.2 Establecimiento de Hábitat

### 6.2.1 Prueba de Supervivencia

Antes de empezar con la prueba de supervivencia se consideró el registro de temperaturas del pankar-huyu como del sustrato, dándonos como resultado

temperaturas mínimas de 13,5 °C en el tratamiento de ovino y una temperatura máxima de 28,5 °C en el mismo tratamiento, de la misma forma en el rastrojo de cebada. También se realizó registros sobre la humedad de los tratamientos y pH de los 3 sustratos.

La relación entre la temperatura del ambiente con el sustrato es casi proporcional, cuando aumenta la temperatura en el ambiente, también aumenta en el sustrato; pero no en la misma proporción y cuando baja la temperatura del ambiente la temperatura del sustrato desciende en menor proporción, esto debido a que el estiércol aún mantiene energía calorífica acumulada en su medio poroso. Se debe mencionar que el rastrojo de cebada acumula más calor que los estiércoles, esto puede ser debido a que la cebada tiene más espacio poroso.

Posteriormente se colocaron a prueba los tres tratamientos pasado las 24 horas se realizó la observación y a los tres días se verificó el estado de las lombrices teniendo como resultado los siguientes valores (Cuadro 1).

Cuadro 1. Resultado de la prueba de supervivencia de la lombriz roja (Ps 50 L)

TRATAMIENTOS	INICIO (Nº lombrices) 04/01/13	FINAL (Nº lombrices) 07/01/13	% DE MORTANDAD
T1 (Estiércol de cuy)	50	0	100
T2 (Estiércol de ovino)	50	50	0
T3 (Rastrojo de cebada)	50	20	40

Los resultados no favorables en el tratamiento 1 pudieron ser por diversos factores como ser las partículas finas del estiércol de cuy lo que pudo perjudicar en la respiración de la lombriz a través de su piel, lo que hubiera evitado a que sobrevivieran las lombrices en ese medio, teniendo un 100 % de mortandad en este tratamiento, lo extraño fue que las lombrices aparecieron toda cubierto de partículas finas del estiércol del cuy (Figura 17). Algunas de las lombrices reaccionaron de diferente manera, estas salieron de las bandejas, pero tampoco sobrevivieron debido

a que llegaron al suelo, no encontraron sustrato ni humedad el polvo las secó y también murieron.



Figura 17. Lombriz cubierto con estiércol de cuy

La explicación también puede atribuirse a una elevada concentración de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) como producto de la lisis de proteínas, sustancia que es liberada en forma de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) por volatilización en condiciones alcalinas, esta sustancia gaseosa puede ser la causante de la mortalidad de las lombrices en residuos ricos en nitrógeno (Serrano, 2004). Por otra parte, Edwards (1988); citado por Serrano (2004), indica que niveles de amonio superiores al  $0,5 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$  de sustrato son letales para *E. foetida*.

En el estiércol de ovino, no se tuvo mortandad; y en el tratamiento de rastrojo de cebada, la mortandad fue de 40 % por lo cual se volvió a probar nuevamente los tratamientos para corroborar los resultados.

La diferencia de temperatura, entre los tratamientos no tuvo influencia negativa en el comportamiento de la lombriz roja (Figura 18), especialmente en la prueba de supervivencia, debido a que las temperaturas registradas en este periodo de tiempo están dentro del rango de aceptabilidad para su desarrollo. Ya que la temperatura mínima promedio registrada en el sustrato fue de  $13,5 \text{ }^\circ\text{C}$  y la máxima promedio fue

de 28,5 °C, estos valores están dentro del rango de aceptabilidad como lo menciona (Ferruzzi, 2010).

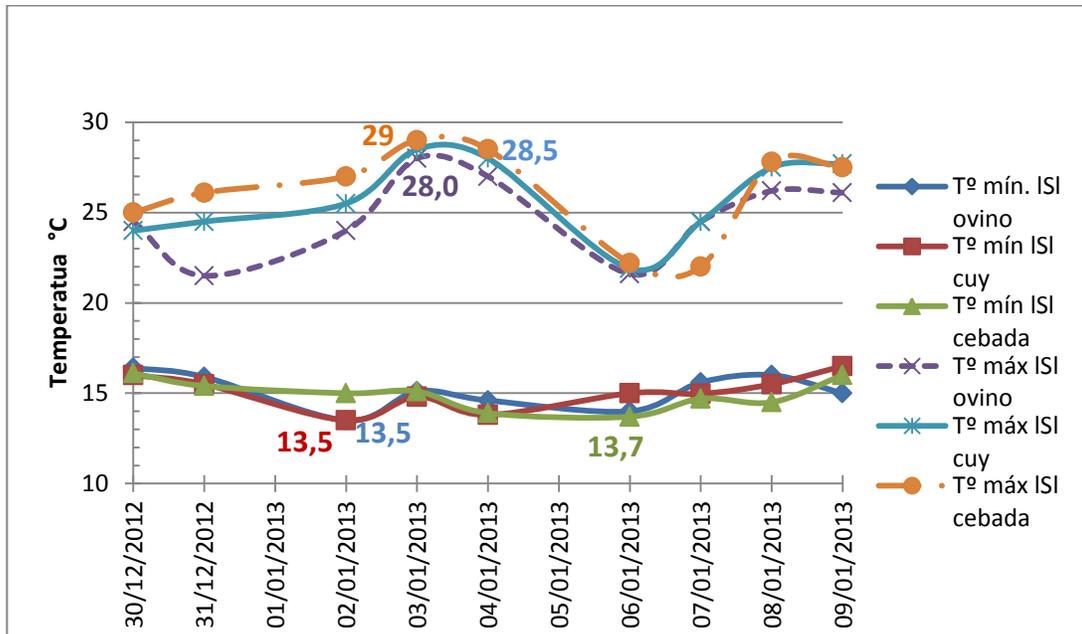


Figura 18. Temperaturas de sustratos en la prueba de supervivencia de la lombriz roja

La humedad en el sustrato presentó valores de 75 % a 85 % en los tres tratamientos debido a que el riego se realizó de acuerdo al requerimiento del sustrato (Figura 3 del Anexo), proporcionando mayor riego al estiércol de cuy y rastrojo de cebada. El valor de pH de los sustratos estuvo entre 7,8 a 8; aun así se tuvo la muerte de lombrices en el estiércol de cuy.

Para la segunda prueba de supervivencia, se lavó el estiércol de cuy para lixiviar el amoníaco evaluando pasado las 24 horas como menciona Ravera (2000); citado por Girón (2006) teniendo resultados desfavorables; lo que indicaría que el amoníaco no pudo ser extraído en su totalidad, o que existe otro factor que causó la muerte de la lombriz roja californiana.

La tercera prueba de supervivencia que se realizó fue para corroborar los resultados acerca de la mortandad de la lombriz en el sustrato de estiércol de cuy, los otros tratamientos se realizaron en proporciones con el estiércol de ovino. Sin embargo no

se pudo establecer las razones de mortandad, por lo que se podría atribuir a diversos factores; entre ellos el tipo del alimento que asimiló el cuy durante su alimentación.

En la primera evaluación de la prueba de supervivencia el estiércol de cuy presentó el 100 % de mortandad, mientras que en la tercera evaluación de supervivencia redujo a 90 % de mortandad; se puede deducir que el tipo de alimentación que se le dio al cuy tuvo influencia aunque en menor grado. Sin embargo no se puede asegurar este resultado debido a que no se tiene valores fijos con respecto a la cantidad de proteínas, fibra, ni sus cualidades nutricionales que contiene el estiércol de cuy.

Cuadro 2. Tercera evaluación - prueba de supervivencia de la lombriz roja

TRATAMIENTOS	Inicio (Nº de lombrices) 16/02/14	Final(Nº de lombrices) 18/02/14	% DE MORTANDAD
T1 (Estiércol de cuy 100 %)	20	2	90
T2 (E. de cuy 50 % + 50 % E. de ovino)	20	7	65
T3 (E. de cuy 25 % + 75 % E. de ovino)	20	12	40
T4 (Estiércol de ovino 100 %)	20	20	0

Cuando se utiliza un 100 % del estiércol de cuy la mortandad es mayor, pudiendo llegar a un 100 %. En cambio cuando se utiliza en cantidades menores la mortandad reduce (Cuadro 2), como sucedió en T3 cuya combinación es (25 % E. Cuy + 75 % E. Ovino), el cual redujo a un 40 % de mortandad, se puede deducir que el estiércol de cuy es nocivo como alimento para la lombriz roja californiana cuando se lo utiliza en su totalidad.

La temperatura de sustrato en esta prueba de supervivencia no tuvo diferencias significativas entre tratamientos ni dentro de los tratamientos. Mientras que en el pH se tuvo diferencias entre tratamientos teniendo como resultado sustancias alcalinas (Cuadro 3 del Anexo), debido a que los estiércoles frescos tienden a ser más básicos (Ferruzzi, 2010).

En la humedad del sustrato existieron también diferencias en los tratamientos (Cuadro 4 del Anexo); pero estos valores no influyeron en la muerte de la lombriz roja californiana con respecto a esta prueba de supervivencia.

## 6.2.2 Inoculación de Lombrices

Después de tener resultados desfavorables se cambiaron los tratamientos por estiércol de ovino y rastrojo de cebada en distintas proporciones en el cual se inoculó 180 lombrices por tratamiento. Una vez instalado el trabajo de investigación se procedió al seguimiento de los parámetros ambientales del experimento, registrando la temperatura, pH y humedad.

## 6.2.3 Temperatura y pH en el periodo de evaluación

**6.2.3.1 Temperatura ambiental.** La temperatura ambiental máxima promedio registrada en el pankar-huyu de la Estación Experimental de Patacamaya fue de 34,5 °C y la temperatura mínima media registrada descendió a - 3,5 °C durante el periodo invernal (Figura 19); mientras que para Velasco (2000), la temperatura máxima media es de 38 °C, y la temperatura media mínima es de 1,5 °C en la época invernal.

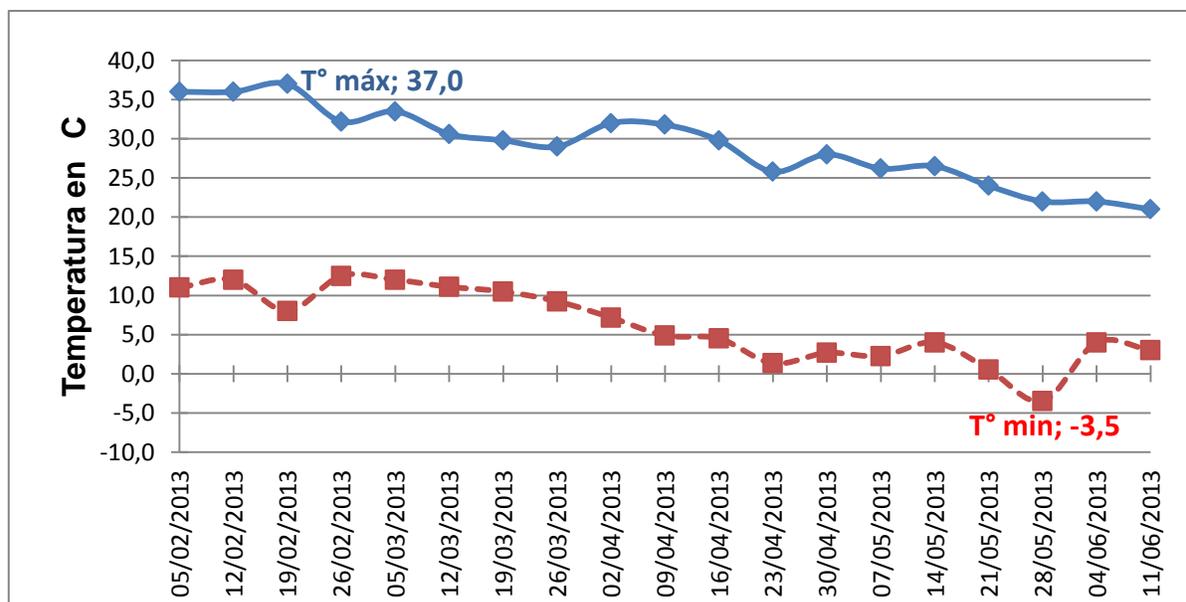


Figura 19. Temperatura ambiental durante el periodo de evaluación de la lombriz roja

Cuando la temperatura del ambiente aumentaba por encima de 30 °C fue necesario abrir la cubierta del pankar-huyu para permitir el ingreso de aire fresco; cerrando por la tarde cuando la temperatura comenzaba a descender, para acumular calor por la noche.

Durante la época de invierno se tuvo descensos en la temperatura ambiental, durante el comienzo de junio se registró temperatura mínima de -5,8 °C, lo que provocó que el agua de las botellas pett dentro el pankar-huyu se congelaran, y en la parte superior de algunas bandejas se encontraran escarchas.

Debido a las temperaturas bajas buscamos alternativas que generen calor, por esta razón se recolectó botellas pett, los mismos se pintaron de color negro (Figura 20) para llenarlas de agua, luego se las introdujo en el pankar-huyu para amortiguar las temperaturas mínimas que se generaron en los meses de invierno, esto para acumular calor durante el día y transmitirlo al ambiente por la noche.



Figura 20. Pintado de botellas pett, para reducir las temperaturas mínimas

Al introducir botellas pett pintadas de negro dentro del pankar-huyu se consiguió almacenar calor en el día, este hecho logró aumentar la temperatura del ambiente hasta en 2 °C debido a que las temperaturas mínimas del ambiente estuvieron por debajo de 0 °C.

**6.2.3.2 Temperaturas del sustrato.** Las temperaturas del sustrato tuvieron características similares en los cuatro tratamientos, con descensos de acuerdo a las estaciones climáticas durante el periodo de evaluación (Figura 21). Esto perjudicó en la producción y sobre todo en la fecundación de la lombriz; debido a que en los meses fríos y en los calurosos la actividad sexual disminuye. Pero durante los meses templados cuando la temperatura promedio es de 19 °C (Ferruzzi, 1994) y 20 °C (Fuentes s. f.) va aumentando la fertilidad de las lombrices.

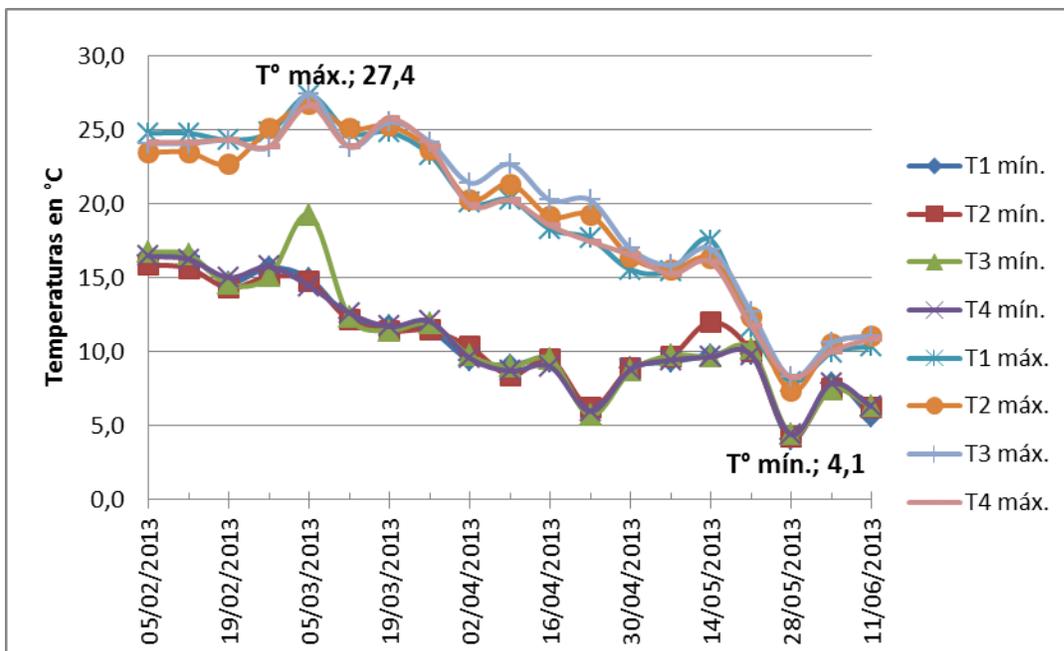


Figura 21. Temperaturas de sustrato registrados en el desarrollo de las lombrices

Las temperaturas mínimas de los sustratos durante el mes de mayo y junio afectaron significativamente a la reproducción, debido a que en este periodo de evaluación se registraron temperaturas de 4,1 °C como mínima promedio y como máxima promedio fue de 27,4 °C, valores en los cuales la lombriz roja californiana puede sobrevivir,

debido a su característica epigeica vive entre los 4 °C hasta los 30 °C, aunque en ambos extremos no son aptos para la reproducción (Ferruzzi, 1994).

Las temperaturas mínimas en los sustratos perjudicaron en la reproducción, aunque las lombrices son reguladores de su propia temperatura; separándose cuando hace calor y agrupándose cuando hace frío. Las temperaturas bajas durante tiempo prolongado causa la muerte de las lombrices, así como en sustrato cálido.

#### **6.2.4 Humedad**

Con el termo higrómetro se registró la humedad máxima, mínima y la actual del ambiente. Debido al exceso de evaporación del sustrato en las bandejas se realizó esteras de paja para evitar el secado del alimento. Al iniciar la investigación se tuvo evaporación continua, por lo que el riego de las bandejas se realizó con una frecuencia de 2 días en un inicio, posteriormente se regó cada semana con el propósito de mantener la humedad óptima para la lombriz, que es de un 70 % a 85 % (Mosquera, 2010).

Como el sustrato requería de más riego se colocó bidones de agua, para que al evaporarse el agua genere al ambiente humedad, lo que sirvió para evitar que seicara la parte superficial de los tratamientos. El tratamiento que más requirió de agua fue el que contenía más cebada (T4), porque la parte superficial secura con rapidez, aunque retenía en el centro y la base de la bandeja en un 85 % a 90 % de humedad.

### **6.3 Evaluación del Crecimiento de la Lombriz Roja**

#### **6.3.1 Parámetros de Crecimiento de la Lombriz**

**6.3.1.1 Longitud y diámetro de la lombriz.** Los resultados obtenidos en las cuatro evaluaciones para conocer la longitud de la lombriz roja californiana, fueron sacados en promedios de tres repeticiones.

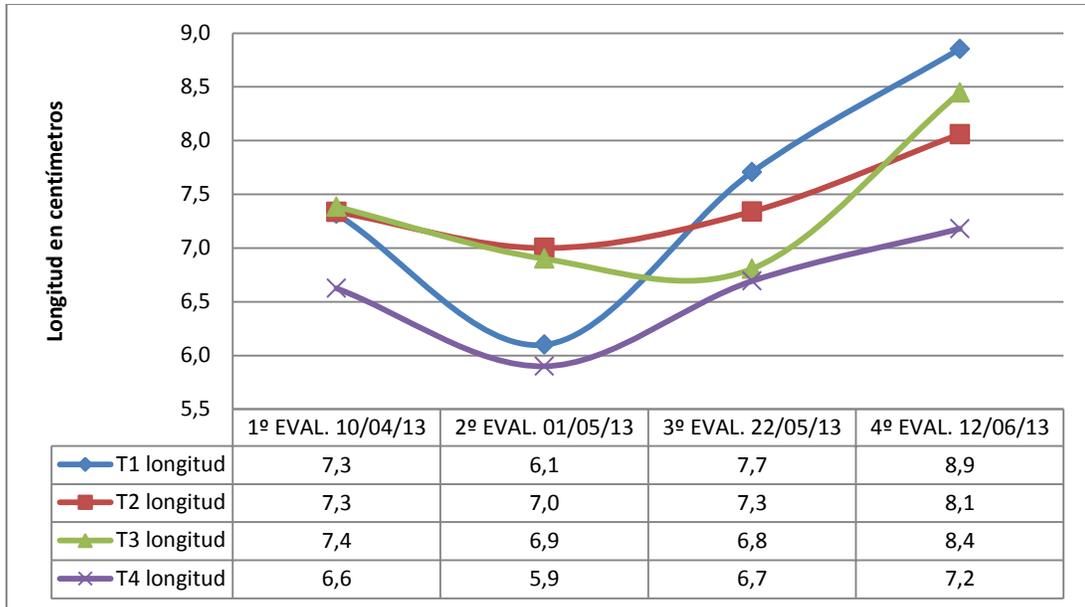


Figura 22. Longitud de la lombriz roja californiana en su fase-adulta.

En la Figura (22) se puede observar que las lombrices de T1 son los que tienen mayor longitud en la última evaluación con respecto a las lombrices de los tratamientos T2, T3, así también como en el diámetro; el valor mínimo para ambos casos se dio en el tratamiento 4 en longitud y en diámetro.

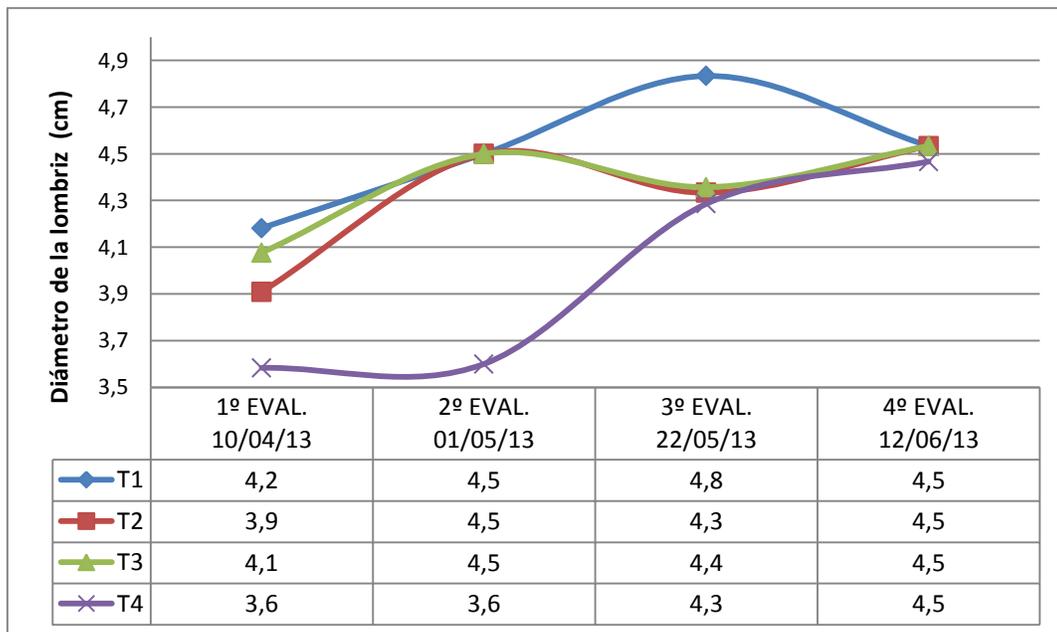


Figura 23. Diámetro de la lombriz roja californiana en su fase-adulta

Con respecto al diámetro de la lombriz el tratamiento 1 (100 % estiércol de ovino) tuvo un valor superior en la tercera evaluación con respecto a los demás tratamientos (Figura 23), estos resultados pudieron ser debido a que las lombrices en el estiércol de ovino encontraron alimento de fácil asimilación para la transformación en abono; aunque no se reprodujeron en mayor cantidad, las lombrices adultas se mantuvieron constantes después de su inoculación.

Las lombrices en la segunda evaluación bajaron de longitud por falta de alimento, pasada esta evaluación se les añadió sustrato a todas las unidades experimentales y los valores de longitud y crecimiento poblacional aumentaron. Por falta de alimento las lombrices reducen de tamaño y pierden peso; ya que el acceso a los alimentos frescos y el aumento de sustrato estimula la reproducción e incrementa el peso de la lombriz (Mosquera, 2010).

En el T4 las lombrices presentaron menor diámetro, debido a la falta de alimento o al consumo rápido del estiércol que solo contenía en un 25 %; mientras el rastrojo de cebada se descomponía lentamente por el alto contenido de lignina las lombrices tuvieron que esperar para asimilarlo, este efecto se pudo observar en la segunda evaluación; pasada esta evaluación se le añadió alimento a todas las unidades experimentales y por ende los valores de diámetro subieron en todos los tratamientos.

**6.3.1.2 Peso de la lombriz.** El peso de la lombriz está relacionado con la longitud y el diámetro, a mayor longitud y diámetro mayor es el peso; debido a esto T1 y T3 son los que pesan más en relación a los demás tratamientos, seguido de T2; pero no se tiene diferencias significativas ya que esta diferencia es mínima entre los tres tratamientos.

En la tercera y cuarta evaluación los valores de peso en los tratamientos 1, 2, 3 son relativamente iguales (Figura 24), aun así se puede decir que las lombrices que ganaron más peso fueron aquellas alimentadas con la mayor parte del estiércol de ovino; esto no quiere decir que los tres sean idénticos en la reproducción. Porque el

fin de la investigación no es la ganancia de peso en las lombrices, sino el aumento en la población de la lombriz roja californiana.

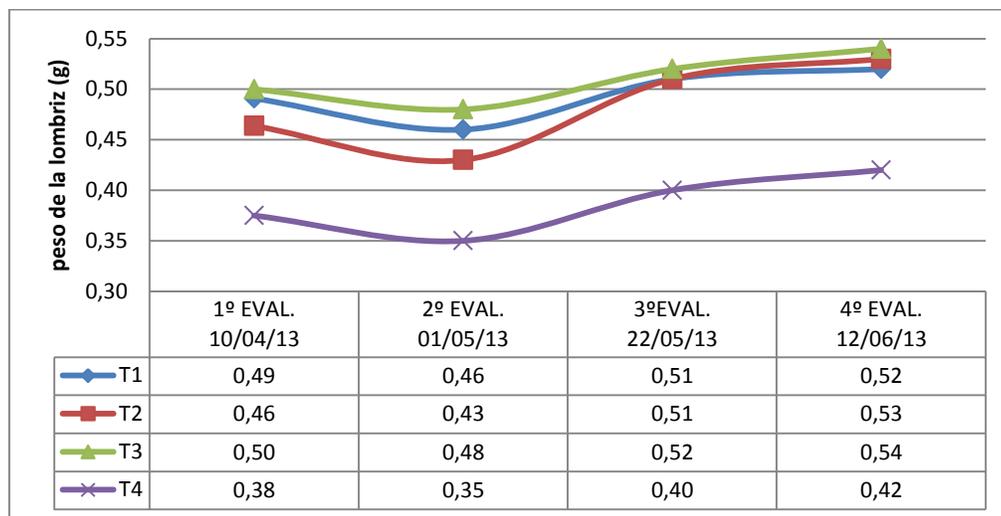


Figura 24. Peso de la lombriz roja californiana fase-adulta

Las lombrices de T4 que fueron alimentadas con mayor proporción de rastrojo de cebada (75 %) registraron peso inferior, deduciendo que este sustrato es el menos aceptado por la lombriz roja; ya que aparte del contenido de lignina la humedad no puede ser regulado fácilmente en cuanto a su requerimiento.

Las evaluaciones realizadas respecto al peso, diámetro y longitud solo se realizaron en las lombrices adultas y juveniles. Para las lombrices bebés se tomó datos de longitud, diámetro, promedio de peso y color, considerando que las lombrices bebé tienen colores blanco y rosado al momento de la eclosión. Para los cocones se tomó datos de diámetro, color y se diferencié entre cocones con bebés y cocones que había eclosionado.

### 6.3.2 Crecimiento de la Lombriz en sus tres fases etológicas

**6.3.2.1 Número de especímenes adultos.** El estiércol de ovino mediante la adición de rastrojo de cebada como aireador y fuente de carbono tuvo resultados favorables en los tratamientos con respecto al crecimiento poblacional de la lombriz,

especialmente en T3; seguido de T2; los tratamientos 1 y 4 no tuvieron efecto positivo respecto al crecimiento poblacional de la lombriz roja en su estado adulto.

De acuerdo a los datos registrados en la temperatura y humedad de los diferentes sustratos no se tuvo diferencias significativas en los tratamientos. El aumento de la población adulta se debe directamente al sustrato empleado en la investigación.

En los tratamientos T1, T2, T3 y T4 el crecimiento de la población adulta de la lombriz tuvo un crecimiento exponencial; cuando no existe alimento las lombrices no se reproducen pero se auto regulan para mantener su equilibrio.

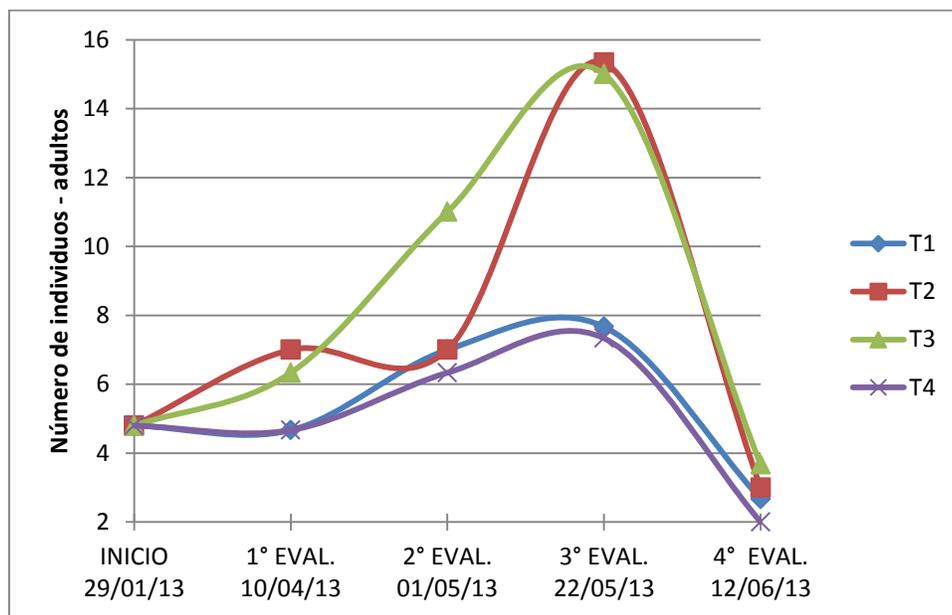


Figura 25. Crecimiento de la población adulta de la lombriz californiana.

En la Figura (N° 25) se observa que el pico de crecimiento se encuentra en la tercera evaluación; después de la segunda evaluación se les añadió alimento a todos los tratamientos por dos razones; la primera fue por escasez de alimento, el segundo fue porque para los finales del mes de abril y comienzos de mayo se comenzó a sentir los fuertes fríos dentro el ambiente del pankar-huyu con temperaturas mínimas de 1,3 °C, y en sustrato con temperaturas mínimas de 4,1 °C en T1; temperaturas donde la lombriz solo sobrevive. En zonas frías de invierno el sustrato debe tener una altura

de 25 cm para aumentar la temperatura como menciona Ferruzzi (1994) por lo que se añadió el alimento hasta el borde de la bandeja.

Aunque la temperatura óptima para la lombriz roja es aquella que se acerca lo más posible a su cuerpo, por su carácter epigeo sobrevive entre los 4 °C y 30 °C como menciona Ferruzzi (2004), esto se pudo corroborar en el proceso de investigación superando los valores determinados, ya que la temperatura mínima registrada durante toda la investigación es de 2 °C el 3 de junio en T3R2, y un valor de 2,2 °C en las otras dos repeticiones.

**6.3.2.2 Número de especímenes juveniles.** La cantidad de lombrices juveniles fue aumentando de acuerdo al transcurso de la investigación, ya que en un inicio se inoculó solo lombrices adultas con clitelio desarrollado, al pasar las 11 semanas se evaluó y los resultados de lombrices juveniles fueron bajos; aunque T2 mostraba una diferencia significativa respecto a T4, bandeja que no tenía lombrices juveniles.

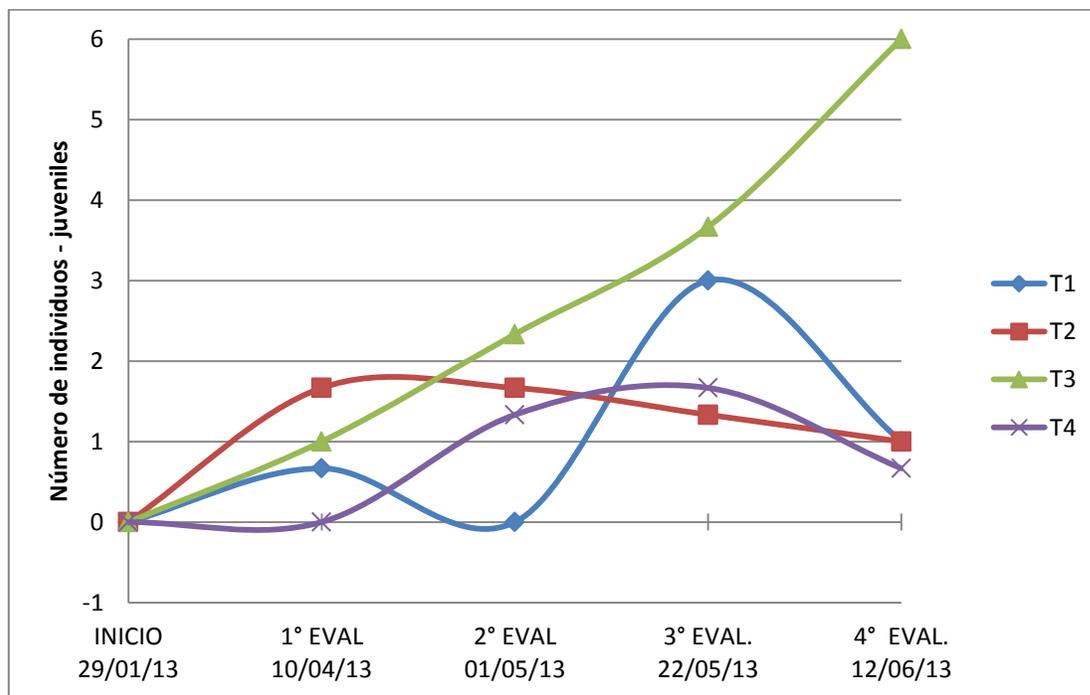


Figura 26. Crecimiento de la población juvenil de la lombriz roja.

En la primera evaluación T2 y T3 hubo presencia de lombrices juveniles, en la segunda evaluación T3 superó a todas dejando a los demás tratamientos rezagados respecto a los resultados positivos (Figura 26). El crecimiento de T3 es de tipo sigmoidea, creciendo hasta la última evaluación sin ningún inconveniente con el descenso de temperaturas.

Mientras para el T2 el crecimiento de la población juvenil de la lombriz es casi constante; aunque con un descenso en la cuarta evaluación. Algo muy distinto ocurre con T1, en la segunda evaluación desciende hasta cero, esto pudo ser debido a la falta de alimento o algún otro factor desconocido, ya que en la tercera evaluación sube a un valor de 3 lombrices juveniles por muestra de cilindro, lo que significa aproximadamente 150 lombrices juveniles por cada bandeja, para la cuarta evaluación vuelve a descender por falta de alimento, ya que el estiércol de ovino ha sido transformado en abono de lombriz.

**6.3.2.1 Número de especímenes bebés.** La cantidad de individuos bebés determina que existe crecimiento poblacional mediante la aplicación de estiércol y rastrojo de cebada en diferentes proporciones, aunque el tratamiento más sobresaliente es T3 (Figura 27).

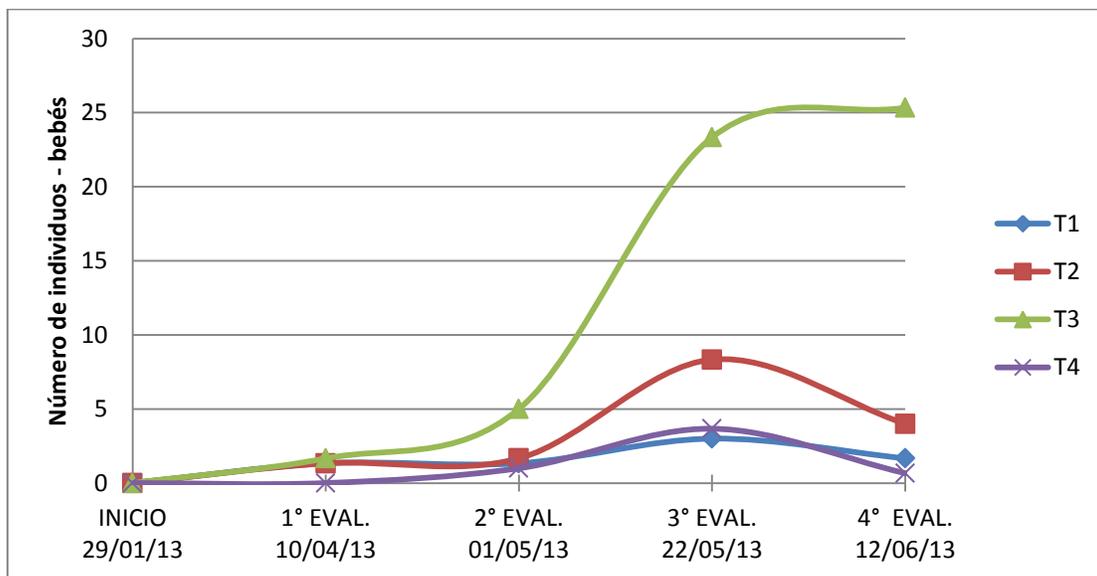


Figura 27. Crecimiento de la población bebé de la lombriz roja californiana.

La temperatura del sustrato, la humedad y el pH cumplieron un rol esencial en la eclosión de los cocones de las cuales las lombrices bebés salieron, teniendo el alimento y humedad adecuada para auto alimentarse.

Se tuvo temperaturas promedio de 20 °C durante determinadas horas del día y cortos periodos de tiempo que promovieron la reproducción y crecimiento poblacional de la lombriz roja californiana, también se puede observar que los descensos por debajo de los 15 °C las lombrices dejan de reproducirse y muchas de sus crías mueren y en temperaturas mayores a 35 °C éstas huyen o también mueren (Mosquera, 2010).

### 6.3.3 Número de Cocones

La fecundación es importante en el proceso del crecimiento poblacional de la lombriz roja, por el hecho de que las lombrices se acoplan regularmente cada 7 días si la temperatura y la humedad del medio donde viven son adecuadas (Alejandro, 2004; citado por Cruz, 2004). Los cocones producidos por las lombrices se abrirán de 12 a 21 días según la temperatura donde se encuentren.

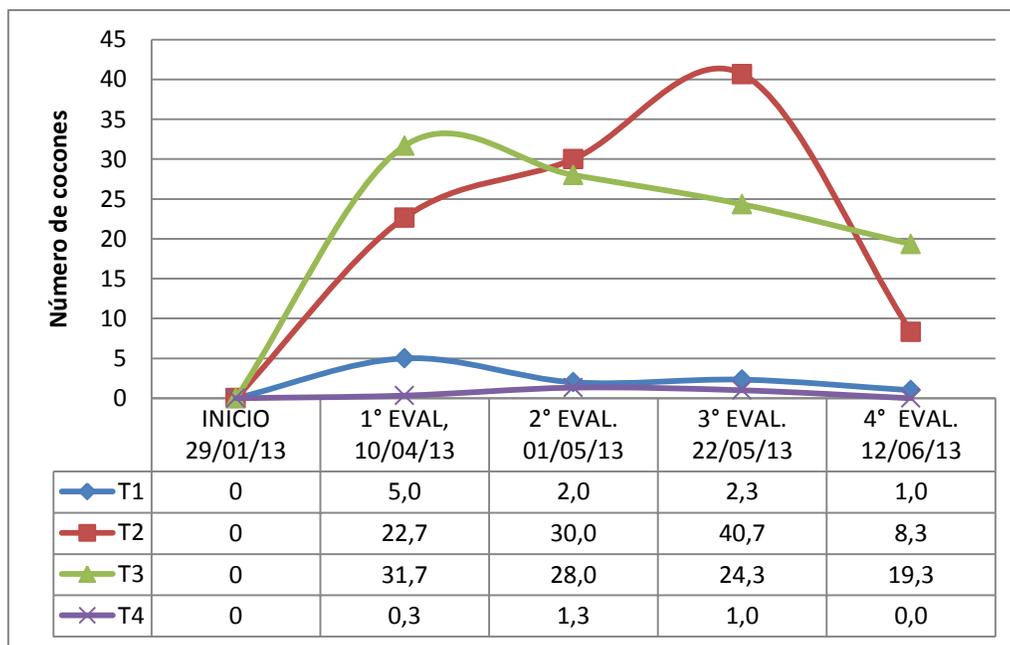


Figura 28. Crecimiento de la población de cocones de la lombriz roja.

De acuerdo con el desarrollo de cocones T2 tuvo un crecimiento mayor hasta la tercera evaluación, descendiendo drásticamente en la cuarta evaluación como se observa en la Figura (N° 28), mientras que T3 empieza con una mayor cantidad de cocones en un principio, descendiendo paulatinamente hasta la última evaluación; pero con una diferencia superior respecto a T2.

Las condiciones del ambiente tuvieron influencia en las lombrices para su fecundación. Sánchez (2003) y Barbado (2004), indican que la temperatura ideal para la formación de cocones va desde 12 - 15 °C. Durante los meses fríos la actividad sexual bajó especialmente en los últimos días de abril, y el mes de junio.

Realizando el análisis de varianza para la cuarta evaluación se vio la existencia de diferencias entre los tratamientos (Cuadro 3), dando resultado altamente significativo al 1 % de error, con un coeficiente de variación de 24,8 %, estos resultados pueden ser respaldados por diversos factores.

Cuadro 3. Análisis de varianza de la población de cocones de la lombriz roja.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	5%	1%
Tratamientos	3	716,33	238,78	75,40		4,07 *	7,59 **
Error Experimental	8	25,33	3,17				
Total	11	741,67					

Por su parte Serrano (2004) señala que al aumentar las temperaturas por encima a 25 °C las lombrices comienzan a producir cápsulas, reduciendo el tiempo promedio transcurrido para que alcancen la madurez sexual. En la investigación se obtuvo temperaturas por encima a 20 °C lo que favoreció a la producción de cocones y su viabilidad.

También la humedad es otro factor importante como lo menciona Serrano (2004), humedades elevadas explican la baja producción de capsulas, y humedades adecuadas aportan en la producciones de cocones.

Para verificar los resultados y conocer las diferencias existentes entre los tratamientos se realizó la prueba de Duncan (Cuadro 4), teniendo como resultado la diferencias entre T3 con respecto a T2, T1 y T4; también existen diferencias entre T2 con respecto a T1 y T4. De acuerdo al tipo de alimento ofertado, las condiciones de temperatura, humedad y aireación adecuadas en T3 y T2 son los que produjeron más cantidad de cocones, con resultados en mayor población para las lombrices.

Cuadro 4. Prueba de Duncan en la población de cocones de la lombriz roja californiana.

	T3 (50-50)	T2 (75-25)	T1 (100%)	T4 (25-75)
T3 (50% E.O.+50% R. Cebada)	a			
T2(75% E.O.+25% R. Cebada)		b		
T1 (100% Estiércol de ovino)			c	
T4 (25% E.O.+75%R.Cebada)			c	d

En el tratamiento cuatro la producción de cocones fue muy reducida, lo que muestra que el sustrato no reunía las condiciones adecuadas para la reproducción de la lombriz roja californiana. En la primera evaluación se observó un cocón en una de sus repeticiones, para la segunda evaluación se contabilizó en las repeticiones de T4, teniendo como promedio 1,3 cocón por muestra de cilindro, para la tercera evaluación el promedio bajó en decimales; en la cuarta evaluación desaparecieron por completo los cocones (Cuadro 5 - 10 del Anexo), de hecho el tratamiento cuatro fue el más inferior respecto a la fecundación de la lombriz roja.

En las muestras de T2 el mayor crecimiento se dio en la tercera evaluación donde se tuvo 41 cocones por muestra de cilindro, en la cuarta evaluación se tuvo cocones en menor cantidad que en otras evaluaciones, dándonos el análisis de varianza altamente significativo, rechazando así la hipótesis nula.

### 6.3.4 Biomasa de las Lombrices

Para el aumento de la biomasa en las lombrices fue necesario que el alimento esté disponible después que el sustrato fue colocado en las bandejas para su previa

descomposición, ya que el alimento básico de la lombriz es la materia orgánica total o parcialmente descompuesta, rol que cumplen los microorganismos para que la lombriz pueda alimentarse de los líquidos existentes en el sustrato, obteniendo su alimento por succión (Martínez, s. f.). Además para saber la cantidad total de lombrices y su crecimiento se contabilizó a las lombrices adultas, juveniles y bebés.

**6.3.4.1 Crecimiento poblacional de la lombriz roja.** El crecimiento de la población en la lombriz roja está condicionado por el manejo, el tipo de sustrato ofrecido, el ambiente donde se desarrolla; estos factores influyen directa e indirectamente en su reproducción. Los microorganismos existentes en todo residuo orgánico en descomposición son factores indirectos en la asimilación de sus alimentos, éstos participan en las redes alimenticias para el proceso de mineralización del nitrógeno y la humificación. El estiércol de ovino tiene alta cantidad de microorganismos, lo que hace apetecible y de fácil asimilación para la lombriz (Rojas, 1999).

El tratamiento que dio resultados favorables en el proceso de la investigación fue el T3 (estiércol de ovino 50 % + rastrojo de cebada 50 %), seguido del T2 (estiércol de ovino 75 % + rastrojo de cebada 25 %); los tratamientos T1 (estiércol de ovino 100 %) y T4 (estiércol de ovino 25 % + rastrojo de cebada 75 %) no aumentaron significativamente en su población.

El crecimiento poblacional es la suma de las lombrices adultas, juveniles y bebés. Esta sumatoria está en función de los tratamientos y las repeticiones obtenidas en las muestras de cilindro.

El comportamiento de las lombrices en el tratamiento 1 mostró resultados de crecimiento mínimo; aunque en la segunda y tercera evaluación fue aumentando paulatinamente, para la cuarta evaluación volvió a descender llegando a tener un valor casi igual al inicial, la desventaja de este tratamiento en su reproducción pudo ser debido al tipo de sustrato que sirvió como alimento, ya que el requerimiento de la lombriz en su alimentación es de un 20 a 25 % de paja o celulosa y proteína no

mayor a 45 %, en este tratamiento se tuvo más proteína que celulosa, pues este tratamiento tuvo el 100 % de estiércol de ovino.

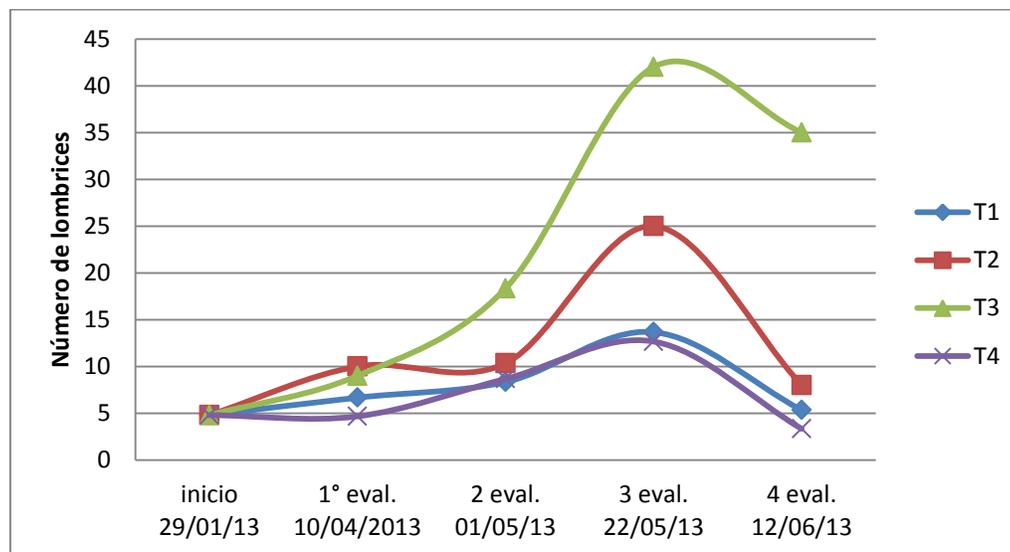


Figura 29. Crecimiento poblacional de la lombriz roja

En el tratamiento 2 el crecimiento poblacional fue mejorando con respecto a los demás tratamientos (Figura 29), para la segunda evaluación se mantiene, en la tercera evaluación tiene un mayor crecimiento que T1 y T4 donde nos muestra que la combinación del sustrato es apetecible para la lombriz, en este tratamiento la conversión del estiércol a humus mediante el accionar de las lombrices fue más rápido como el tratamiento 1, y en la cuarta evaluación el crecimiento de la población de lombrices descende vertiginosamente, este comportamiento fue debido a las bajas temperaturas registradas en los sustratos; ya que en temperaturas menores a 4 °C se aletargan o mueren, y en el periodo de evaluación se tuvo temperaturas de hasta 2,2 °C en los diferentes tratamientos durante algunos días en el mes de junio.

El tratamiento 4 tuvo menos reproducción por tanto menor población, su crecimiento fue mínimo al punto de mantenerse casi constante. El tipo de combinación entre estiércol 25 % y rastrojo de cebada 75 % no fue adecuado para lograr mayor reproducción ni tampoco para la producción de humus. Los factores limitantes pudieron ser: falta de estructura en el sustrato debido a la poca aireación, sustrato

demasiado húmedo en la base y seco en la superficie; factor causado por la evaporación, además el estiércol fue consumido rápidamente por las lombrices y el rastrojo quedó compactado por la humedad que llegó hasta un 95 % en la base de la bandeja.

El tratamiento que dio resultados favorables en cuanto a la reproducción y por ende el crecimiento poblacional fue el T3 (50 % de estiércol de ovino + 50 % rastrojo de cebada), cuya proporción de alimento fue medido en volumen, lo que hace que el rastrojo de cebada no sea en exceso, ya que el peso de la paja es menor. Este tratamiento mostró mayor población en todas sus fases etológicas, empezando con la producción de cocones y la eclosión de los mismos. Se tuvo condiciones adecuadas en el sustrato con niveles de aceptación del 25 % de paja o celulosa y menor de 45 % en proteína, valores medidos en volumen, todos estos factores ayudaron a una buena reproducción, adaptación y crecimiento de la población de la lombriz roja californiana.

En la semana N° 16 se observó el mayor crecimiento en la población de lombrices en el T3 teniendo en promedio aproximadamente 731 lombrices adultas por bandeja, cuyo volumen es  $10800 \text{ cm}^3$  lo que llegaría a ser aproximadamente 67685 lombrices adultas/ $\text{m}^3$ . En tanto que la población total (bebé, juvenil, adulta) llegó a 2089 lombrices/bandeja y en total 232095 lombrices/ $\text{m}^3$  aproximadamente.

La curva de crecimiento en el tratamiento 3 fue de tipo sigmoidea, característico de un organismo que se ha adaptado en un ambiente nuevo. Sin embargo para la cuarta evaluación la curva comienza a descender en la producción de cocones, el desarrollo de lombrices bebés se mantiene constante como también en los juveniles; pero no así la población adulta, quien parece ser menos tolerante a cambios bruscos de temperatura en el sustrato.

De acuerdo a los análisis estadísticos realizados para la población en general (Cuadro 5), dio resultados altamente significativos mostrando mayor crecimiento poblacional de la lombriz en el T3 en las cuatro evaluaciones. En la primera

evaluación el tratamiento con mayor crecimiento fue T2, (Cuadro 11 y 12 del Anexo), seguido por T1, teniendo a T4 en último lugar con excepción en la segunda evaluación que se encuentra en el tercer lugar (esta influencia se dio por la cantidad de lombrices juveniles encontradas en las muestras). El coeficiente de variación fue de 3,07 %, por lo cual se puede decir que se tiene variaciones mínimas dentro los tratamientos.

Cuadro 5. Análisis de varianza de la cuarta evaluación-población total de la lombriz roja californiana.

Fuentes de Variación	GL	SC	CM	Fc	Ft 5%	1%
Tratamientos.	3	28,59	9,53	60,60	4,07	7,59
Error Experimental	8	1,26	0,16			
Total	11	29,85				

El mayor crecimiento poblacional se dio en el T3 puesto que contenía en proporciones iguales el estiércol de ovino con el rastrojo de cebada. A esto Benzing (2001), señala que cuando se tiene una mezcla entre estiércol y rastrojo de cebada existe aumento en la actividad microbiana, debido a que la paja tiene alto contenido de carbono orgánico como fuente de energía para los microorganismos y mayor porosidad en el sustrato. El aumento de la actividad microbiana lleva a una rápida descomposición del material orgánico, alimento que es asimilado rápidamente por la lombriz.

El tratamiento a base de estiércol presentó la conversión rápida a humus mediante el accionar de las lombrices con la presencia de actinomicetos y otros microorganismos, los cuales participaron en la descomposición de celulosa y lignina (Benzing, 2001). Los resultados de este tratamiento son aptos para la producción de humus, y no así para la reproducción y por ende el crecimiento poblacional.

En el Cuadro 6, se puede corroborar las diferencias existentes entre los tratamientos mediante la prueba de Duncan. Existe una diferencia marcada en T3 con respecto a los demás tratamientos, sobresaliendo en el crecimiento poblacional de la lombriz.

Cuadro 6. Prueba de Duncan para la cuarta evaluación de la población total de la lombriz roja californiana.

	T3	T2	T1	T4
T3 (50 % E.O.+50 % R. Cebada)	a			
T2(75 % E.O.+25 % R. Cebada)		b		
T1 (100 % Estiércol de ovino)		b	c	
T4 (25 % E.O.+75 % R. Cebada)		b	c	d

Mientras que T4 a pesar de ser un sustrato demasiado aireado en un inicio, la aplicación consecutiva de agua colmató los poros; este sustrato tenía el problema de evaporación rápida por lo que era necesario regar con más frecuencia que los demás tratamientos; este exceso fue llenando los poros de humedad lo que originó la presencia de microorganismos anaeróbicos y olor putrefacto. Algunas lombrices tuvieron que huir de la bandeja por las condiciones pésimas del sustrato, a estas se las encontró en el piso muertas cubiertas de polvo.

Para evitar la muerte en las lombrices se trató de acondicionar el sustrato realizando el volteo del alimento; colocando a la superficie la parte húmeda del alimento y la parte seca a la base de la bandeja, de esta manera se evitó el encharcamiento del sustrato.

#### 6.4 Análisis Económico

El análisis económico de esta investigación se aplica en los presupuestos generales de los costos de producción de la lombriz roja californiana y el análisis de beneficio/costo para cada uno de los tratamientos, considerando una bandeja por tratamiento con los valores de producción en una superficie de 0,09 m<sup>2</sup> y para los ingresos se consideró el promedio de las repeticiones. De esta manera se identificó el tratamiento que tiene más posibilidad de ser adoptado por los agricultores de la región.

#### **6.4.1 Criterios utilizados para la obtención de precios**

Los precios de los insumos utilizados en la investigación fueron obtenidos en base a los precios del mercado de Patacamaya y Sica Sica. Los insumos obtenidos para los Costos de Producción se detallan de la siguiente manera:

- lombriz roja californiana, se consideró el precio ofertado en la granja de lombricultura de Sica Sica (Altiplano Central) con un valor de 140 Bs/kilogramo, y la unidad de lombriz se determinó a 0,07 Bs. (Cuadro 13 del Anexo).
- estiércol de ovino, a 740 Bs/10 m<sup>3</sup> fue obtenido mediante el precio de la volqueta (Cuadro 14 del Anexo), y al m<sup>3</sup> del estiércol se le dio un valor de 74 bolivianos.
- el valor del rastrojo de cebada fue valuado a 660 Bs. / volqueta con capacidad de 10 a 12 m<sup>3</sup> y el valor por m<sup>3</sup> fue de 66 bolivianos (Cuadro 15 del Anexo).
- El costo de los sustratos que consiste proporciones de estiércol y rastrojo de cebada está en función al alimentado ofertado a las lombrices en los cuatro tratamientos durante toda la evaluación (Cuadro 16 del Anexo).
- el valor de la bandeja de plástico fue de 10 bs la unidad con una capacidad de 0,0135 m<sup>3</sup>.
- el costo de la construcción del invernadero (pankar-huyu) fue de 814 Bs., en el análisis económico se consideró el valor del alquiler en función a la construcción (Cuadro 17 del Anexo).
- el costo de la construcción de la litera fue de 982 Bs., para los costos de producción se consideró el valor del alquiler (Cuadro 18 del Anexo).

- la mano de obra para la investigación consistió en el acondicionamiento del sustrato y riego; trabajo considerado por horas por el tiempo empleado (Cuadro 19 del Anexo).

#### 6.4.2 Costos de Producción por Tratamiento (bandejas de plástico)

Para los costos de producción de los cuatros tratamientos se realizaron cálculos previos, posteriormente se sumó todos los insumos utilizados en la producción de la lombriz roja californiana considerando el uso de bandeja (Cuadro 7). En la obtención de la lombriz roja californiana en pankar-huyu se consideró los costos de producción en bolivianos por tratamiento (Cuadro 20 del Anexo).

Cuadro 7. Costos de Producción de los diferentes tratamientos a base de estiércol y rastrojo de cebada

Detalle	T1	T2	T3	T4
Lombriz roja con clitelo desarrollado (Bs)	12,6	12,6	12,6	12,6
Bandeja de plástico la unidad (Bs)	10	10	10	10
Estiércol de ovino (Bs)	1,5	1,1	0,7	0,4
Rastrojo de cebada (Bs)	-	0,3	0,7	1,0
Mano de Obra(recolección, preparado de sustrato	50	50	50	50
Pankar – huyu (alquiler) (Bs.)	27,1	27,1	27,1	27,1
Costo de producción (5% imprevisto)	5,06	5,06	5,06	5,05
<b>Costo Total (bs)</b>	<b>106,3</b>	<b>106,2</b>	<b>106,2</b>	<b>106,1</b>

El rendimiento total de las lombrices californianas fueron obtenidos en peso por cada tratamiento, considerando una sumatoria de lombrices adultas y juveniles; debido a que la cosecha de lombrices en producciones comerciales se realiza por el “método de trampeo”, que consiste en colocar alimento fresco en la superficie de las literas para luego recogerlo. Lo que significa que las lombrices bebés no se trasladarán rápidamente y el cocón no se moverá por sí solo.

El producto final de la investigación fue conocer el crecimiento poblacional de la lombriz roja en los diferentes tratamientos que fueron obtenidos mediante el volumen

final de cada tratamiento (Cuadro 21 y 22 del Anexo); por esto fue necesario darle un valor económico al peso de la lombriz en su estado adulto y juvenil en kilogramos, luego vender de acuerdo al precio establecido en el mercado a un valor de 140 Bs. el kilogramo.

El beneficio bruto es el ingreso económico que se consideró por el precio de la venta de lombrices en kilogramos para cada tratamiento y el beneficio neto es la diferencia existente entre el Ingreso bruto y los costos de producción.

#### 6.4.3 Ingresos Económicos por tratamientos (bandejas de plástico)

En el Cuadro 8, se muestra el ingreso neto por la producción de la lombriz en un sistema de ambiente protegido (pankar-huyu) implementado en bandejas de plástico. Cuando se trata de pequeñas dimensiones de producción como es el caso de bandejas de 0,0135 m<sup>3</sup> no se refleja los beneficios económicos que se tienen, peor aún se muestra valores de pérdida (Cuadro 23 del Anexo).

Cuadro 8. Ingresos y Egresos por la implementación de criadero de lombriz en un sistema de pankar-huyu.

Detalle	T1	T2	T3	T4
<b>Costo Total de Producción (Bs)</b>	<b>106,3</b>	<b>106,2</b>	<b>106,2</b>	<b>106,1</b>
Por venta de lombrices (Bs.)	11,7	11,7	22,6	8,3
<b>Ingreso bruto (Bs)</b>	<b>11,7</b>	<b>11,7</b>	<b>22,6</b>	<b>8,3</b>
Ingreso neto (Bs)	-94,5	-94,5	-83,5	-97,8
<b>B/C (ingreso bruto/costo de producción)</b>	<b>0,11</b>	<b>0,11</b>	<b>0,21</b>	<b>0,08</b>

El valor negativo de la investigación en bandejas es debido al elevado costo de producción en la investigación; la superficie reducida del tratamiento, el valor asignado a los insumos que para el productor no tienen ningún valor monetario como el estiércol, rastrojo de cebada y la mano de obra, al menos eso sucede cuando se trata de la crianza de lombrices a nivel familiar.

En los criaderos de lombrices a nivel familiar lo que se busca es darle uso a los residuos orgánicos de sus cosechas y/o residuos de cocina; que aportan indirectamente al equilibrio en el sistema suelo, medio ambiente y como resultado aumentan su ingreso económico.

Cuando se trata de implementar un sistema de crianza de lombrices a nivel comercial el productor generalmente proyecta la producción para obtener abono de lombriz para el uso en sus parcelas y/o venta y por ende lo realiza en superficies de mayor dimensión.

#### **6.4.4 Costos de Producción con proyección a superficies mayores (Literas)**

Para implementar un sistema de crianza de lombrices a nivel comercial por lo general el productor realizará en literas, cuya dimensión es de 10 m x 1 m (10 m<sup>2</sup>), y la altura dependerá del lugar donde se realice la implementación, además que el productor no realizará un criadero de lombrices a nivel experimental; por tanto el manejo en literas aumentarán la población, lo que significa mayor cantidad de lombrices para la venta y se obtendrá el producto final de la lombricultura que es el humus, también disminuirá los costos de producción por mano de obra en función a la superficie implementada.

Para obtener costos de los insumos en la producción de lombrices en literas se proyectó los valores a superficies mayores; la cantidad de lombrices en la litera (Cuadro 24 del Anexo) fue de 20000 unidades para un volumen inicial de 1,5 m<sup>3</sup>, posteriormente aumentando 2,5 m<sup>3</sup> de sustrato hasta llegar a 4 m<sup>3</sup> como el total del alimento ofrecido (Cuadro 25 del Anexo).

Los costos de producción para las literas son basados en los precios de mercado de Patacamaya y Sica Sica, los costos de los insumos se ponderaron a superficies y volúmenes mayores en función al volumen de las literas (Cuadro 26 del Anexo). Para obtener el peso de lombrices para la venta se extrapolaron los valores de bandeja a los volúmenes finales de las literas (Cuadro 27 del Anexo).

En el Cuadro 9 se muestra los insumos que se utilizaron en las literas durante el periodo de 5 meses como se hizo en la investigación de las bandejas, también se le asignaron valores económicos al estiércol, rastrojo de cebada y mano de obra que se requiere.

Cuadro 9. Costos de Producción de los cuatro tratamientos en literas

Concepto	T1	T2	T3	T4
Compra de Lombriz roja con clitelo desarrollado (Bs)	1400	1400	1400	1400
Compra Estiércol de ovino (Bs)	269	222	148	74
Costo Rastrojo de cebada (Bs)	-	66	132	198
Mano de Obra (recolección, preparado de ISI) (Bs)	240	240	240	240
Litera (alquiler) (Bs.)	32,7	32,7	32,7	32,7
<b>Costo de producción (5% imprevisto)</b>	<b>98,4</b>	<b>98,04</b>	<b>97,64</b>	<b>97,2</b>
<b>Costo Total (bs)</b>	<b>2067,2</b>	<b>2058,8</b>	<b>2050,4</b>	<b>2042,0</b>

#### 6.4.5 Ingresos Neto y Beneficio/Costo por la producción en literas

Estos resultados están considerados a nivel comercial utilizando una litera por tratamiento aumentando así los ingresos económicos; por tanto la implementación de criaderos de lombriz son convenientes a nivel comercial, con miras a la producción de humus y producción de lombrices de esta manera se tendrá doble propósito y mayores ganancias.

Cuadro 10. Ingresos por la producción de lombriz con rendimiento ajustado en literas.

Concepto	T1	T2	T3	T4
<b>Costo Total de Producción (bs)</b>	<b>2067,2</b>	<b>2058,8</b>	<b>2050,4</b>	<b>2042,0</b>
venta de lombrices (Bs.)	2364,4	2378,2	4575,0	1675,9
<b>Ingreso bruto/rendimiento total (Bs)</b>	<b>2364,4</b>	<b>2378,2</b>	<b>4575,0</b>	<b>1675,9</b>
Rendimiento ajustado al 95% (Bs)	2246,2	2259,3	4346,7	1592,1
Ingreso neto (Bs)	179,0	200,5	2296,3	-449,8
<b>B/C (ingreso bruto/costo de producción)</b>	<b>1,14</b>	<b>1,15</b>	<b>2,23</b>	<b>0,82</b>

En el Cuadro 10 se muestra el ingreso neto y el beneficio económico por la producción de la lombriz en literas con el análisis de rendimiento ajustado: considerando un 5 % de error por el método de cosecha (CIMMYT, 1988; citado por Reyes Hernández, 2001), teniendo un rendimiento ajustado al 95 % del rendimiento total.

Los rendimientos del peso de la lombriz roja fueron ponderados en base a la cantidad de lombrices juveniles y adultas obtenidas en las bandejas de la última evaluación (Cuadro 28 del Anexo), considerando este resultado en el manejo de las literas.

De acuerdo a la relación Beneficio/Costo el tratamiento 4 está por debajo del valor aceptable, lo que indica la pérdida del valor invertido en 18 % esto porque se tiene menor crecimiento en la población y menos transformación del abono de lombriz; este tratamiento tiene poca cantidad de estiércol, lo cual hace que el volumen y el peso sean menores que los demás tratamientos.

En los tratamientos 1 y 2 se recupera el valor invertido en su totalidad. Aunque los valores de costos de producción hacen variar, el riego y la aireación podrían fácilmente ser realizado por los productores, así los valores de producción de lombrices puedan reducir. Estos tratamientos tiene rápida transformación del estiércol en abono de lombriz; pero la desventaja está en que la población de la lombriz se mantiene casi constante.

El tratamiento 3 presenta Beneficio/Costo de 2,2 bolivianos, lo que significa que por cada boliviano invertido se recupera el capital con una ganancia de 1,2 bolivianos; además este tratamiento de proporciones iguales entre estiércol de ovino y rastrojo de cebada tiene la ventaja de acelerar la multiplicación de las lombrices, en áreas extensas como literas presenta mejores rendimientos en la población, debido a que la mano de obra seguirá siendo mínima.

Si el productor quiere realizar crianza de lombriz a nivel familiar o comercial debe considerar los costos de materiales y mano de obra; para el primer caso no se requiere de materiales costosos ni mano de obra especializada, mientras que para la explotación a nivel comercial se tendrá mayor infraestructura y mano de obra, lo que indica mayor costo, pero de ganancias óptimas.

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1 Conclusiones

De acuerdo a la calidad de los sustratos ofertados a las lombrices en base a estiércol de ovino y rastrojo de cebada, el tratamiento 3 (50 % de estiércol de ovino + 50 % rastrojo de cebada) tiene óptimo rendimiento en el crecimiento poblacional de la lombriz roja californiana por su contenido de nitrógeno, minerales, vitaminas, y baja acidez. Tiene ventaja en el manejo y traslado, debido a su condición de textura sólida.

Por la poca humedad que presenta el estiércol de ovino, requiere aplicar mayor frecuencia de riego de manera uniforme; y por su consistencia fina requiere aditivos como paja, o algún otro rastrojo para aumentar la reproducción. En el caso de T1 (100 % estiércol de ovino) las lombrices transformaron el estiércol en humus; pero no aumentó la reproducción considerablemente. En el T4 con mayor cantidad de cebada (cebada al 75 % y estiércol 25 %), la aireación quedó reducida afectando a las lombrices en su desarrollo y sobre todo en la fecundación por la compactación del sustrato.

El periodo óptimo de desarrollo poblacional de la lombriz californiana en relación al alimento ofertado se dio en la semana 16, después de la inoculación de lombrices, cuando la mayor parte del alimento estuvo descompuesto, con mayor presencia de microorganismos que ayudaron en la descomposición, de fácil asimilación por las lombrices, además que las temperaturas del sustrato fueron las requeridas por las lombrices, así la humedad como el pH, dando un crecimiento de 2089 lombrices entre adultas, juveniles y bebes por bandeja; lo que es 232095 lombrices/m<sup>3</sup> durante la semana dieciséis que presenta condiciones óptimas de ambiente para la lombriz.

Al analizar el beneficio económico del manejo de estiércol y rastrojo de cebada en la producción de la lombriz roja, muestra que el tratamiento rentable y de fácil manejo es T3. Mientras que el menos recomendable sería T4 por la mínima producción de

lombriz como por la desventaja de airear cada semana, lo cual requiere mayor mano de obra, y por ende aumento en los costos de producción a nivel comercial.

Los ingresos negativos que se muestra en la investigación con la crianza de lombrices en bandejas de 0,0135 m<sup>3</sup> no son representativas debido a que los productores no realizarán sus lombricarios en pequeñas áreas; si es que lo hicieran la mano de obra sería mínima, además no lo realizarán por aumentar ingresos económicos; sino por aprovechar mejor los residuos orgánicos que generan en sus predios, por consiguiente se realizó el análisis económico en superficies mayores.

## **7.2 Recomendaciones**

Realizar la prueba de supervivencia cuando se quiera aumentar el alimento, porque el tiempo de maduración del estiércol está dado por los factores ambientales y el lugar de recojo.

En lo posible no mezclar diferentes tipos de estiércoles si no se tiene conocimiento de la procedencia, aunque se trate de estiércol de la misma especie por el hecho del tiempo de envejecimiento.

Se debe llevar una relación adecuada de humedad - aireación para tener un mejor manejo del lombricario, cuidando de que el riego se realice de forma uniforme, la humedad debe ser adecuada en el sustrato para que pueda ser absorbida por las lombrices.

Mantener aireado el interior del sustrato; porque las lombrices son organismos aeróbicos, por lo tanto el medio donde se desarrollan no tiene que estar compactado.

Evitar el encharcado en el sustrato, porque las lombrices se desintegran por la alta humedad, además que se produce fermentación anaeróbica, eliminando así microorganismos benéficos y provocando la presencia de organismos patógenos y malos olores.

Replicar la reproducción de lombrices en superficies mayores como literas, utilizando la relación del tratamiento rentable (T3), que consta de 50 % de estiércol de ovino y 50 % de rastrojo de cebada, así también el tipo de envejecimiento del estiércol, en relación con la multiplicación de la lombriz roja californiana.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

Barbado, J., 2004. Cría de lombrices. Lombricultura. Ed. Albatros Saci. Buenos Aires, Argentina. 84 p.

Benzing, A., 2001. Agricultura orgánica - fundamentos para la región andina. Ed. Neckar-Verlag, postchaf 1820, 78008 Villingen-Scwenningen, Alemania.

Benson Institute Review, 2000. Artículo: The PanqarHuyu. Volumen 21. Brigham Young University. Provo, Utah, Estados Unidos.

Bishop, C., Toussaint, W., 1991. Introducción al Análisis de Economía Agrícola. Ed. LIMUSA. México. p 79 – 91

Buxade, C., 1997. Zootecnia. Producciones cinegéticas, apícolas y otras. Ed. Mundi-Prensa. Madrid España. pp. 370-372

Choque, J., 2008. producción de humus de lombriz. Publicación de Centro de Investigación y Promoción del Campesinado. La Paz: CIPCA, (Agricultura Sostenible N° 7. 24 p.

Contreras E., Jaimez J., Hernández T., Añorve J., Beltrán R. Composición química de cebadas cultivadas bajo diferentes condiciones de labranza en tres localidades del estado de hidalgo, México. 2008. Bioagro 20(3):208.2008

Cruz, C., 2009. Efecto de tres pre-tratamientos en la germinación y crecimiento inicial en vivero de tres especies forestales en Patacamaya. Tesis de grado, UMSA La Paz, Bolivia.

Cruz, J., 2004. Bioconversión de tres tipos de substrato mediante el empleo de la lombriz roja californiana (*Red hybrid*) en Yanacachi Sud Yungas. Tesina de Grado, UMSA, La Paz, Bolivia.

Díaz E., 2002. Guía de Lombricultura. La Rioja. ADEX-Agencia de Desarrollo Económico y Comercio Exterior.

Durán, F., s. f. Abonos Lombricultura y Compostaje. Ed. Grupo latino. Colombia.

FAO. 1990. Primer seminario nacional sobre Fertilidad de Suelos y uso de Fertilizantes en Bolivia CIAT- IBTA. Santa Cruz, Bolivia. 35-38 p.

Ferruzzi, C., 1994. Manual de lombricultura. 3ª Reimpresión. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.

Flores, J., 1996. Carpas Solares-Técnicas de Construcción. Ed. Cedefoa. La Paz, Bolivia. 74 p.

Fuentes, J., s.f. Hojas Divulgadoras del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.

Girón, M., 2006. Evaluación de dos métodos en la extracción de lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida*), tradicional y de capas en la producción de lombri-humus. Tesis de Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.

Huaynoca, R., 2002. Evaluación del comportamiento y producción de humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) bajo seis sustratos de alimentación en la localidad de Coroico. Tesis de grado. La Paz Bolivia.

Infoagro. 2003. La Lombricultura (en línea). España. Consultado 21 ene. 2013. disponible en <http://www.infoagro.com/abonos/lombricultura.asp>

INIA, 1995. Los Abonos Orgánicos. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Perú.

Martínez, C., s.f. Lombricultura Técnica Mexicana SAGARPA. Texcoco Edo. De México.

Mosquera, B., 2010. Manual Técnico: Abonos orgánicos, protegen el suelo y garantizan alimentación sana. Fondo para la protección del agua (FONAG), y USAID.

Ochoa, R., 2009. Diseños Experimentales. La Paz – Bolivia.

Pascuali, J., 2010. Guía de Diseños Experimentales 1. UMSA. La Paz- Bolivia.

Pacheco, JC., 2011. Informe Mensual de Desarrollo de Proyectos Productivos.

Pineda, R., 1994. Lombricultura. Humus de lombriz: Preparación y uso. Ed. CIPCA Piura Perú.

Reyes Hernández, M., 2001. Análisis Económico de Experimentos Agrícolas con Presupuestos Parciales: Reenseñando el uso de este enfoque. Boletín Informativo CIAGROS 1-2001. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía.

Rojas, S., 1999. Estudio de la producción y calidad de humus de lombriz roja californiana (Red Hybrid), como alternativa agroecológica en el Altiplano Central (Sica-Sica). Tesis de Grado-UMSA. La Paz, Bolivia.

Sánchez, C., 2003. Abonos orgánicos y lombricultura. Ed. RIPALME. Lima Perú.

Serrano, T., 2004. Evaluación de procesos de vermicompostaje para el tratamiento de residuos sólidos urbanos de la localidad de Tiahuanaco. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Católica Boliviana "San Pablo". La Paz-Bolivia. 100 p.

Socorro, A., 2004. Manejo agroecológico de suelos y nutrición vegetal. Disponible en [http://www.geocities.com.arsocorro/agricola/capituloV\\_manejo.htm](http://www.geocities.com.arsocorro/agricola/capituloV_manejo.htm).

Schuldt, M., Rumi, A., Gutiérrez, D., 2005. Determinación de “edades“(clases) en poblaciones de *E. Fetida* (*annelida: lumbricidae*) y sus implicancias reprobilógicas. Revista del museo de la plata zoología 17(170):1-10. (en línea). Disponible en: [http://www.fcnym.unlp.edu.ar/publi/revista/zoologia/2005-17-170\\_zoologia\\_alta.pdf](http://www.fcnym.unlp.edu.ar/publi/revista/zoologia/2005-17-170_zoologia_alta.pdf).

Torres, C., 2000. Lombricultura Micro emprendimiento productivo. Artículo de internet: [lombricard@hotmail.com](mailto:lombricard@hotmail.com)

Yopez, C., 2012. Cultivo de lombrices lleva dos décadas con óptimos resultados. Periódico “El Mundo” 2012.

# **ANEXOS**

Cuadro 1. Composición química del estiércol de animales domésticos.

Especie animal	MS %	N %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	K <sub>2</sub> O %	Ca O %	Mg O %	SO <sub>4</sub> %
Vacunos (f)	6	0,29	0,17	0,10	0,35	0,13	0,04
Vacunos (s)	16	0,58	0,01	0,49	0,01	0,04	0,13
Ovejas (f)	13	0,55	0,01	0,15	0,46	0,15	0,16
Ovejas (s)	35	1,95	0,31	1,26	1,16	0,34	0,34
Caballos (f)	24	1,55	0,35	1,50	0,45	0,24	0,06
Caballos (s)	10	0,55	0,01	0,35	0,15	0,12	0,02
Cerdos (s)	18	0,60	0,61	0,26	0,09	0,10	0,04
Camélidos (f)	37	3,6	1,12	1,20	s.i.	s.i.	s.i
Cuyes (f)	14	0,60	0,03	0,18	0,55	0,18	0,10
Gallinas (s)	47	6,11	5,21	3,20	s.i.	s.i.	s.i.

(f) Fresco, (s) seco, (s.i.) sin información.

Fuente: SEPAR, 2004. Boletín Estiércoles

Cuadro 2. Composición química de la cebada.

	Humedad %	Ceniza %	Proteínas %	Lípidos %	Fibra %	Carbohidratos %
Hoja	7,81	14,76	4,08	1,39	31,99	39,97
Tallo	7,95	5,98	2,29	0,58	40,92	42,93



Figura 1. Recolección de lombrices de la Estación Experimental de Cota-Cota

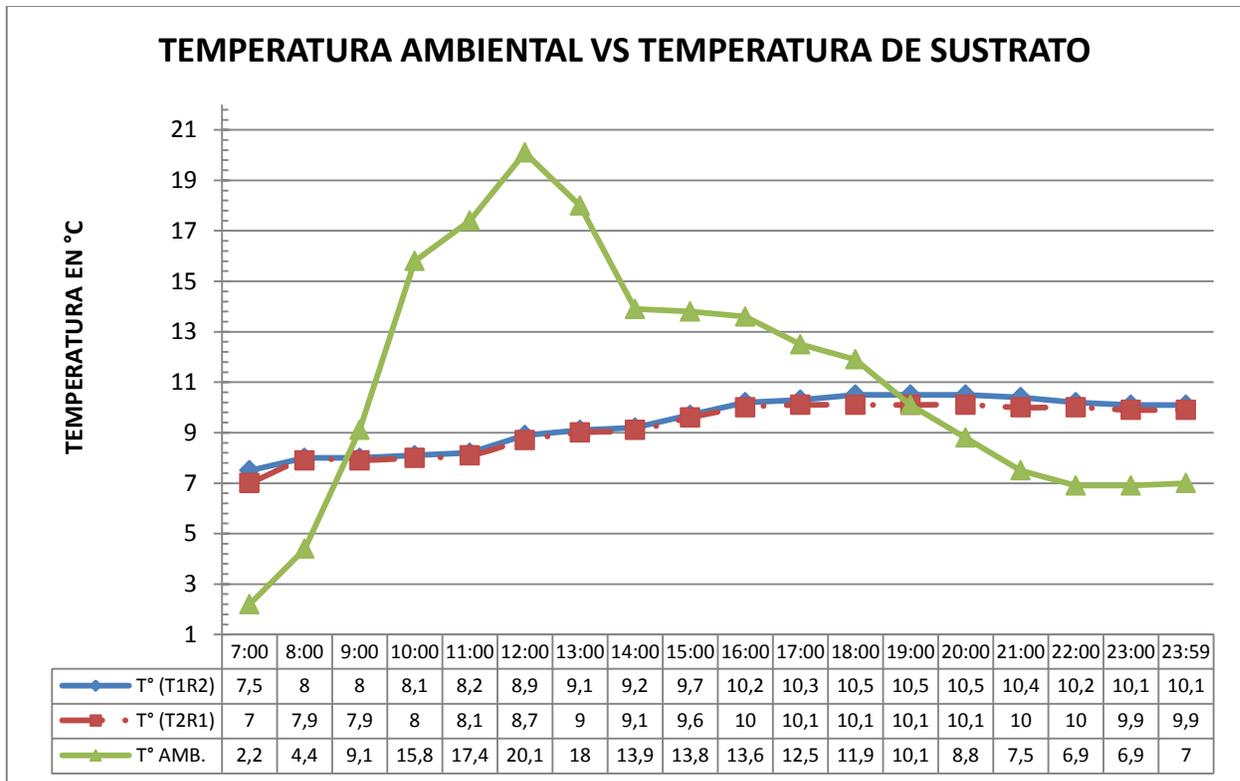


Figura 2. Temperatura escalonada de sustrato y ambiente en la cría de lombrices

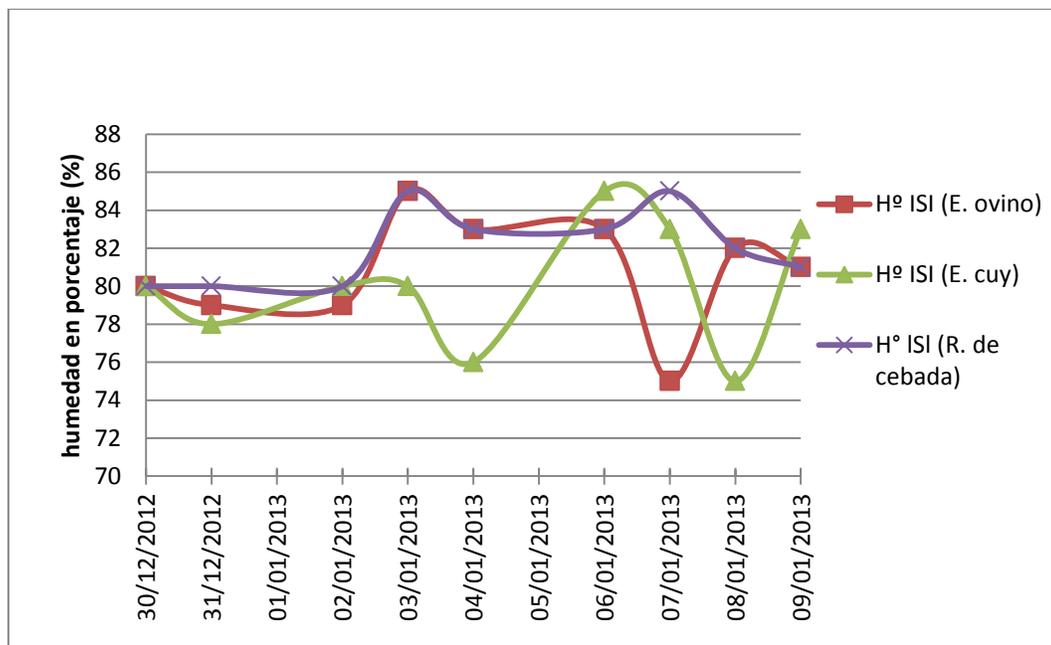


Figura 3. Humedad de sustrato en los tratamientos de la 1ra. prueba de supervivencia

Cuadro 3. Datos del pH en los sustratos de la 3ra. prueba de supervivencia

	100 % Estiércol Cuy	50 % E.C + 50 % E.O	25 % E.C. + 75 % E.O.	100 % Estiércol de Ovino
Inicio	8,94	9,39	9,41	9,31

Cuadro 4. Humedad de los sustratos en la tercera prueba de supervivencia

Fecha	100 % Estiércol Cuy		50 % E.C + 50 % E.O		25 % E.C. + 75 % E.O.		100 % Estiércol de Ovino	
	(I) %	(II) %	(I) %	(II) %	(I) %	(II) %	(I) %	(II) %
16/02/14	80	80	85	82	80	80	85	80
18/02/14	70	70	73	68	72	72	78	72

Dónde: I = repetición uno

II = repetición dos

Cuadro 5. Análisis de varianza de la 1ª evaluación del cocón de la lombriz roja

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	5%	1%
Trat	3	1954,92	651,64	144,81		4,07	7,59
EE	8	36,00	4,50				
Total	11	1990,92					
CV%	14,22						

Cuadro 5.1 Datos obtenidos en la 1ra. evaluación mediante la muestra de cilindro

TRATAMIENTOS	I	II	III	Sum. Trat.
T1	4	6	5	<b>15</b>
T2	27	20	21	<b>68</b>
T3	30	32	33	<b>95</b>
T4	0	1	0	<b>1</b>
			X..	<b>179</b>

Cuadro 6. Prueba de significancia DUNCAN 1ª eval. del cocón de la lombriz roja

TRATAMIENTOS	T3	T2	T1	T4
T3	a			
T2		b		
T1			c	
T4				d

Cuadro 7. Análisis de varianza de 2ª evaluación del cocón de la lombriz roja

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	5%	1%
Trat	3	2105,00	701,67	35,38	4,07		7,59
EE	8	158,67	19,83				
Total	11	2263,67					
CV% =	30,02						

Cuadro 7.1 Datos obtenidos en la 2da. evaluación mediante la muestra de cilindro

TRATAMIENTOS	I	II	III	Sum. Trat.
T1	3	1	2	<b>6</b>
T2	37	31	22	<b>90</b>
T3	25	22	31	<b>78</b>
T4	1	2	1	<b>4</b>
			X..	<b>178</b>

Cuadro 8. Prueba de significancia Duncan 2ª evaluación del cocón de la lombriz roja

TRATAMIENTOS	T3	T2	T1	T4
T3 (50 % E.O.+50 % R. Cebada)	a			
T2 (75 % E.O.+25 % R. Cebada)		b		
T1 (100 % Estiércol de ovino)		b	c	
T4 (25 % E.O.+75 %R. Cebada)		b	c	d

Cuadro 9. Análisis de varianza de la 3ª evaluación del cocón de la lombriz roja

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	5%	1%
Trat.	3	3254,92	1084,97	120,55	4,07		7,59
EE	8	72,00	9,00				
Total	11	3326,92					
CV % =	17,56						

Cuadro 9.1 Datos obtenidos en la 2da. evaluación mediante la muestra de cilindro

TRATAMIENTOS	I	II	III	Sum. Trat.
T1	3	3	1	<b>7</b>
T2	40	46	36	<b>122</b>
T3	27	21	25	<b>73</b>
T4	1	1	1	<b>3</b>
			X..	<b>205</b>

Cuadro 10. Prueba de significancia DUNCAN de la 3ª evaluación del cocón de la lombriz roja californiana

TRATAMIENTOS	T2	T3	T1	T4
T2 (75 % E.O.+25 % R. Cebada)	a			
T3 (50 % E.O.+50 % R. Cebada)	a	b		
T1 (100 % Estiércol de ovino)			c	
T4 (25 % E.O.+75 % R. Cebada)			c	d

Cuadro 11. Análisis de varianza del crecimiento poblacional de la lombriz roja (bebé, juvenil, adulta)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft 5%	1%
Trat.	3	1,61	0,54	<b>14,72</b>	4,07	7,59
EE	8	0,29	0,04			
Total	11	1,90				
CV % =	2,52					

Cuadro 12. Prueba de significancia DUNCAN (crecimiento poblacional de la lombriz roja)

TRATAMIENTOS	T3	T2	T1	T4
T3 (50 % E.O.+50 % R. Cebada)	a			
T2(75 % E.O.+25 % R. Cebada)		b		
T1 (100 % Estiércol de ovino)			c	
T4 (25 % E.O.+75 % R. Cebada)				d

#### ANÁLISIS ECONÓMICO POR LA PRODUCCION DE LA LOMBRIZ ROJA

Cuadro N° 13. Cálculos previos para obtener el valor de la lombriz roja

Concepto	unidad	cantidad	precio unitario	costo total
lombriz roja californiana	Kg.	1	140	140
Lombriz roja californiana	gr	1000	0,14	140
Lombriz roja californiana	unidad	2000	0,07	140

#### Cálculo del precio de la lombriz

1 kg de lombrices ----- 140 bolivianos  
 0,0005 kg una lombriz ----- x

1 lombriz pesa 0,5 gramos en promedio  
**X= 0,07 bolivianos la unidad de lombriz**

1 kg de lombriz----- 140 bolivianos

0,001 kg de lombriz ----- x

**X = 0,14 bolivianos el gramo de lombriz**

Cuadro N° 14. Costo de adquisición del estiércol de ovino por volqueta.

Concepto	unidad	cantidad	precio unitario	costo total
transporte un viaje	alquiler	1	500	500
mano de obra para cargar	jornal	3	80	240
transporte de estiércol	m3	10	74	740

TRANSPORTE (1 volqueta carga una capacidad de 10 m3)

10 m3 ----- 740 bs.

1 m3 ----- x

**X = 74 bs el m3 de estiércol de ovino**

Cuadro N° 15. Costo de adquisición del rastrojo de cebada por volqueta

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo total
transporte un viaje	alquiler	1	500	500
mano de obra para cargar	jornal	2	80	160
transporte de Rastrojo de cebada	m3	10	66	660

TRANSPORTE (1 volqueta carga una capacidad de 10 m3)

10 m3 ----- 660 bs.

1 m3 ----- x

**X = 66 bs el m3 de rastrojo de cebada**

Cuadro N° 16. Volumen total del Sustrato ofertado a las lombrices en el periodo de evaluación para todos los tratamientos en bandejas.

Detalle	Unidad	Cantidad
Primera puesta del Sustrato	m3	0,0135
Segunda puesta del Sustrato	m3	0,0063
<b>Total</b>	m3	<b>0,0198</b>

Cuadro N° 16.1. Sustrato ofertado a las lombrices en toda la evaluación

Detalle	Unidad	TRATAMIENTOS			
		T1 (100 )	T2 (75 – 25)	T3 (50 – 50)	T4 (25 – 75)
Estiércol de ovino (E.O.)	m 3	0,0198	0,01485	0,0099	0,00495
Rastrojo de cebada (R.C.)	m 3	-	0,00495	0,0099	0,01485
<b>Total</b>	<b>m 3</b>	<b>0,0198</b>	<b>0,0198</b>	<b>0,0198</b>	<b>0,0198</b>

Cuadro N° 17. Costos de Producción del Pankar-huyu en base a “Análisis de Costos Unitarios”

Nº	DESCRIPCION DEL ÍTEM	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	PARCIAL (Bs.)
1	Excavación de tierra	m3	1,63	24,97	40,75
2	Traslado de tierra	m3	2,12	23,74	50,37
3	Muros de adobe	m2	7,67	49,39	378,82
4	Cubierta con agrofilm	Pza.	1	285,61	285,61
5	Ventana	Pza.	0,36	68,76	24,75
6	Puertas	Pza.	0,3	112,68	33,80
<b>TOTAL</b>					<b>814,11</b>

Cuadro N° 17.1. Cálculos de Alquiler del pankar-huyu

Detalle	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Total (Bs.)
Pankar-huyu Construcción	pieza		814	814,11
Pankar-huyu alquiler	mes	5	5,4	27,14

814,1 Bs.----- 100 % construcción  
 $X \text{ ----- } 8\% \text{ valor asignado al ALQUILER} \quad X = 65,128 \text{ Bs / AÑO}$

65,128 Bs ----- 12 meses  
 $X \text{ ----- } 1 \text{ mes} \quad X = 5,4 \text{ Bs por mes}$

Cuadro N° 18. Costos de Producción de la litera en base a “Análisis de Costos Unitarios”

Nº	DESCRIPCION DEL ÍTEM	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL (Bs.)
1	EXCAVACIÓN DE CIMIENTOS	m3	1	24,97	24,97
2	EMPEDRADO Y CONTRAPISO DE Ho	m3	1	71,45	71,45
3	SOBRE CIMIENTOS	M3	0,11	470,41	51,74
4	TRASLADO DE TIERRA	m3	1,3	23,64	30,73
5	TUBERÍA ROSCA 1/2 "	MI	1	5	5
6	MUROS DE LADRILLO	m2	6,6	78,93	520,94
7	CUBIERTA	m2	1	277,84	277,84
<b>TOTAL</b>					<b>982,67</b>

Cuadro N° 18.1. Cálculos de Alquiler de la litera (10 x 1 x 0,35) m<sup>3</sup>

Detalle	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Total (Bs.)
Litera Construcción	pieza	1	982,67	814,11
Litera alquiler	mes	5	6,6	33,0

982,6727 Bs.----- 100 %

X ----- 8 % valor asignado al alquiler

X= 78,613816 Bs / AÑO

78,613816 Bs-----12 MESES

X ----- 1 MESES

X= 6,6 Bolivianos el mes

Cuadro N° 19. Cálculo - mano de obra en horas (lombricario en pankar-huyu)

Concepto	unidad	cantidad	Precio U.	Costo T.
mano de obra	jornal	1	80	80
mano de obra	hora	8	10	80
<b>mano de obra (riego en toda la evaluación)</b>	<b>horas</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>50</b>

Cuadro N° 19.1. Cálculos previos para la mano de obra (lombricario en literas)

Detalle	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Total (Bs.)
mano de obra	jornal	1	80	80
mano de obra	hora	8	10	80

Cuadro N° 20. Costos de Producción de la lombriz roja en sistema de bandejas de plástico en pankar-huyu

Cuadro 20.1 Costos de Producción del Tratamiento 1 (100% estiércol de ovino)

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo total Bs
lombrices con clitelo desarrollado	un	180	0,07	12,6
estiércol de ovino (2 veces)	m3	0,01485	74	1,5
bandeja de plástico	Pza.	1	10	10,0
pankar huyu (alquiler)	mes	5	5,43	27,1
mano de obra	hora	5	10	50
<b>COSTO DE PRODUCCION</b>				<b>100,8</b>
(5% imprevisto)				5,06
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>106,3</b>

Cuadro N° 20.2. Costos de Producción de T 2 (75 % E. ovino + 25 % R. cebada)

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo total
lombrices con clitelo desarrollado	un	180	0,07	12,6
estiércol de ovino (2 veces)	m3	0,01485	74	1,1
rastrojo de cebada	m3	0,00495	66	0,3
bandeja de plástico	pieza	1	10	10
mano de obra	hora	5	10	50
pankar huyu (alquiler)	mes	5	5,43	27,1
<b>COSTO DE PRODUCCION</b>				<b>101,2</b>
(5% imprevisto)				5,05811333
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>106,2</b>

Cuadro N° 20.3. Costos de producción del T 3 (50 % E. ovino + 50 % R. cebada)

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo total
lombrices con clitelo desarrollado	un	180	0,07	12,6
estiércol de ovino (3 veces)	m3	0,0099	74	0,7
rastrojo de cebada (2 puestas)	m3	0,0099	66	0,7
bandeja de plástico	pieza	1	10	10
pankar huyu (alquiler)	mes	5	5,43	27,1
mano de obra	hora	5	10	50
<b>COSTO DE PRODUCCION</b>				<b>101,1</b>
(5% imprevisto)				5,05613333
<b>Costo total</b>				<b>106,2</b>

Cuadro N° 20.4. Costos de Producción del T4 (25 % E. de ovino + 75 % de R. de cebada)

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo total
lombrices con clitelo desarrollado	un	180	0,07	12,6
estiércol de ovino (2 veces)	m3	0,00495	74	0,4
rastrojo de cebada	m3	0,01485	66	1,0
bandeja de plástico	pieza	1	10	10
pankar huyu (alquiler)	mes	5	5,43	27,14
mano de obra	hora	5	10	50
<b>COSTO DE PRODUCCION</b>				<b>101,1</b>
(5% imprevisto)				5,05415333
<b>costo total</b>				<b>106,1</b>

Cuadro N° 21. Volumen final del sustrato para obtener la cantidad de lombrices por tratamiento (bandejas)

TRATAMIENTOS	(SUSTRATO INICIAL OFERTADO) en toda la evaluación			(SUSTRATO FINAL) de toda la evaluación			
	altura	área	vol. de sustrato	altura	área	Vol. transformado	
	cm	(cm) <sup>2</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>2</sup>	c m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
T1	22	19800	0,0198	11,8	900	10620	0,01062
T2	22	19800	0,0198	12,2	900	10980	0,01098
T3	22	19800	0,0198	12	900	10800	0,01080
T4	22	19800	0,0198	9,3	900	8370	0,00837

Cuadro N° 21.1. Peso total de lombrices adultas y juveniles en bandejas por tratamientos

TRATAMIENTOS	Peso de población/ cilindro	× altura de muestra	$\pi / 4 * \theta^2$	volumen de muestra del cilindro		Volumen de bandeja		Peso total /bandeja gr/m <sup>3</sup>
	(gramos)	cm	(cm) <sup>2</sup>	cm <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	
T1	1,72	11,8	18,47	218,5	0,0002185	0,09	0,01062	<b>83,8</b>
T2	1,72	12,2	18,47	224,6	0,0002246	0,09	0,01098	<b>83,8</b>
T3	3,32	12,0	18,47	221,6	0,0002216	0,09	0,01080	<b>161,8</b>
T4	1,22	9,3	18,47	172,3	0,0001723	0,09	0,00837	<b>59,4</b>

Cuadro N° 21.2. Cantidad y peso de la lombriz roja californiana población juvenil y adulta en los cuatro tratamientos (última evaluación - muestra del cilindro).

TRATAMIENTOS	PESO × DE LOMBRIZ Juvenil	lombrices juvenil/ cilindro (peso total)	
	Gr	unidad	(gramos)
T1	0,22	1	0,22
T2	0,22	1	0,22
T3	0,22	6	1,32
T4	0,22	1	0,22

Cuadro N° 21.3. Peso de la Población juvenil de la lombriz en la muestra del cilindro

TRATAMIENTOS	PESO × DE LOMBRIZ Juvenil	lombrices juvenil/ cilindro (peso total)	
	Gr	unidad	(gramos)
T1	0,22	1	0,22
T2	0,22	1	0,22
T3	0,22	6	1,32
T4	0,22	1	0,22

Cuadro N° 21.4. Peso de la Población adulta de la lombriz roja en la muestra del cilindro

TRATAMIENTOS	Peso x de lombriz Adulta	lombrices adultas/ cilindro (peso total)	
	gr	unidad	(gramos)
T1	0,5	3	1,50
T2	0,5	3	1,50
T3	0,5	4	2,00
T4	0,5	2	1,00

Cuadro N° 22. Peso de las lombrices obtenidas en el cilindro, bandeja y litera (Población juvenil y adulta)

TRATAMIENTOS	peso total de la población/cilindro	Peso de la población de lombrices en bandeja	Peso de la población de lombrices en literas
	gr/cilindro	gr/bandeja	gr/literas
T1	1,72	83,8	16888,7
T2	1,72	83,8	16987,
T3	3,32	161,8	32682,0
T4	1,22	59,4	11971,0

Cuadro N° 23. Ingreso bruto e Ingreso neto en la producción de lombrices para los cuatro tratamientos en sistema de bandejas

Cuadro N° 23.1. Análisis del ingreso bruto y neto del Tratamiento 1 (100 % estiércol de ovino)

Concepto	unidad	cantidad	precio unitario	costo total
cantidad total lombrices cosechadas	gr	83,8115864	0,14	11,7336221
ingreso bruto	bs			11,7336221
ingreso NETO	bs			-94,144

Cuadro N° 23.2. Análisis del ingreso bruto y neto del T2 (75 % E. de ovino + 25 % R. de cebada)

Concepto	unidad	cantidad	precio unitario	costo total
cantidad total lombrices cosechadas	gr	83,8	0,14	11,7336221
ingreso bruto	bs			11,7336221
ingreso NETO				6,676

Cuadro N° 23.3. Análisis del ingreso bruto y neto del T3 (50 % E. de ovino + 50 % R. de cebada)

Concepto	unidad	cantidad	precio unitario	costo total
cantidad total lombrices cosechadas	gr	161,775853	0,14	22,6486194
ingreso bruto	bs			22,6486194
ingreso NETO				-83,5

Cuadro N° 23.4. Análisis del ingreso bruto y neto del T4 (25 % E. de ovino + 75 % R. de cebada)

Concepto	unidad	cantidad	precio unitario	costo total
cantidad total lombrices cosechadas	gr	59,4477531	0,14	8,32268544
ingreso bruto	bs			8,32268544
ingreso NETO				-97,8

Cuadro N° 24. Cantidad de lombrices utilizadas en la investigación por tratamiento en sistemas de Pankar-huyu y literas

Detalle	Unidad	TRATAMIENTOS				Total
		T1	T2	T3	T4	
Lombriz roja californiana (pankar-huyu)	Unidad	180	180	180	180	<b>720</b>
Lombriz roja californiana (literas)	Unidad	20000	20000	20000	20000	<b>80000</b>

180 lombrices ----- 0,0135 m3

X ----- 1,5 m3      X= 20000 unidades de lombrices por tratamiento

Cuadro N° 25. Volumen de Sustrato ofertado a las lombrices en toda la evaluación por tratamientos en literas

Detalle	Unidad	TRATAMIENTOS			
		T1 (100 )	T2 (75 – 25)	T3 (50 – 50)	T4 (25 – 75)
Estiércol de ovino (E.O.)	m 3	4	3	2	1
Rastrojo de cebada (R.C.)	m 3	-	1	2	3
<b>Total</b>	<b>m 3</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>

Cuadro N° 25.1. Volumen total del Sustrato ofertado a las lombrices en el periodo de evaluación para todos los tratamientos en sistema de literas

Detalle	Unidad	cantidad
Primera puesta del Sustrato	m3	1,5
Segunda puesta del Sustrato	m3	1,5
Tercera puesta del sustrato	m3	1,0
<b>Total</b>	m3	<b>4</b>

Cuadro N° 26. Costos de Producción de la lombriz roja en sistema de literas de 10 x 1 x 0,35 m

Cuadro N° 26.1. Costos de Producción del tratamiento 1

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo total Bs
lombrices con clitelo desarrollado	un	20000	0,07	1400
estiércol de ovino (2 veces)	m3	4	74	296,0
mano de obra	jornal	3	80	240
litera (alquiler)	mes	5	6,6	32,7557567
<b>COSTO DE PRODUCCION</b>				<b>1968,8</b>
(5% imprevisto)				98,44
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>2067,2</b>

Cuadro N° 26.2. Costos de Producción del tratamiento 2

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo total
lombrices con clitelo desarrollado	un	20000	0,07	1400
estiércol de ovino (2 veces)	m3	3	74	222,0
rastrojo de cebada	m3	1	66	66,0
mano de obra	jornal	3	80	240
Litera (alquiler)	meses	5	6,6	32,76
<b>COSTO DE PRODUCCION</b>				<b>1960,8</b>
(5% imprevisto)				98,04
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>2058,8</b>

Cuadro N° 26.3. Costos de Producción del tratamiento 3

concepto	unidad	cantidad	precio unitario	costo total
lombrices con clitelo desarrollado	un	20000	0,07	1400
estiércol de ovino (3 veces)	m3	2	74	148,0
rastrojo de cebada	m3	2	66	132,0
mano de obra	jornal	3	80	240
litera (alquiler)	meses	5	6,6	32,76
<b>COSTO DE PRODUCCION</b>				<b>1952,8</b>
(5% imprevisto)				97,64
costo total				2050,4

Cuadro N° 26.4. Costos de Producción del tratamiento 4

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo total
lombrices con clitelo desarrollado	un	20000	0,07	1400
estiércol de ovino (3 veces)	m3	1	74	74,0
rastrojo de cebada	m3	3	66	198,0
mano de obra	jornal	3	80	240
litera (alquiler)	meses	5	6,6	32,76
<b>COSTO DE PRODUCCION</b>				<b>1944,8</b>
(5% imprevisto)				97,24
costo total				2042,0

Cuadro N° 27. Peso total de lombrices en literas por tratamiento

TRATAMIENTOS	Peso de población/bandeja	× altura de litera	Área de litera	Volumen de litera		Peso total/litera
	(gramos)	cm	(cm) <sup>2</sup>	cm <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	gr/m3
T1	83,8	11,8	900	10647	2,15	16888,7
T2	83,8	12,2	900	10944	2,22	16987,
T3	161,8	12,0	900	10800	2,18	32682,0
T4	59,4	9,3	900	8397	1,69	11971,0

Cuadro N° 27.1 Volumen del sustrato inicial y final de la litera

TRATAMIENTOS	(SUSTRATO INICIAL OFERTADO) en toda la evaluación			(SUSTRATO FINAL)
	altura	área	vol. de sustrato	Volumen transformado
	m	(m) <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
T1	0,4	10	4	2,15
T2	0,4	10	4	2,22
T3	0,4	10	4	2,18
T4	0,4	10	4	1,69

Cuadro N° 28. Ingreso neto con Rendimiento ajustado al 95 % en los cuatro tratamientos

Cuadro N° 28.1. Análisis del Ingreso Neto en el tratamiento 1

Concepto	unidad	cantidad	P. unitario	Costo total
cantidad total lombrices cosechadas	gr	16888,7	0,14	2364,41747
ingreso bruto o Rendimiento	bs			2364,41747
Rendimiento ajustado al 95 %		2364,4	0,95	2246,2
ingreso NETO				179,0

Cuadro N° 28.2. Análisis del Ingreso Neto en el tratamiento 2

Concepto	Unidad	Cantidad	P. unitario	Costo total
cantidad total lombrices cosechadas	gr	16987,3	0,14	2378,22617
ingreso bruto	bs			2378,22617
Rendimiento ajustado al 95 %		2378,2	0,95	2259,2
ingreso NETO				200,5

Cuadro N° 28.3. Análisis del Ingreso Neto en el tratamiento 3

Concepto	unidad	cantidad	P. unitario	Costo total
cantidad total lombrices cosechadas	Gr	32682,0	0,14	4575,47866
ingreso bruto o rendimiento	Bs			4575,47866
Rendimiento ajustado al 95 %		4575,5	0,95	4346,7
ingreso NETO				2296,3

Cuadro N° 28.4. Análisis del Ingreso Neto en el tratamiento 4

Concepto	unidad	cantidad	P. unitario	Costo total
cantidad total lombrices cosechadas	gr	11971,0309	0,14	1675,94432
ingreso bruto o rendimiento	bs			1675,94432
Rendimiento ajustado al 95 %		1675,9	0,95	1592,1
ingreso NETO				-449,8