

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



**“LENTEJA DE AGUA (*Lemna gibba*) Y ESTIÉRCOL DE VACUNO  
EN EL COMPORTAMIENTO BIOLÓGICO DE LA LOMBRIZ  
ROJA (*Eisenia foetida*) EN PUNO”**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**JOSÉ LUIS TICONA QUISPE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**MENCIÓN: GESTIÓN AGROAMBIENTAL**

**PROMOCIÓN: 2012-I**

**PUNO – PERÚ**

**2016**

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

“LENTEJA DE AGUA (*Lemna gibba*) Y ESTIÉRCOL DE VACUNO EN EL  
COMPORTAMIENTO BIOLÓGICO DE LA LOMBRIZ ROJA (*Eisenia foetida*) EN  
PUNO”

TESIS

PRESENTADA POR:

JOSÉ LUIS TICONA QUISPE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO  
MENCIÓN: GESTIÓN AGROAMBIENTAL

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 04 de agosto del 2016



APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE : .....  
Ing. M. Sc. Juan LARICO VERA

PRIMER MIEMBRO : .....  
Ing. M. Sc. Elisbán Uriel HUANCA QUIROZ

SEGUNDO MIEMBRO : .....  
Ing. M. Sc. Francis MIRANDA CHOQUE

DIRECTOR : .....  
Dr. Juan Gregorio ZAPANA PARI

Área: Ciencias agrícolas  
Tema: Gestión ambiental

## DEDICATORIA

A **Dios** por brindarme toda la sabiduría, fuerzas, ánimo y paciencia para poder lograr un reto más en mi vida.

A mi tía **Marcelina Ticona** por ser como mi segunda madre, por su cariño y apoyo incondicional de toda la vida, quien fue la persona clave para conocer la vida, conocer que en el mundo los retos se pueden superar cuando hay fuerza y voluntad.

A mis padres **Eleuterio Ticona** y **Celestina Quispe** quienes siempre estuvieron apoyándome en todo momento durante Formación profesional.

A la gente del **C.P. Ramis**, del distrito de Taraco ya que de ahí soy, como soy y seré siendo lo que soy.

## AGRADECIMIENTO

*A la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, en especial a la escuela profesional de Ingeniería Agronómica, que gracias a las enseñanzas de sus docentes forman profesionales de gran sabiduría científica y técnica en las ciencias de la Ingeniería Agronómica.*

*Al Dr. Juan Gregorio Zapana Pari, por su iniciativa de realizar el presente trabajo y su apoyo profesional incondicional en las diferentes etapas del trabajo, por sus valiosos consejos y observaciones como director de tesis.*

*A los miembros de jurado Ing. M.Sc. Juan Larico Vera, Ing. M.Sc. Uriel Huanca Quiroz e Ing. M.Sc. Francis Miranda Choque, por la revisión y enriquecimiento de la tesis.*

*A mis compañeros; Julio C. Lope, Edwin Vilca y Miguel A. Bustinza quienes me brindaron su apoyo en la ejecución del presente trabajo de investigación.*

## INDICE

<b>RESUMEN</b> .....	9
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	10
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	12
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	12
1.2 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	14
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	15
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO, MARCO CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	16
2.1 MARCO TEÓRICO .....	16
2.1.1 SOBRE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA .....	16
2.1.2 ETAPAS DE DESARROLLO DE LA LOMBRIZ .....	19
2.1.3 LOMBRICULTURA .....	20
2.1.4 ESTIÉRCOL DE LOMBRIZ .....	20
2.1.5 SUBSTRATO ORGÁNICO .....	22
2.1.6 ESTIÉRCOL DE VACUNO .....	24
2.1.7 LENTEJA DE AGUA .....	25
2.1.8 COSTOS DE PRODUCCIÓN .....	27
2.2 MARCO CONCEPTUAL .....	28
2.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....	29
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	31
3.1 METODOLOGÍA .....	31
3.1.1 FASE DE CAMPO .....	31
3.1.2 FASE DE LABORATORIO .....	33
3.1.3 ESTIMACIÓN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN Y RENTABILIDAD ECONÓMICA .....	33
3.2 MATERIAL EXPERIMENTAL .....	34
3.2.1 MATERIAL BIOLÓGICO .....	34
3.2.2 INSTRUMENTOS Y MATERIALES DE CAMPO .....	35
3.2.3 INSTRUMENTOS Y MATERIALES DE LABORATORIO .....	35
3.2.4 MATERIALES Y/O EQUIPOS DE MEDICIÓN .....	36
3.3 OBSERVACIONES REALIZADAS .....	36
3.3.1 TEMPERATURA DE LOS SUBSTRATOS .....	36

3.3.2	MEDICIÓN DE PH DE LOS SUBSTRATOS .....	37
3.3.3	CONTROL DE HUMEDAD.....	37
3.3.4	RELACIÓN SUBSTRATO Y ESTIÉRCOL DE LOMBRIZ .....	38
3.3.5	ANÁLISIS DE AGUA DE RIEGO.....	38
3.3.6	TEMPERATURAS DEL MEDIO EXPERIMENTAL.....	39
3.4	ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	40
3.4.1	VARIABLE INDEPENDIENTE.....	40
3.4.2	VARIABLE DEPENDIENTE.....	40
3.4.3	DISEÑO EXPERIMENTAL .....	40
	<b>CAPÍTULO IV: CARACTERÍSTICAS DEL AREA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>42</b>
4.1	ÁMBITO DE ESTUDIO .....	42
4.2	FECHA Y DURACIÓN .....	42
	<b>CAPÍTULO V: EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>43</b>
5.1	BIOMASA DE LA LOMBRIZ ROJA ALIMENTADAS CON PROPORCIONES DIFERENTES DE LENTEJA DE AGUA Y ESTIÉRCOL DE VACUNO .....	43
5.2	PROLIFISIDAD DE LA LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA EN MEDIO DE DOS SUBSTRATOS ORGÁNICOS PUROS Y COMBINADOS. ....	46
5.2.1	PROLIFISIDAD DE NÚMERO DE HUEVOS A LOS 30 DÍAS .....	46
5.2.2	PROLIFISIDAD DE NÚMERO DE HUEVOS AL FINAL DEL EXPERIMENTO .....	48
5.2.3	PROLIFISIDAD DE INFANTES .....	51
5.2.4	PROLIFISIDAD DE JUVENILES.....	53
5.2.5	NÚMERO DE LOMBRICES CLITELIADAS .....	56
5.3	COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ESTIÉRCOL DE LOMBRIZ PRODUCIDO A PARTIR DE LENTEJA DE AGUA Y ESTIÉRCOL DE VACUNO.....	56
5.3.1	MATERIA ORGÁNICA.....	56
5.3.2	REACCIÓN DEL ESTIÉRCOL DE LOMBRIZ.....	58
5.3.3	NITRÓGENO.....	58
5.3.4	FÓSFORO DISPONIBLE .....	60
5.3.5	POTASIO DISPONIBLE .....	61
5.4	COSTOS DE PRODUCCIÓN.....	61
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>63</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>64</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>65</b>
	<b>ANEXO .....</b>	<b>69</b>
	<b>PANEL FOTOGRÁFICO .....</b>	<b>82</b>

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición química del estiércol de lombriz .....	22
Cuadro 2. Composición química del estiércol de vacuno. ....	25
Cuadro 3. Composición química de la lenteja de agua. ....	27
Cuadro 4. Combinación de sustratos .....	32
Cuadro 5. Precio de materiales.....	34
Cuadro 6. Cantidades sustrato y estiércol de lombriz. ....	38
Cuadro 7. Análisis químico de agua utilizado para el riego. ....	39
Cuadro 8. Registros de temperaturas ambientales .....	39
Cuadro 9. ANVA del diseño bloque completo al azar (fórmulas). ....	41
Cuadro 10. Biomasa de la lombriz inoculada. ....	43
Cuadro 11. Análisis de varianza para la biomasa de las lombrices adultas.....	45
Cuadro 12. Prueba de comparación de Tukey para la biomasa de lombriz.....	45
Cuadro 13. Proliferación del número de huevos a los 30 días. ....	46
Cuadro 14. Análisis de varianza para la proliferación de huevos a los 30 días.....	47
Cuadro 15. Prueba de comparación de Tukey para número de huevos a los 30 días .....	48
Cuadro 16. Prolifisidad del número de huevos a los 90 días. ....	48
Cuadro 17. Análisis de varianza del número de huevos a los 90 días.....	50
Cuadro 18. Prueba de comparación de Tukey para número de huevos a los 90 días .....	50
Cuadro 19. Prolifisidad del número de infantes a los 90 días. ....	51
Cuadro 20. Análisis de varianza para el número de infantes a los 90 días.....	52
Cuadro 21. Prueba de comparación de Tukey para el número de infantes. ....	53
Cuadro 22. Prolifisidad del número de juveniles a los 90 días. ....	53
Cuadro 23. Análisis de varianza de número de juveniles a los 90 días.....	55
Cuadro 24. Prueba de comparación de Tukey para la prolifisidad de juveniles.....	55
Cuadro 25. Bioconversión de materia orgánica del estiércol de lombriz.....	57
Cuadro 26. Reacción del estiércol de lombriz para cada tratamiento .....	58
Cuadro 27. Porcentaje de nitrógeno (N) para cada tratamiento .....	59
Cuadro 28. Porcentaje de fósforo disponible.....	60
Cuadro 29. Porcentaje de potasio (K <sub>2</sub> O) para cada tratamiento. ....	61
Cuadro 30. Índices económicos en la producción de estiércol de lombriz.....	62
Cuadro 31. Evaluación del número total de huevos a los 30 días .....	69
Cuadro 32. Evaluación de número de huevos a los 90 días. ....	69
Cuadro 33. Evaluación final del número de infantes. ....	69
Cuadro 34. Evaluación final del número de juveniles. ....	69
Cuadro 35. Evaluación final de número de lombrices cliteliadas. ....	69
Cuadro 36. Evaluación final de la biomasa de la lombriz.....	70
Cuadro 37. Rangos de pH. ....	70
Cuadro 38. Costos de producción de estiércol de lombriz a partir T1 (0%L+100%E). ....	71
Cuadro 39. Costos de producción de estiércol de lombriz a partir T2 (25%L+75%E). ....	72
Cuadro 40. Costos de producción de estiércol de lombriz a partir T3 (50%L+50%E). ....	73
Cuadro 41. Costos de producción de estiércol de lombriz a partir T4 (75%L+25%E). ....	74
Cuadro 42. Costos de producción de estiércol de lombriz a partir T5 (100%L+0%E). ....	75
Cuadro 43. pH de los sustratos durante la bioconversión. ....	76
Cuadro 44. Temperatura de los sustratos durante la bioconversión.....	77

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Combinación de los tratamientos .....	31
Figura 2. Temperatura de los substratos por 180 días. ....	36
Figura 3. pH de los substratos por 180 días. ....	37
Figura 4. Temperaturas medias durante la bioconversión. ....	40
Figura 5. Biomasa de la lombriz roja al final del experimento.....	44
Figura 6. Proliferación del número de huevos a los 30 días. ....	46
Figura 7. Proliferación de número de huevos a los 90 días .....	49
Figura 8. Número de infantes. ....	51
Figura 9. Número de juveniles a los 90 días. ....	54
Figura 10. Porcentaje de lombrices cliteliadas al final del experimento. ....	56
Figura 11. Medición de volumen del substrato.....	82
Figura 12. Precompostado de los substratos. ....	82
Figura 13. Medición de volumen de T5 (100%L+0%E). ....	82
Figura 14. Riego de los substratos. ....	82
Figura 15. Tapado de los substratos con plásticos.....	83
Figura 16. Lombrices inoculadas a los substratos. ....	83
Figura 17. Población de lombrices juveniles .....	83
Figura 18. Tratamiento T5 (100%L+0%E).....	83
Figura 19. Aireación de los substratos. ....	84
Figura 20. Estiércol de lombriz.....	84
Figura 21. Revisión de Humedad de los substratos. ....	84
Figura 22. Control de biomasa de las lombrices. ....	84

## RESUMEN

En la bahía interior del Lago Titicaca de la ciudad de Puno la lenteja de agua ocupa una superficie acuática de 69.5 ha, la cual constituye causa de riesgo ambiental en desmedro de un normal funcionamiento de sus aguas, por otra parte el estiércol de vacuno es portador de semillas de malezas y algunas enfermedades para los cultivos, por tales motivos se realizó el trabajo de investigación en los terrenos experimentales de CREEA-La Chira-FCA-UNA-Puno en los meses de noviembre del 2014 a mayo del 2015. Los objetivos fueron: Evaluar la biomasa de la lombriz roja, Determinar la prolificidad de la lombriz, Evaluar la composición química del estiércol de lombriz y Estimar los costos de producción del estiércol de lombriz. El trabajo consistió en utilizar proporciones de lenteja de agua y estiércol de vacuno en 5 tratamientos y tres repeticiones para cada uno, las combinaciones fueron: T1 (0% lenteja de agua, 100% estiércol de vacuno), T2 (25% lenteja de agua, 75% estiércol de vacuno), T3 (50% lenteja de agua, 50% estiércol de vacuno), T4 (75% lenteja de agua, 25% estiércol de vacuno) y T5 (100% lenteja de agua, 0% estiércol de vacuno); estos fueron instalados sobre mantos de yute en pilas de volumen de 0.125 m<sup>3</sup> y envueltas con un plástico de polietileno de 1 m<sup>2</sup> cada una, se inoculó 50 lombrices adultas con presencia de clitelio luego de 90 días de precompostado, posteriormente la alimentación de las lombrices tuvo una duración de 90 días. Los resultados fueron: La mayor biomasa de lombriz se obtuvo del tratamiento T1 con una biomasa promedio de 0.780 g/lombriz, la mayor prolificidad de huevos y de lombrices infantiles se obtuvo del tratamiento T2 con 253 huevos y 1283 infantiles, mientras que la mayor prolificidad de juveniles se obtuvo en T3 con 992.67 juveniles. En el análisis de composición química del estiércol de lombriz los mejores resultados se obtuvieron del tratamiento T1 en materia orgánica: 32.81, nitrógeno: 1.93%, fósforo disponible: 0.97%, potasio disponible: 0.45%. Al estimar los costos de producción de estiércol de lombriz se determinó rentabilidad de 472.83% en T1, 274% en T2, 194.19 en T3, 64.55% en T4 y -10.13% en T5 respectivamente. Se concluye que, en los tratamientos T1, T2 y T3, se obtuvieron los mejores resultados de biomasa y proliferación de lombriz, pero como el fin del presente trabajo es utilizar la mayor cantidad de lenteja de agua posible, se recomienda utilizar la proporción de substrato de 1:1.

**Palabras clave:** Lenteja de agua, estiércol de vacuno, substrato orgánico, lombriz roja, estiércol de lombriz.

## INTRODUCCIÓN

La naturaleza constituye una unidad viviente, manteniendo un equilibrio dinámico entre todos sus componentes biológicos (plantas y animales) y su medio ambiente. Este equilibrio ecológico se rompe cuando uno de sus componentes aumenta, disminuye o desaparece y condicionando los factores ambientales, tal es el caso el crecimiento abundante de la lenteja de agua, observada en los últimos años, en la bahía interior de Lago Titicaca de la ciudad de Puno, constituyendo causa de riesgo ambiental en desmedro de un normal funcionamiento de sus aguas. La lenteja de agua ocupa una gran superficie acuática, cuya densidad en zonas ribereñas alcanza hasta 7 kg/m<sup>2</sup> y 3 cm de grosor, en estas condiciones se convierte en una cubierta que impide el paso de los rayos solares, los cuales son indispensables como fuente energética para el proceso de la fotosíntesis de otras plantas acuáticas (Canales, 2009). En la bahía interior de Lago Titicaca de la ciudad de Puno la lenteja está distribuida en 31 sitios en suman un área total de 69.5 Ha (Mollinedo, 2014).

En la actualidad el estiércol de vacuno es utilizado como abono en diferentes cultivos mejorándose así el suelo, pero a la vez representa una amenaza para algunos cultivos puesto que el estiércol de vacuno es portador de semillas de malezas y a la misma vez se observa la presencia de algunas enfermedades en algunos cultivos (Escobar, 2001).

Entre las pocas especies de lombrices que pueden explotarse en cautividad está la lombriz roja de California, de la cual se han obtenido, por selección, varios tipos, que se pueden explotar en terrenos al aire libre de cualquier zona de clima mediterráneo sin necesidad de ningún tipo de alojamiento fijo. La selección de esta lombriz estuvo orientada inicialmente a aumentar la cantidad de comida ingerida, con el fin de incrementar la producción de humus, pero no se obtuvieron resultados positivos, por lo que la selección se encaminó a prolongar su vida y aumentar la frecuencia de la reproducción. La lombriz roja, cuando es adulta, mide de 5 a 6 centímetros, su diámetro oscila entre 3 y 5 milímetros, es de color rojo oscuro y pesa aproximadamente un gramo. Cuando las condiciones de medio son favorables, esta lombriz ingiere diariamente una cantidad de comida equivalente a su propio peso, del cual expele un 60 por 100 en forma de humus (Fuentes, 2007).

La crianza y manejo de lombrices en condiciones de cautividad, con la finalidad básica de obtener con ella dos productos de mucha importancia para el hombre: El humus como fertilizante, enmienda de uso agrícola y la proteína (carne fresca o harina), como suplemento para raciones de animales. Por lo tanto, todas las operaciones diversas relacionadas con la cría y manejo de lombrices, se le llama lombricultura (Tineo, 1996).

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Uno de los mayores problemas que enfrenta la ciudad de Puno es la presencia de la lenteja de agua (*Lemna gibba*) en la bahía interior del Lago Titicaca, debido al proceso de eutrofización que sufre a causa del mal tratamiento de las aguas residuales de la ciudad de Puno. Muchas de las estrategias planteadas hasta ahora no han dado resultados positivos en la reducción de la biomasa de *Lemna gibba*, debido a que estos planes están direccionados a la exterminación de este organismo. En lugar de ello se debe pensar en la forma más sostenible de hacer uso de la lenteja. El promedio de la biomasa de la lenteja de agua en la bahía interior es de 6.94 kg/m<sup>2</sup>, mientras que los promedios de pH y temperatura del agua son de 6.3 y 13.8 °C, respectivamente. Esto prueba la eficacia de este organismo para crecer en condiciones difíciles además hay altos niveles de nitrógeno, fósforo y metales pesados, por lo que su manejo puede ser una alternativa para disminuir el proceso de eutrofización del lago. Las estrategias de manejo de lenteja deben de estar enmarcadas dentro de un plano social, económico y ambiental, lo que permite su sostenibilidad en beneficio de la población de Puno y del ecosistema del Lago Titicaca (Canales, 2009).

El estiércol de vacuno fresco y no maduro contiene elevados niveles de agua y celulosa, de estructura grosera y humedecido tiene consistencia pastosa. De acuerdo a su origen, puede causar deficiencia temporaria de nitrógeno en el suelo, reduce la densidad aparente del mismo aumentando el drenaje interno y la aireación, puede contener semillas de malezas ensuciando el suelo (Díaz, 2002).

En la actualidad, la agricultura en su gran parte hace uso de agroquímicos en la producción de diferentes cultivos, provocando la contaminación, acidificación, salinización y la pérdida de la fertilidad de los suelos, la agricultura actual busca establecerse en los sistemas agrícolas que sean sostenibles tanto en términos sociales, ambientales y económicos, puesto que el recurso fundamental del agricultor es el suelo fértil y productivo (Pineda, 2006).

La principal actividad para lograr enriquecer de nutrientes el suelo es la incorporación de materia orgánica, sin embargo, no se aprovechan las fuentes de materia orgánica existentes, como son la lenteja de agua, residuos sólidos urbanos, restos de cosecha, residuos de estiércol, etc. a ello se suma la necesidad de contar con tecnologías que permitan la bioconversión de residuos orgánicos.

En ese sentido se hace necesario realizar trabajos de investigación, por lo que se plantea el trabajo de investigación, haciendo las siguientes interrogantes.

¿Como influirá las diferentes proporciones de la lenteja de agua mezclado con estiércol de vacuno en el comportamiento biológico de la lombriz roja californiana?

¿Cuál será la biomasa de la lombriz roja alimentadas con proporciones diferentes de lenteja de agua y estiércol de vacuno?

¿Cómo será la prolificidad de la lombriz roja californiana en medio de dos substratos orgánicos puros y combinados?

¿Cuál será la composición química del estiércol de lombriz producido a partir de lenteja de agua y estiércol de vacuno?

¿Cuáles serán los costos de producción y rentabilidad económica en la obtención de estiércol de lombriz a partir de dos substratos orgánicos puros y combinados?

## 1.2 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Sandoval (2006), reporta que en ambiente natural el mayor número de huevos de lombrices; se obtiene de la mezcla de sustratos que corresponden al estiércol de vacuno y estiércol de camélido.

Ramos (2008), señala que al inocular las lombrices en sustratos a base de estiércol de vacuno y residuos de totora, la mayor cantidad de huevos se obtiene con tratamiento de 65% de residuos de totora más 35% de estiércol de vacuno, en 180 días de bioconversión, reporta también que la composición química del estiércol de lombriz en materia orgánica, nitrógeno total, fósforo disponible y potasio disponible se interpreta como alto en fertilidad.

Duran y Henríquez (2007), indican que el crecimiento y reproducción de la lombriz roja están directamente relacionados con el tipo de sustrato en el cual viven y se desarrollan. El tipo de sustrato en que crecen las lombrices influye tanto en el peso como en su reproducción, para lo cual parece existir una relación inversa entre ambas variables: lombrices de mayor peso se relacionan con menores tasas de reproducción.

Díaz (2002), indica que la dinámica de crecimiento y producción de la lombriz roja es favorecida con el sustrato: Estiércol de vacuno (96%) + cepa de caña (3%) + cepa de plátano (1%).

López *et. al.* (2003), sugieren que la mejor mezcla para la adaptación, reproducción de la lombriz roja californiana y calidad de la excreta de lombriz es la, que contiene aserrín con estiércol de vacuno más un inóculo de aserrín, melaza, lactobacilos de suero de leche.

Molina (2008), determinó la prolificidad de la lombriz roja bajo dos condiciones ambientales (ambiente natural y ambiente controlado), utilizó como alimento para las lombrices sustrato a base de estiércol de vacuno más brozas de kañihua y avena, obtuvo la mayor prolificidad de número de huevos y número de individuos juveniles en ambiente natural, en sustrato 75% estiércol de vacuno más 25% broza de avena, reporta también la composición química de estiércol de lombriz en contenido de; materia orgánica : 48.47%, nitrógeno total: 1.43%, fósforo: 0.55% y potasio: 0.14%.

Rodríguez (2005), realizó estudios en diferentes substratos como estiércol de vacuno, estiércol de gallina, estiércol de porcino, pulpa de café, hojarasca, seudotallo de huerta; en el que señala que el estiércol de vacuno es el mejor substrato para la reproducción de las lombrices, con una relación de 50:1.

### **1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **OBJETIVO GENERAL**

- Evaluar el efecto de la mezcla en proporciones diferentes de lenteja de agua y estiércol de vacuno en el comportamiento biológico de la lombriz roja californiana.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la biomasa de la lombriz roja alimentadas con proporciones diferentes de lenteja de agua y estiércol de vacuno.
- Evaluar la prolificidad de la lombriz roja californiana en medio de dos substratos orgánicos puros y combinados.
- Analizar la composición química del estiércol de lombriz producido a partir de proporciones diferentes de lenteja de agua y estiércol de vacuno.
- Estimar los costos de producción y rentabilidad económica en la obtención de estiércol de lombriz a partir de dos substratos orgánicos puros y combinados.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO, MARCO CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 2.1 MARCO TEÓRICO

##### 2.1.1 SOBRE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA

###### 2.1.1.1 ORIGEN E HISTORIA

Pineda (2006), señala que en los tiempos modernos, quien se interesó y estudió con profundidad a las lombrices fue Darwin en 1837. Y quien probablemente, fue uno de los primeros en dedicarse a la producción de la lombriz fue Hugo Carter en 1947, para abastecer tiendas de caza y pesca. Un poco después la Universidad Agrícola de California empezó a ocuparse al estudio de estos anélidos, con fines agrícolas para 1979, ya había en Estados Unidos unas 1500 explotaciones comerciales de lombricultura. Por otro lado en el Perú la lombricultura, se dice que fue introducida de Chile por expositores en una feria de AGROTEC, en otros casos también se trajo lombrices directamente de Italia.

###### 2.1.1.2 UBICACIÓN TAXONÓMICA

Tineo (1996), lo clasifica de la siguiente manera.

Reino	:	Animal
Phyllum	:	Annélida
Clase	:	Oligoqueta
Orden	:	Ophisthopora
Familia	:	Lombricidae
Género	:	Eisenia
Especie	:	<i>Eisenia foetida</i>
N. C	:	Lombriz roja californiana

###### 2.1.1.3 MORFOLOGÍA EXTERNA

González (2009), menciona que este anélido es cilíndrico, alargado con numerosos anillos; cabeza ligeramente puntiaguda; en el primer tercio de su cuerpo la lombriz tiene el llamado clitelio, indicativo de la madurez sexual. Entre los anillos 15 y 21 posee sus órganos sexuales, tanto masculino como femenino. Al salir del huevo presenta una

coloración crema y mide un milímetro aproximadamente; a la semana mide 7 milímetros y su color es blanco; entre los 15 y 20 días se torna rosado y mide entre 12 y 15 milímetros; a los 90 días es roja para el resto de su vida y mide 3 centímetros. A partir de esa edad es sexualmente apta para la reproducción, el diámetro del animal adulto oscila entre 3 y 5 milímetros

#### 2.1.1.4 MORFOLOGÍA INTERNA

Pineda (2006), describe de la siguiente manera: *Tabiques*; llamados también septos, son paredes que separan los segmentos sucesivos y están formados por el peritoneo. *Faringe*; es el primer compartimiento después de la boca. *Molleja*; parte gruesa muscular del tubo digestivo, puede ser molleja esofágica o puede estar situada al comienzo del intestino llamada molleja intestinal. *Glándulas de more*; su función es metabolizar el calcio, están ubicadas en el esófago. *Intestino*; se reconoce fácilmente por la presencia de válvulas. *Ciegos intestinales*; son apéndices huecos, terminados en forma de saco que aparecen al fondo del intestino. *Nefridios*; es el órgano central del sistema excretor, funciona como pequeño riñón (se llaman holonefridios cuando tienen un par de nefridios por segmento y meronefridios cuando tienen más de un par de nefridios por segmento). *Vasos dorsal y ventral*: ubicado sobre el tubo digestivo, el vaso dorsal y el ventral debajo de éste, son los más importantes en el sistema circulatorio. *Vaso suprainestinal y supra esofágico*; son vasos impares no siempre presentes, se encuentran entre el esófago, intestino y el vaso dorsal. *Vasos extraesofágico o lateroesofágico*; situados a los lados del esófago y entre éste y los corazones. *Corazones*; están situados en la región esofágica del cuerpo ligando los vasos y están en pares y en un total de cinco y manda la sangre al vaso ventral. *Testículos*; ubicados en los segmentos 10 y 11 y en uno o en pares cada uno, situados en cavidad celómicas aisladas los reservorios de esperma. *Canales deferentes*; permiten la salida de los espermatozoides y son uno para cada testículo. *Vesículas seminales*; están en tres pares de bolsas laterales que abarcan los segmentos 9, 10 y 11. *Ovarios*; generalmente sólo son un par, ubicados en el segmento 13 y descargan los huevos en la cavidad celómica. *Ovisacos*; seguidos al segmento que contiene el ovario. *Espermatecas*: sacos que reciben los espermatozoides de la otra lombriz durante la cópula, es extraño cuando no están presentes.

#### **2.1.1.5 SISTEMA DIGESTIVO**

Bollo (2001), indica que el proceso de digestión en la lombriz se inicia en la cavidad bucal, la cual carece de mandíbulas, por tal razón requiere que el substrato para su consumo se encuentre en un estado que posibilite la succión por la acción muscular de la faringe, donde los alimentos son humedecidos por secreciones salivales que se producen en la boca y en el esófago, posteriormente es ingresado al tubo digestivo. Una vez que el alimento llega al buche pasa a la molleja, donde es triturado mediante la acción muscular y con la ayuda de granos de arena. Por último, el resultado de los procesos anteriores llega al intestino, donde una masa de microorganismos degrada la materia orgánica por acción enzimática, dando como resultado la excreción, las lombrices ingieren diariamente una cantidad de comida equivalente a su propio peso y expelen el 60% transformado en humus de lombriz. Además, cuando las lombrices digieren los substratos biodegradables, una gran variedad de microorganismos contribuyen al procesamiento de la materia orgánica en nutrimentos utilizables para las plantas.

#### **2.1.1.6 SISTEMA RESPIRATORIO**

Durán y Henríquez (2007), indican que el intercambio gaseoso se lleva en la superficie del cuerpo de la lombriz. Extremo posterior del cuerpo ondea rítmicamente para ventilar su superficie cuando le falta oxígeno.

López *et al.*, (2003), señalan que las lombrices no tienen órganos especializados para la respiración, el oxígeno y el dióxido de carbono se difunde en la cutícula y la epidermis en la sangre que contiene hemoglobina un pigmento respiratorio. Solamente existe una especialización estructural que consiste en grandes branquias de vasos capilares sanguíneos en la pared del cuerpo.

#### **2.1.1.7 SISTEMA REPRODUCTIVO**

Schuldt (2001), indica que es una especie hermafrodita, cada lombriz posee gónadas de ambos sexos desarrolladas dentro de una estructura mucosa llamada clitelio, donde primero se desarrollan las gónadas masculinas conformadas por uno a cuatro pares de testículos y posteriormente las femeninas quienes poseen un par de ovarios. A pesar de esto no pueden fecundarse por sí solas y se requieren del contacto entre dos lombrices a nivel del clitelio para que ocurra el intercambio de gametos, por lo que se les considera

hermafroditas incompletas. La cópula de dos lombrices genera de 2 a 9 cocones, de cada cocón nacen de 2 a 4 lombrices. La frecuencia del apareamiento es de 2 a 3 veces por semana. Los infantes eclosionan después de una incubación promedio de 23 días a 25 °C y entre los 50 a 65 días después alcanzan su madurez sexual, El transito premadurez a madurez se presenta cuando alcanzan 0,24 g y una longitud de 2,5 cm.

#### **2.1.1.8 SISTEMA CIRCULATORIO**

Fuentes (2007), indica que la sangre está constituida por el plasma, líquido que contiene corpúsculos libres incoloros (amebocitos). Este plasma tiene color rojo debido a la hemoglobina, pigmento respiratorio disuelto en él. La sangre circula por todo el cuerpo a través de un sistema cerrado de vasos sanguíneos con capilares. Hay vasos principales, que se extienden, a lo largo del cuerpo y cinco pares de corazones en las somitas. Desde la somita para atrás hay una pared de vasos longitudinales y distintos órganos; los vasos especiales irrigan los órganos de las somitas anteriores.

#### **2.1.1.9 SISTEMA NERVIOSO**

Gonzales (2009), señala que lo constituye un ganglio cefálico en el tercio anillo a la altura de la faringe. A través de unas células nerviosas epidérmicas reemplaza la carencia de ojos y oídos y capta la luz del sol, los sonidos, las vibraciones, etc. Del ganglio cerebral se proyectan dos cordones nerviosos hacia abajo para unirse con el cordón nervioso central que se dirige hasta el último segmento de la lombriz.

#### **2.1.1.10 SISTEMA EXCRETOR**

Pineda (2006), indica que no tiene tampoco propiamente riñones ni orina, si no metanefridios que recogen las sustancias nitrogenadas de desecho orina y la depositan en los nefridios poros, uno en cada segmento, excepto los tres primeros y el ultimo. De modo que podemos decir también que la lombriz orina por la piel.

#### **2.1.2 ETAPAS DE DESARROLLO DE LA LOMBRIZ**

Ferruzi (1996), menciona que las lombrices nacen con 1 mm de tamaño y de 1 a 7 días miden 7 mm de una coloración blanca a los 15 días miden de 12-15 mm de una coloración rosado y a los 90 días miden 3 cm y son de color rojo oscuro y desde los 7 meses hasta los 16 años mide 5 a 6 cm y de color rojo oscuro.

### **2.1.3 LOMBRICULTURA**

Ruiz (2005), la lombricultura es una biotecnología que utiliza, a una especie domesticada de lombriz, como una herramienta de trabajo, recicla todo tipo de materia orgánica obteniendo como fruto de este trabajo estiércol de lombriz, carne y harina de lombriz. Se trata de una interesante actividad zootécnica, que permite perfeccionar todos los sistemas de producción agrícola. La lombricultura es un negocio en expansión, y en un futuro será el medio más rápido y eficiente para la recuperación de suelos de las zonas rurales.

Martínez (2000), señala que en la lombricultura se utilizan las lombrices para acelerar la biotransformación de desechos orgánicos con la finalidad de generar productos naturales tales como el abono de lombriz, material rico en microorganismos; también se puede aprovechar la carne de la lombriz de altos contenidos de proteína, vitaminas y aminoácidos. Es necesario fomentar la lombricultura a nivel de los predios campesinos para el mejoramiento de la fertilidad de sus suelos a través de los criaderos, adecuándose ello a un sistema de producción.

### **2.1.4 ESTIÉRCOL DE LOMBRIZ**

García (2013), indica que el abono orgánico o estiércol de lombriz es un abono 100% natural que se obtiene de la transformación de residuos orgánicos compostados por medio de la lombriz roja o de California, para ser utilizado como abono orgánico en suelos degradados.

Mamani (2011), indica que es un fertilizante bioorgánico de estructura coloidal producto de la digestión de la lombriz, este es un producto desmenuzable, sin olor, de color café, es un producto terminado, muy estable, no se pudre, no se fermenta, es un alimento directamente asimilable por la planta, equilibrado, reconstituyente, sin parásitos y con una duración efectiva en los terrenos de cultivos de cinco años. A una humedad de 55 % continúa en la tierra, gracias a las bacterias, descomponiendo los demás productos nutritivos y aireando el suelo. Por ser un coloide retiene la humedad de 16 veces su peso.

#### **2.1.4.1 PROPIEDADES DEL ESTIÉRCOL DE LOMBRIZ**

Mamani (2011), menciona que el estiércol de lombriz está compuesto principalmente por el carbono, oxígeno, nitrógeno e hidrógeno, encontrándose también una gran cantidad de microorganismos. La cantidad de estos elementos dependerán de las características químicas del substrato que dieron origen a la alimentación de las lombrices. El estiércol de lombriz cumple un rol trascendente al corregir y mejorar las condiciones físicas, químicas, biológicas de los suelos influyendo de la siguiente manera:

##### **Propiedades químicas**

Incrementa la disponibilidad de nitrógeno, fósforo y azufre fundamentalmente nitrógeno.

Incrementa la eficiencia de la fertilización, particularmente de nitrógeno.

Estabiliza la reacción del suelo, debido a su alto poder tampón.

Inactiva los residuos de plaguicidas debido a su capacidad de absorción.

Inhibe el crecimiento de hongos y bacterias que afectan las plantas.

##### **Propiedades físicas**

Mejora la estructura, dando soltura a los suelos pesados, compactos, fijan a los suelos sueltos o arenosos, por lo que mejora la porosidad.

Mejora la permeabilidad y ventilación.

Reduce la erosión del suelo.

Incrementa la capacidad de retención de humedad.

Confiere un color oscuro en el suelo ayudando a la retención de energía calorífica.

##### **Propiedades biológicas**

Es fuente de energía la cual incentiva a la actividad microbiana.

Al existir condiciones óptimas de aireación, permeabilidad, pH y otros se incrementa y diversifica la flora microbiana.

#### **2.1.4.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ESTIÉRCOL DE LOMBRIZ**

Fuentes (2007), caracteriza de la siguiente manera.

**Cuadro 1.** Composición química del estiércol de lombriz

Humedad (%)	30 a 45
Materia orgánica (%)	25 a 40
Nitrógeno total (%)	1.5 a 3
Fósforo disponible (%)	1 a 2.5
Potasio disponible (%)	1 a 2
C/N	10
pH	6.5 a 7.5

### 2.1.5 SUBSTRATO ORGÁNICO

Fuentes (2007), indica que el sustrato es la primera capa del lecho, sobre la cual se incorporan las lombrices. El sustrato, que constituye la base del lecho, se forma con sustancias orgánicas. El espesor del sustrato será de unos 15 centímetros en verano y 25 centímetros en invierno. Normalmente, tanto el sustrato como la materia orgánica que sirve de alimento a las lombrices están constituidos por estiércol. Habrá que tener la precaución de utilizar un estiércol descompuesto, cuya temperatura no exceda de los 25 grados centígrados. Cuando el estiércol está en fase de fermentación, su temperatura puede alcanzar los 70 u 80 °C, o incluso más. Estas temperaturas tan elevadas, así como el grado de acidez y los gases que se desprenden durante la fermentación, provocan la muerte de las lombrices. Una vez colocado el sustrato sobre el terreno se riega con agua potable hasta que todo el sustrato quede bien empapado. Esta operación tiene dos finalidades: Reducir la acidez del sustrato, cuando éste la tenga demasiado elevada. Arrastrar el ácido úrico contenido en la urea del estiércol. Después de preparado el sustrato se riega durante tres o cuatro días consecutivos, y posteriormente una vez por semana. En período caluroso se regará cuantas veces haga falta para mantenerlo en buen estado de humedad. Al cabo de un mes, y una vez controlado el grado de acidez, el sustrato está dispuesto para recibir a las lombrices.

Rodríguez (2005), indica que; el tipo de sustrato a ofrecer, la calidad, el pre-composteo y algunos factores ambientales como temperatura, humedad y pH, son básicos para poder mantener un pie de cría de lombriz roja californiana y obtener un buen material resultante de alta calidad llamado abono orgánico. En el sustrato están presentes

microorganismos que aceleran la descomposición; éstos pueden ser bacterias u hongos aeróbicos que actúan en todo el proceso de transformación.

### **2.1.5.1 FACTORES A CONSIDERAR EN EL MANEJO DEL SUBSTRATO CON LOMBRICES**

#### **2.1.5.1.1 TEMPERATURA**

Martínez (2000), señala que la temperatura ideal para el buen desarrollo de la lombriz es de 25 °C; en condiciones controladas, esta es fácil de mantener, sin embargo cuando se trabaja al aire libre se debe de tener un buen control, alcanzarla y mantenerla.

Fuentes (2007), indica que cuando la temperatura desciende por debajo de 14 grados centígrados se debe aumentar la capa de alimento aportado en la superficie de los lechos, cuando la temperatura desciende por debajo de siete grados centígrados las lombrices se aletargan y por consiguiente, no comen ni se reproducen. El calor excesivo también perjudica a la lombriz. El riego rebaja la temperatura del medio ambiente durante los días calurosos.

Según Mirabelli (2008), se puede apreciar una evolución en la temperatura durante el precompostaje, la cual se divide en tres etapas:

*Etapa mesófila*; los microorganismos (microorganismos que viven entre los 20 °C y 40 °C) son los responsables del calentamiento del substrato.

*Etapa termófila*; los microorganismos termófilos se encargan de descomponer los materiales orgánicos con mayor velocidad generando un calor de 40 °C a 70 °C.

*Etapa de maduración*; es la última etapa, en donde la temperatura es igual al del medio ambiente, su duración es más larga comparada con las etapas anteriores.

#### **2.1.5.1.2 HUMEDAD**

Martínez (2000), señala que la lombriz necesita de mucha humedad, ésta es requerida para que pueda moverse dentro de los desechos y facilitar la fragmentación de los mismos, así como para su respiración. La humedad recomendada es del orden de 75 a 80%.

Escobar (2001), manifiesta que la prueba para poder medir el porcentaje de humedad en el substrato se conoce como prueba de puño, la cual consiste en agarrar una cantidad del

substrato con el puño de una mano, posteriormente se le aplica fuerza, lo normal de un brazo, y si salen de 8 a 10 gotas es que la humedad está en un 80% aproximadamente.

#### **2.1.5.1.3 pH**

Martínez (2000), señala que al igual que la temperatura el pH es sumamente importante; lo ideal es que se encuentre entre 6.5 y 7.5, un pH básico o ácido puede ocasionar serios problemas a la lombriz y llegar a ocasionar su muerte. El método más eficiente para medir el pH es utilizando la misma lombriz, ella indicará si el material listo para poder vivir en él.

#### **2.1.5.1.4 RADIACIÓN**

Escobar (2001), menciona que la iluminación natural o artificial, no debe incidir directamente sobre su hábitat, los rayos ultravioletas son mortales para ella, por esta razón, la iluminación natural o artificial no tiene que incidir directamente sobre su hábitat.

#### **2.1.6 ESTIÉRCOL DE VACUNO**

Romero (2010), menciona que el estiércol de vaca es de muy buena calidad, tanto para formar el substrato inicial como para utilizarlo de alimento durante la fase de producción. Necesita un período de maduración o envejecimiento de seis a siete meses. El estiércol de ternero es de peor calidad que el de vaca, sobre todo el procedente de explotaciones que utilizan pienso con un alto contenido de proteínas, que pasan, en parte, a los excrementos. Se puede reducir su contenido proteico añadiendo celulosa en forma de paja o papel triturado. El período de maduración varía de seis a doce meses, según su contenido de proteínas. En este estiércol es imprescindible hacer las pruebas de acidez.

Obando (2008), señala que hay que considerar factores como: *Estiércol fresco*; no es recomendable utilizarlo inmediatamente, hay que precompostearlo, con volteos periódicos por dos semanas hasta que mejore su pH alcalino. *Estiércol maduro*; se considera aquel que tiene más de tres meses, de consistencia semipastosa y su pH se encuentra casi neutro 7 a 8; siendo el adecuado para que se cultiven las lombrices. *Estiércol viejo*; se considera aquel que tiene más de seis meses de haberse producido. Al

moverlo se desmorona, su pH es ácido, por lo tanto, no es recomendable para la crianza ya que puede desarrollarse la plaga, planaria.

### 2.1.6.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE ESTIÉRCOL DE VACUNO

Fuentes (2007), caracteriza de la siguiente manera.

**Cuadro 2.** Composición química del estiércol de vacuno.

Materia seca (%)	15 a 25
Materia orgánica (%)	30 a 45
Nitrógeno total (%)	0.5 a 2
Fósforo disponible (%)	0.2 a 2
Potasio disponible (%)	0.2 a 1
C/N	20 a 30
pH	7.6 a 9

### 2.1.7 LENTEJA DE AGUA

Canales (2009), señala que la lenteja de agua (*Lemna gibba*) se ha ido expandiendo exponencialmente formando una inmensa alfombra verde en la bahía interior del Lago Titicaca. La abundancia de este organismo es causante de que las especies fotosintetizadoras no se desarrollen adecuadamente, puesto que actúa como un paraguas al impedir que los rayos solares penetren a las zonas más profundas. Las especies fotosintetizadoras quedan representadas por las algas y fitoplancton principalmente, siendo estas la base de las cadenas tróficas que en el lago existen. Por lo anterior, se ha calificado a la lenteja de agua como un ente negativo, que debe ser eliminado y es por eso que muchas de las estrategias planteadas no han dado resultados alentadores. En lugar de ello, las estrategias deberían estar direccionadas a un manejo sostenible de la biomasa de la lenteja de agua, de forma que se pueda utilizar en beneficio del mismo lago, y porque no, de la población en general.

### 2.1.7.1 UBICACIÓN TAXONÓMICA

Según Ramírez (2000), clasifica de la siguiente manera:

Reino	:	Plantae
Sub-reino	:	Tracheobionta
División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Liliopsida
Subclase	:	Arecidae
Orden	:	Arales
Familia	:	Lemnaceae
Especie	:	<i>Lemna gibba</i>

### 2.1.7.2 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Ocola y Salas (1995), indican que tiene las siguientes características: *Hojas*; de forma oval redondeada, con una longitud promedio de 2 milímetros, encontrándose individuos solitarios o formando grupos de dos o tres, inclusive en grandes asociaciones en época de inflorescencia. *Flores*; prácticamente microscópicas, nacen de una especie de repliegues de hojas, por regla general se desarrolla dos flores masculinas y una femenina y todo conjunto se ve envuelto por hojas transformadas de consistencia membranosa. *Raíces*; son muy reducidas y aparecen en la cara inferior de la planta en contacto con el agua, presenta dos tipos de reproducción: reproducción sexual con gametos masculinos y femeninos presentándose en un periodo estacional y una reproducción vegetativa o asexual, es decir que una parte de la planta da lugar a una nueva planta, cuyo proceso se presenta en periodos cortos (8 días) y sujeto a las condiciones ambientales. La lenteja de agua se desarrolla en cuerpos acuáticos con poco movimiento o de aguas remansadas, caso típico del Lago Titicaca, lo que facilita su crecimiento.

### 2.1.7.3 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LALENTEJA DE AGUA

Mármol (2008), indica su análisis químico de la siguiente manera.

**Cuadro 3.** Composición química de la lenteja de agua.

Nitrógeno (%)	2.02
Fósforo (%)	1.18
Potasio (%)	0.07
Materia orgánica (%)	35.0
C/N	6.04
C.E.	2.00
Cenizas	22.1

### 2.1.8 COSTOS DE PRODUCCIÓN

Román y Gutiérrez (2005), indican que son los que se generan en el proceso de transformación de materia prima en producto terminado en las que se incluye el costo de materia prima, costo de mano de obra, costos indirectos de fabricación, costo de distribución o ventas, costo de administración y el costo de financiamiento.

#### 2.1.8.1 COSTO TOTAL

Díaz (2002), indica que es la sumatoria de los costos fijos y los costos variables.

$$\text{Costo total} = \text{Costo fijo} + \text{Costo variable}$$

**Costos fijos:** Son los que permanecen constantes durante un periodo determinado, sin importar si cambia el volumen. El volumen de producción puede medirse en horas hombre, horas máquina, unidad productiva etc.

**Costos variables:** Son aquellos que cambian o fluctúan en relación directa con una actividad o volumen dado.

### 2.1.8.2 INGRESOS

Román y Gutiérrez (2005), señala que se refiere a las entradas en efectivo, se definen volumen de la producción y por los precios de venta de bienes y servicios.

**Ingreso total:** Es el valor que se obtiene de la multiplicación del rendimiento por el precio de venta.

$$\text{Ingreso total} = \text{Rendimiento} * \text{Precio}$$

**Ingreso neto:** Es la diferencia entre ingreso total y el costo total.

$$\text{Ingreso neto} = \text{Ingreso total} - \text{Costo total}$$

**Rentabilidad:** Mide la eficiencia con la cual utilizan los recursos financieros.

$$\text{Rentabilidad} = \frac{\text{Ingreso neto}}{\text{Costos}} * 100$$

**Relación Beneficio/Costo:** Es un criterio tradicional utilizado en la evaluación de proyectos. Se define como la relación entre los beneficios y costos actualizados de un proyecto. La relación beneficio-costo debe ser mínimo 1. Cualquier valor menor es motivo para rechazar la inversión, ya que los beneficios serían menores que los costos.

$$\text{Relación B/C} = \frac{\text{Ingreso neto}}{\text{Costo total}}$$

## 2.2 MARCO CONCEPTUAL

### **Biomasa de la lombriz**

Es la cantidad de masa viva de las lombrices presentes en un ecosistema determinado, generalmente las mediciones están expresadas en miligramos y gramos.

### **Prolifisidad de la lombriz**

Es el comportamiento del crecimiento poblacional de las lombrices, bajo diferentes circunstancias de temperatura, humedad, tipo de substrato, etc.

### **Estiércol de lombriz**

Se denomina estiércol de lombriz a los excrementos de las lombrices dedicadas especialmente a transformar los residuos orgánicos y también a los que producen las lombrices de tierra como sus desechos de digestión.

### **Eutrofización del agua**

Es la determinación de su estado trófico (del griego Trofein = alimento) o estado de alimentación, el término eutrofización designa el proceso que presentan algunos sistemas acuáticos dado por el aumento del aporte de fósforo y nitrógeno desde la cuenca del drenaje que se manifiesta en una intensa proliferación y acumulación excesiva de microalgas y plantas superiores.

### **Inoculación de la lombriz**

En lombricultura es la incorporación de las lombrices a un medio de substrato orgánico para su alimentación y para la producción de abonos orgánicos.

### **Precompostaje**

Se denomina precompostaje, a todos aquellos procedimientos que se realizan antes de la conformación de las parvas o camellones, y tienen como objetivo acondicionar la masa de residuos para optimizar el bioproceso. Algunos de estos procedimientos son: Balance de nutrientes (corrección de la relación C/N), corrección del pH y el triturado.

### **Estiércol**

Son los excrementos de los animales, cuyos resultados vienen a ser como desechos del proceso de gestión de los alimentos que estos consumen.

## **2.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **HIPÓTESIS GENERAL**

- El comportamiento biológico de la lombriz roja californiana varía según la proporción de la mezcla de los substratos orgánicos utilizados en su alimentación.

### **HIPÓTESIS ESPECÍFICO**

- La biomasa de la lombriz alimentada con proporciones diferentes de lenteja de agua y estiércol de vacuno presenta variaciones durante la bioconversión.

- La prolificidad de la lombriz roja californiana en medio dos substratos orgánicos puros y combinados varía de acuerdo al tipo de alimentación.
- La composición química del estiércol de lombriz producido a partir de proporciones diferentes de lenteja de agua y estiércol de vacuno aumenta su contenido en nutrientes.
- Los costos de producción y rentabilidad económica en la obtención de estiércol de lombriz a partir de dos substratos orgánicos puros y combinados son diferentes para cada tipo de sustrato.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

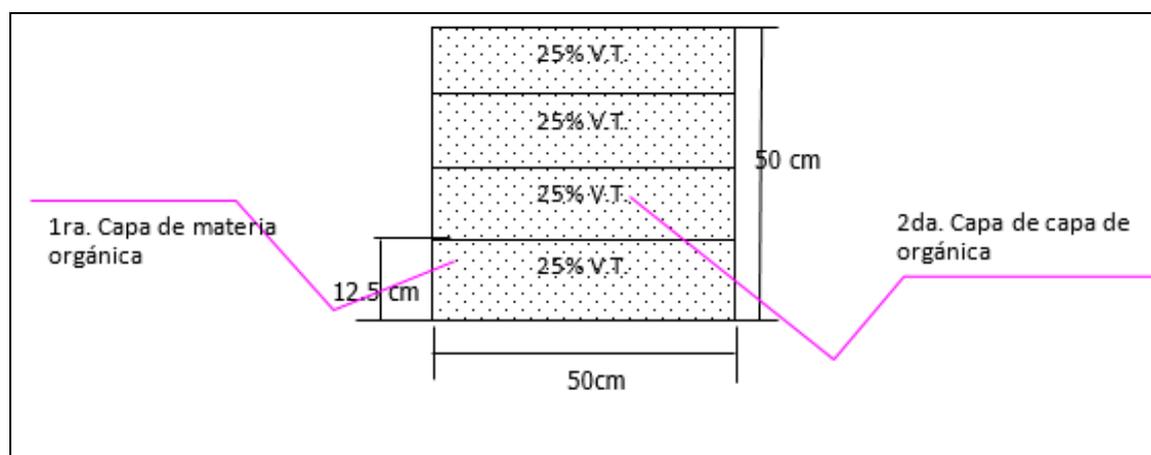
#### 3.1 METODOLOGÍA

El estudio comprendió una fase de campo; que correspondió a la combinación de los tratamientos, instalación de pilas, precompostado de los substratos, alimentación de las lombrices, una fase de laboratorio; que incluye el análisis de composición química del estiércol de lombriz roja californiana.

##### 3.1.1 FASE DE CAMPO

###### 3.1.1.1 COMBINACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Para la combinación de los tratamientos se utilizó una moldera de triplay con forma de un cubo, con medidas de 50 cm de altura, 50 cm de ancho y 50 cm de largo. Se mezcló lenteja de agua fresco y estiércol de vacuno, este último como fuente de celulosa, por su carga microbiana y porque en general los estiércoles son una fuente importante de nutrimentos. Los tratamientos, se obtuvieron realizando combinaciones de ambas fuentes de materia orgánica en proporciones porcentuales de volumen/volumen (% V. Estiércol vacuno /% V. Lenteja de agua), para el cual se dividió la moldera de 0.125 m<sup>3</sup> en cuatro partes iguales de volumen, posteriormente se pesó el contenido de estiércol de vacuno y lenteja de agua por cada porcentaje de volumen, similar a lo realizado por Barrios (2016).



**Figura 1.** Combinación de los tratamientos

En donde: Volumen total (V.T.) = 0.125 m<sup>3</sup>

Los tratamientos fueron:

T1 = 0%L+100%E = 0% lenteja de agua, 100% estiércol de vacuno

T2 = 25%L+75%E = 25% lenteja de agua, 75% estiércol de vacuno

T3 = 50%L+50%E = 50% lenteja de agua, 50% estiércol de vacuno

T4 = 75%L+25%E = 75% lenteja de agua, 25% estiércol de vacuno

T5 = 100%L+0%E = 100% lenteja de agua, 0% estiércol de vacuno

En donde: L= lenteja de agua; E= Estiércol de vacuno.

**Cuadro 4.** Combinación de sustratos

Clave	Tratamiento	Peso (kg)			Volumen (m <sup>3</sup> )	
		Lenteja de agua	Estiércol de vacuno	Total	Lenteja de agua	Estiércol de vacuno
T1	0%L+100%E	0.0	26.0	26.0	0.00000	0.12500
T2	25%L+75%E	7.5	19.5	27.0	0.03125	0.09375
T3	50%L+50%E	15.0	13.0	28.0	0.06250	0.06250
T4	75%L+25%E	22.5	6.5	29.0	0.09375	0.03125
T5	100%L+0%E	30.0	0.0	30.0	0.12500	0.00000

% Humedad de la lenteja de agua= 88.9%

% Humedad del estiércol de vacuno= 23%

### 3.1.1.2 PRECOMPOSTADO DE LOS SUBSTRATOS

Se establecieron un total de 15 unidades experimentales, las cuales fueron puestas en pilas sobre un manto de yute y cubiertas con un plástico de polietileno con el fin de elevar la temperatura y para una mejor aireación se colocó tubos perforados en forma de chimenea, los sustratos preparados fueron precompostados por un periodo de 90 días con la finalidad de estabilizar el pH ácido de la lenteja de agua y el pH alcalino del estiércol utilizado.

### 3.1.1.3 INOCULACIÓN DE LOMBRICES

La inoculación de las lombrices se realizó una vez que los sustratos llegaron tener su pH entre 6.5 a 7.5 y temperatura promedio de 25°C, estas condiciones de temperatura y pH se presentaron en la semana 12 en todos los sustratos, posteriormente se seleccionó lombrices adultas con presencia de clitelio, con un peso promedio de 0.4 gramos y con

una longitud de 5 cm de coloración rojo oscuro. Posteriormente a las lombrices seleccionadas para la inoculación se les hizo entrar en periodo de ayuno por 48 horas, esto con el fin de facilitar su adaptación al nuevo tipo de alimento. Posteriormente se inoculó 50 lombrices a cada unidad experimental, a la altura de la tercia parte de cada pila o montón.

#### **3.1.1.4 CONTROL DE LA BIOMASA Y PROLIFERACIÓN DE LA LOMBRIZ ROJA**

Las mediciones de peso de las lombrices inoculadas se realizaron con una balanza analítica al inicio y al final del experimento que fue a los 90 días. Para los datos de reproducción, se llevaron a cabo 2 conteos de cápsulas de forma manual, uno a los 45 días de establecido el experimento y otro a los 90 días. Simultáneamente, se realizó conteos de individuos presentes en cada unidad experimental para determinar la distribución poblacional; para ello se separó por tamaño en individuos, Infantes: categoría A (<2 cm) y juveniles: categoría B (>2 cm), categorización similar a la desarrollada por Schuldt *et al.* (2005).

#### **3.1.2 FASE DE LABORATORIO**

Para realizar el análisis de composición química del estiércol de lombriz producido, se tomó muestras de un kilogramo por cada tratamiento con sus respectivas claves de identificación y determinar los siguientes parámetros; porcentaje materia orgánica (M.O.), nitrógeno(N), fósforo ( $P_2O_5$ ), potasio ( $K_2O$ ) y reacción (pH), éstos análisis fueron efectuados en el laboratorio de análisis de suelos INIA-Puno, por los siguientes métodos: potenciómetro (pH), Walkley-Blak (materia orgánica), Semimicrokjeldahl (Nitrógeno), Metavanadato de Amonio (fósforo) y Fotómetro de Flama (potasio).

#### **3.1.3 ESTIMACIÓN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN Y RENTABILIDAD ECONÓMICA**

Para la estimación de costos se utilizaron los precios de los productos del mercado actual de la Región Puno, para el cual los costos fueron los siguientes.

**Cuadro 5.** Precio de materiales.

Material	Unidad	Cantidad	Precio S/.
Lenteja de agua	Kg	1	0.00
Estiércol de vacuno	Kg	50	5.00
Lombriz roja	Kg	1	15.00
Estiércol de lombriz	Kg	1	2.00

Fuente: Propia

Para la obtención de costos de producción de estiércol de lombriz a partir de 1 m<sup>3</sup> de sustrato, se multiplicó por 8 los costos obtenidos en un volumen de 0.125 m<sup>3</sup> de sustrato. Para los cuales se utilizaron las siguientes fórmulas.

$$\text{Costo total} = \text{Costo fijo} + \text{Costo variable}$$

$$\text{Ingreso total} = \text{Rendimiento} * \text{Precio}$$

$$\text{Ingreso neto} = \text{Ingreso total} - \text{Costo total}$$

### 3.2 MATERIAL EXPERIMENTAL

#### 3.2.1 MATERIAL BIOLÓGICO

##### 3.2.1.1 LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (*Eisenia foetida*)

Los invertebrados utilizados en la investigación correspondieron a lombrices adultas con presencia de clitelio con un peso promedio de 0.4 gramos y con una longitud de 5 cm. Se utilizó lombrices de procedencia del Distrito de Paucarcolla, Provincia de Puno, las mismas que pertenecen a una crianza técnica a cargo de un Bachiller en Ciencias Agrarias.

##### 3.2.1.2 ESTIÉRCOL DE VACUNO

Se utilizó estiércol proveniente del estercolero del Centro de Investigación y Producción (CIP\_ Illpa) de la Universidad Nacional del Altiplano. El estiércol correspondió a vacunos de edad adulta alimentadas con pastos naturales, alfalfa y de forrajes de corte

almacenados en el mismo centro. El estiércol escogido para el trabajo de investigación tuvo una humedad de 23%, con un tiempo de maduración promedio de cuatro semanas.

### **3.2.1.3 LENTEJA DE AGUA (*Lemna gibba*)**

La lenteja de agua se recolectó el día 18 de noviembre del malecón ecoturístico de la bahía interior del Lago Titicaca de la ciudad de Puno. La técnica de recolección fue manual con envases plastificados con agujeros tipo canasta, la lenteja de agua recolectada se depositó en bolsas de plástico, para su posterior traslado al lugar donde se ejecutó el trabajo de investigación. La cantidad de lenteja de agua recolectada fue de 243 Kg.

### **3.2.2 INSTRUMENTOS Y MATERIALES DE CAMPO**

- Manguera de 1 pulg. (15 m)
- 15 mantos de yute 1 m<sup>2</sup>
- 1 pala
- Lenteja de agua (225 Kg)
- Estiércol de vacuno (195 Kg)
- Un par de guantes
- 15 Plásticos de polietileno de 1 m<sup>2</sup>
- 15 Tubos PVC de,  $\phi=2$  pulg., L=60 cm.

### **3.2.3 INSTRUMENTOS Y MATERIALES DE LABORATORIO**

- Balanza analítica
- Pinza
- Lupa
- Estufa de secado
- Espectrofotómetro calorimétrico
- Conductivímetro
- Destilador por arrastre de vapor
- Destilador kjeldahl
- Digestor de tubos
- Mufla

### 3.2.4 MATERIALES Y/O EQUIPOS DE MEDICIÓN

- Geotermómetro
- Potenciómetro
- Cinta métrica
- Moldera 50cm\*50cm\*50cm (0.125 m<sup>3</sup>)
- 1 Romana de capacidad de 50 Kg.

### 3.3 OBSERVACIONES REALIZADAS

Las observaciones realizadas durante la realización del proyecto de investigación fueron:

#### 3.3.1 TEMPERATURA DE LOS SUBSTRATOS

La medición de las temperaturas se realizó del inicio al final del experimento con un geotermómetro, los registros fueron tomados semanalmente (cada 7 días), al inicio los substratos mostraron temperaturas similares al del medio ambiente, para la tercera semana la temperatura en el tratamiento T1 (0%L+100%E) se elevó hasta 43.70 °C, mientras que en el tratamiento T5 (100%L+0%E) su temperatura se elevó a la cuarta semana alcanzando 21.30 °C, para la semana 12 los substratos bajaron sus temperaturas que oscilaron entre 20.03 °C (100%L+0%E) y 26.93 °C (0%L+100%E), posterior a la semana 12 los substratos mantuvieron sus temperaturas en un rango de 25 °C a 19 °C (cuadro 44).

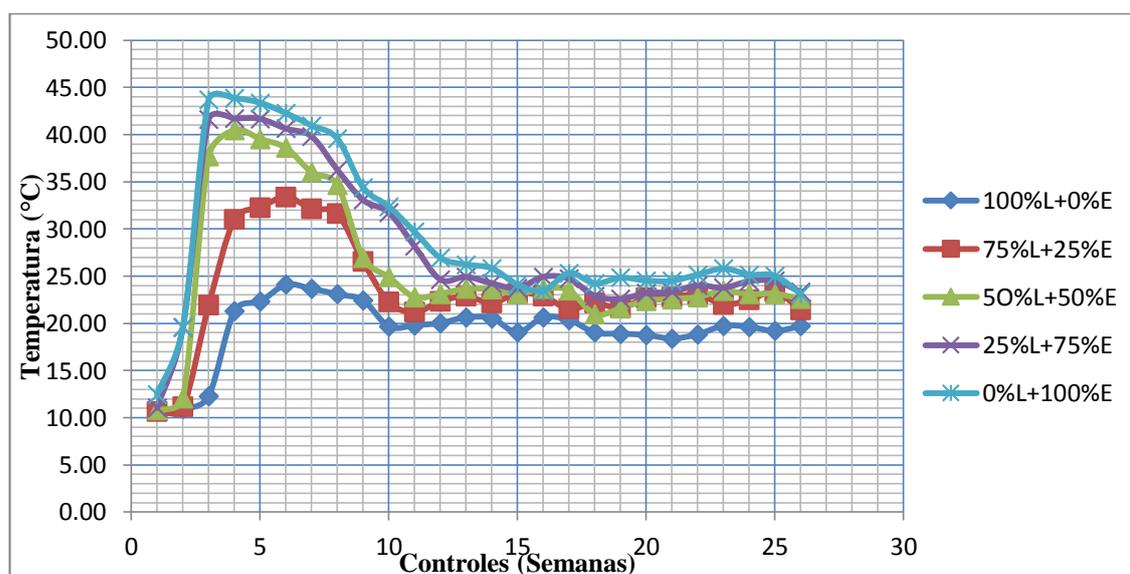


Figura 2. Temperatura de los substratos por 180 días.

### 3.3.2 MEDICIÓN DE PH DE LOS SUBSTRATOS

El pH de los substratos se registró cada siete días con un potenciómetro marca HANNA, para la primera semana del experimento el pH más alcalino se registró en el tratamiento T1 (0%L+100%E) con 8.74, mientras que en el tratamiento T5 (100%L+0%E) se registró el pH más ácido de 5.02, la estabilización de pH en el tratamiento T1 (0%L+100%E) fue la más rápida llegando a tener un pH de 8.05 a la tercera semana, mientras que para el tratamiento T5 (100%L+0%E) su estabilización fue la más lenta, para el final del experimento el pH registrado en los substratos fue cercano a neutro las mismas que oscilaron 6.82 y 7.89 (cuadro 43).

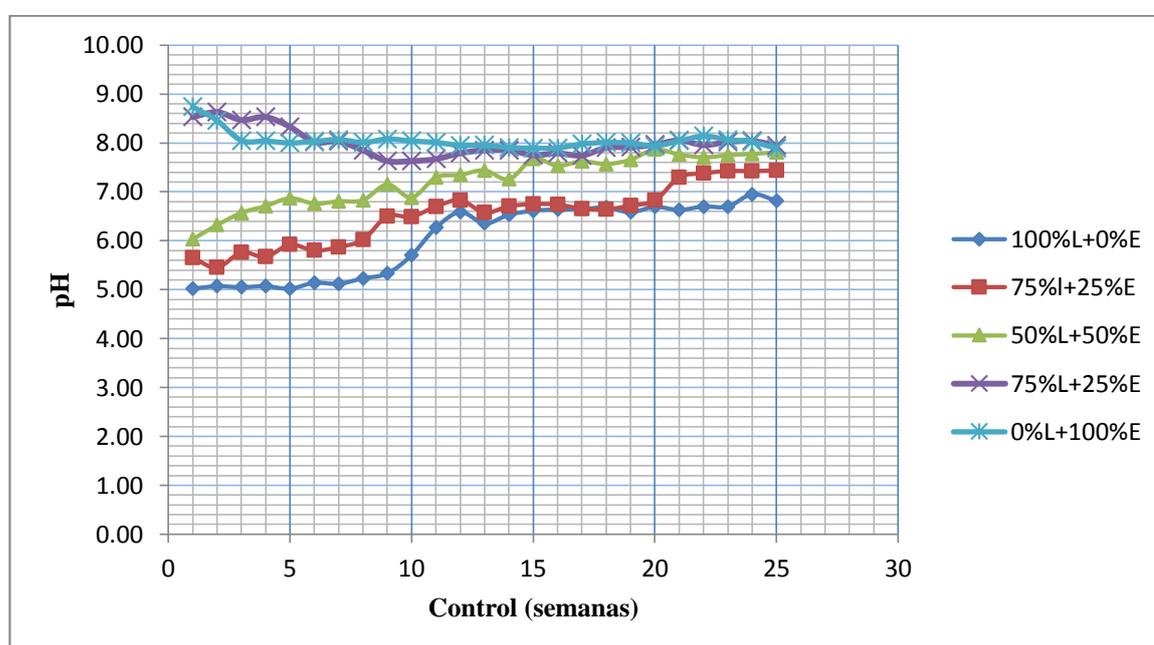


Figura 3. pH de los substratos por 180 días.

### 3.3.3 CONTROL DE HUMEDAD

Para mantener una adecuada humedad se hizo un manejo cuidadoso de riego, y para su control respectivo se realizó la prueba de puño, la cual consistió en agarrar una cantidad del substrato con el puño de una mano, posteriormente se le aplicó la presión normal de un brazo, si salían de 8 a 10 gotas se tomó como indicativo de que la humedad estuvo en un 80% aproximadamente, este tipo de prueba se realizó para cada riego aplicado al substrato (Escobar, 2001).

### 3.3.4 RELACIÓN SUBSTRATO Y ESTIÉRCOL DE LOMBRIZ

La medición del volumen y peso de los sustratos se realizó al inicio y al final del experimento, para el cual se utilizó una moldera de 0.125 m<sup>3</sup> y una cinta métrica, la mayor reducción de volumen al final del experimento se registró en el tratamiento T5 (100%L+0%E) lográndose obtener el 12.8% del volumen inicial con 8.3 kg de sustrato, mientras que en el tratamiento T1 (0%L+100%E) se registró una menor reducción de volumen de sustrato lográndose obtener el 56% del volumen inicial (0.125 m<sup>3</sup>) con 49 kg.

**Cuadro 6.** Cantidades sustrato y estiércol de lombriz.

Tratamientos	Inicio				180 días			
	Altura (cm)	Vol. Inc. (m <sup>3</sup> )	% Vol.	Peso (Kg)	Altura (cm)	Vol. Final (m <sup>3</sup> )	% vol.	Peso (Kg)
T1	50	0.125	100	26	28	0.070	56.0	49.0
T2	50	0.125	100	27	24	0.060	48.0	33.0
T3	50	0.125	100	28	12.7	0.032	25.6	24.3
T4	50	0.125	100	29	10.7	0.027	21.6	13.0
T5	50	0.125	100	30	6.5	0.016	12.8	8.3

### 3.3.5 ANÁLISIS DE AGUA DE RIEGO

El agua utilizada para el riego de los sustratos durante el proceso de bioconversión; fue procedente de un manantial, en donde caño se encuentra ubicada a pocos metros donde se instalaron las unidades experimentales del trabajo de investigación, los resultados obtenidos indican que pertenece a la clasificación C2S1 (agua de salinidad media y baja en sodio, según la evaluación de la calidad de agua para riego U.S.D.A.).

**Cuadro 7.** Análisis químico de agua utilizado para el riego.

Ph	7,58
C.E. mmhos/cm 25°C	0,286
Calcio (como Ca <sup>++</sup> ) meq/l	1,80
Magnesio (como Mg <sup>++</sup> ) meq/l	0,40
Sodio (como Na <sup>+</sup> ) meq/l	0,38
Potasio (como K <sup>+</sup> ) meq/l	1,45
CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	0,00
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,80
Cloruros (como Cl <sup>-</sup> ) meq/l	0,10
Sulfatos (como SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> ) meq/l	1,12
Nitratos (como NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) meq/l	2,00
SAR	0,36
Clasificación	C2S1

**Fuente:** Laboratorio de análisis de aguas y suelos INIA.

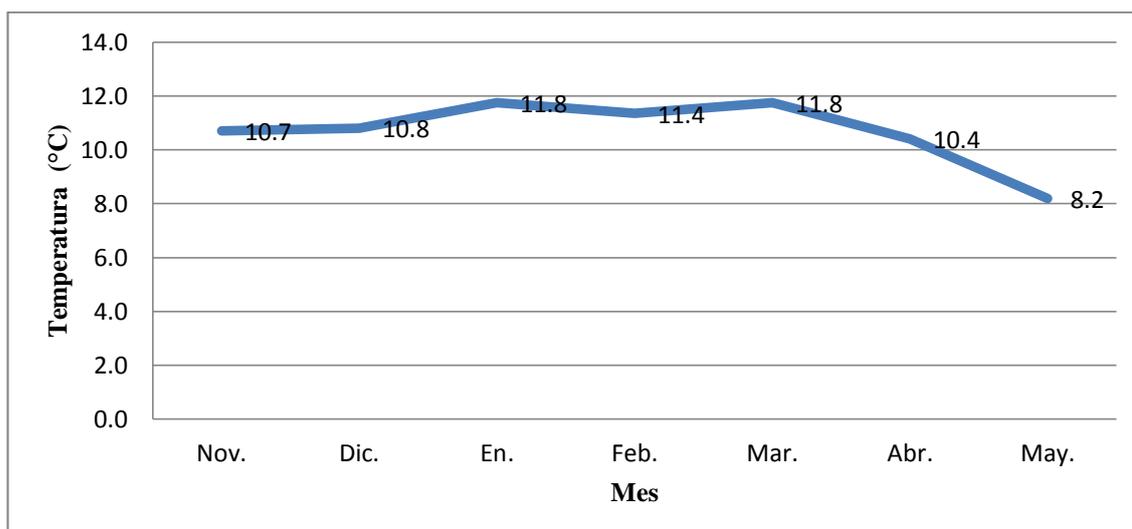
### 3.3.6 TEMPERATURAS DEL MEDIO EXPERIMENTAL

La temperatura ambiental se midió con un termómetro ambiental, registrándose las temperaturas máximas y las mínimas durante el proceso de bioconversión. El registro de las temperaturas se realizó en dos momentos a las 6:00 am y a las 2:00 pm, como se muestra en el siguiente cuadro.

**Cuadro 8.** Registros de temperaturas ambientales.

Mes	T°C 6:00 a.m.	T°C 2:00 p.m.	T°C media
Noviembre	5.7	15.7	10.7
Diciembre	4.9	16.7	10.8
Enero	6.1	17.4	11.8
Febrero	5.6	17.1	11.4
Marzo	6.6	16.9	11.8
Abril	4.1	16.7	10.4
Mayo	1.6	14.8	8.20

**Fuente:** Propia



**Figura 4.** Temperaturas medias durante la bioconversión.

En la figura 4, se observa que las temperaturas medias durante la bioconversión tienen una tendencia regularmente uniforme, empezando a bajar del mes de marzo a mayo, además la temperatura más baja se registró en el mes de mayo el cual fue de 8.2 °C y la temperatura más alta se registró en el mes de enero con 11.8 °C (cuadro 8).

### 3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

#### 3.4.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

- Estiércol de vacuno
- Lenteja de agua

#### 3.4.2 VARIABLE DEPENDIENTE

- Lombriz roja californiana (biomasa y prolificidad)

#### 3.4.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental empleado para el trabajo de investigación fue bloque completo al azar (DBCA) con cinco tratamientos y tres repeticiones.

El modelo matemático utilizado fue:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_j + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  : Variable de respuesta

$\mu$  : Media poblacional general

$\beta_j$  : Efecto del j-ésimo bloque

$\tau_i$  : Efecto del i-ésimo tratamiento

$\varepsilon_{ij}$  : Efecto del error experimental.

**Cuadro 9.** ANVA del diseño bloque completo al azar (fórmulas).

<b>F. de V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M</b>	<b>Fc</b>
Bloques	$r - 1 = 2$	$\sum_{j=1}^r \frac{Y^2 \cdot j}{t} - TC$	$\frac{S.C. \text{ bloq.}}{r - 1}$	$\frac{C.M. \text{ bloq.}}{C.M. \text{ error}}$
Tratamiento	$t - 1 = 4$	$\sum_{i=1}^t \frac{Y^2 i}{r} - TC$	$\frac{S.C. \text{ Trat.}}{t - 1}$	$\frac{C.M. \text{ trat.}}{C.M. \text{ error}}$
Error experimental	$(t-1)(r-1) = 8$	$\sum_{r=1}^t \sum_{t=1}^r Y^2 ij - \sum_{j=1}^r \frac{Y^2 \cdot j}{t} - \sum_{i=1}^t \frac{Y^2 i}{r} + TC$	$\frac{S.C. \text{ error}}{(t - 1)(r - 1)}$	
Total	$t*r - 1 = 14$	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r Y^2 - TC$		

Para la prueba de comparación múltiple de medias se utilizó la prueba de comparación múltiple de Tukey al 5%.

## CAPÍTULO IV

### CARACTERÍSTICAS DEL AREA DE INVESTIGACIÓN

#### 4.1 ÁMBITO DE ESTUDIO

El trabajo de investigación se llevó a cabo en terrenos del Centro regional de estudios de agricultura alternativa (CREAA – La Chira) de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano, cuya ubicación geográfica es:

- UTM este : 392743
- UTM norte : 8244235
- Altitud : 3825 m.s.n.m.
- Distrito : Puno
- Provincia : Puno
- Departamento : Puno
- Lugar : FCA-UNA-Puno

#### 4.2 FECHA Y DURACIÓN

El experimento se realizó de 22 noviembre 2014 a 16 mayo de 2015 considerando 90 días de precompostado y 90 días de alimentación de la lombriz.

## CAPÍTULO V

### EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 5.1 BIOMASA DE LA LOMBRIZ ROJA ALIMENTADAS CON PROPORCIONES DIFERENTES DE LENTEJA DE AGUA Y ESTIÉRCOL DE VACUNO

En el cuadro 10; se muestra la biomasa promedio de la lombriz roja inoculada para cada tratamiento, con un tiempo de alimentación de 90 días y su análisis de varianza respectiva en el cuadro 11.

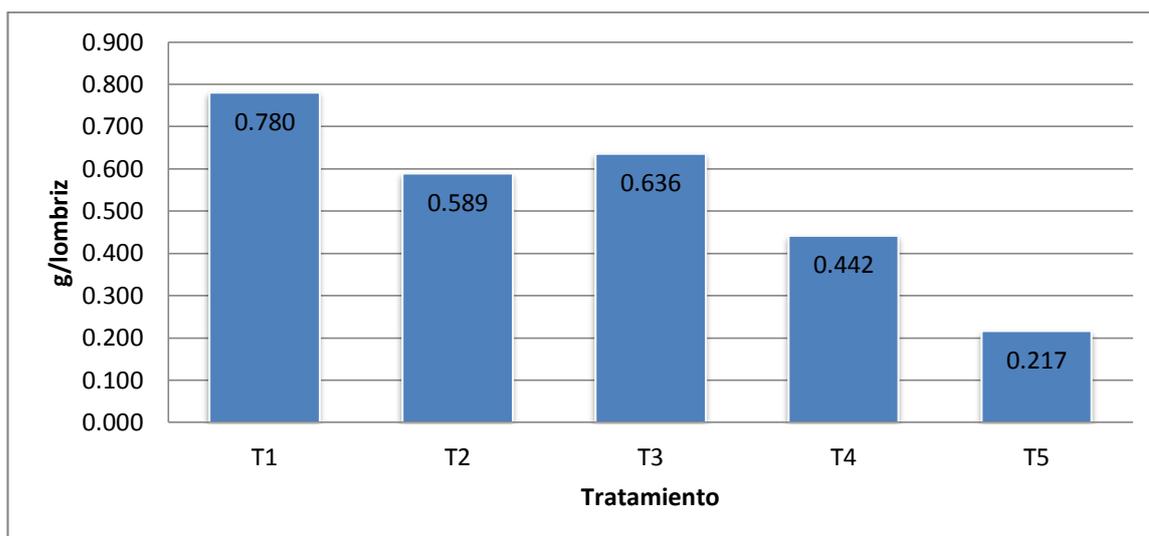
**Cuadro 10.** Biomasa de la lombriz inoculada.

Clave	Tratamiento	N° Lombrices inoculadas	Biomasa inicial (g)	Biomasa final (g)	Ganancia de Biomasa (g)	Tiempo de alimentación
T1	0%L +100%E	50	0.400	0.780	0.380	90 días
T3	50%L + 50%E	50	0.399	0.636	0.237	90 días
T2	25%L +75%E	50	0.400	0.589	0.189	90 días
T4	75%L + 25%E	50	0.397	0.442	0.045	90 días
T5	100%L + 0%E	50	0.398	0.217	-0.181	90 días

Al final del experimento el mayor peso obtenido de los individuos inoculados en los substratos, fue en el tratamiento T1 (0%L + 100%E) obteniéndose un peso promedio de 0.780 g/lombriz, el segundo mejor resultado se obtuvo en el tratamiento T3 (50%L + 50%E) con 0.636 g/lombriz, mientras que en el tratamiento T5 (100%L + 0%E) se obtuvo 0.217 g/lombriz con una disminución de peso de -0.181g/lombriz con respecto al peso inicial.

La temperatura y el pH de los substratos probablemente favorecieron en el consumo de alimento por parte de la lombriz, puesto que en el tratamiento T1 se registraron las temperaturas más altas (cuadro 44), además cabe señalar que el pH de los substratos con tendencia a lo alcalino no afecta en el normal desarrollo de la lombriz.

Martínez (2000), señala que la temperatura ideal para el buen desarrollo de la lombriz es de 25 °C y un pH de 6.5 a 7.5.



**Figura 5.** Biomasa de la lombriz roja al final del experimento

Las diferencias en el peso de las lombrices en los tratamientos T1, T2 Y T3; probablemente se deban a la influencia de la densidad poblacional de las lombrices y a la proporción del estiércol vacuno y lenteja de agua, en los substratos, las cuales son corroborados por Romero (2010) quien indica que el estiércol de vacuno es de muy buena calidad, tanto para formar substrato inicial como para utilizar de alimento para las lombrices, mientras que Hernández (2006) señala que los restos vegetales mejoran las condiciones nutritivas de los estiércoles de origen animal.

Por otro lado Schuldt (2001), señala que la biomasa de la lombriz está directamente relacionada a la disponibilidad de alimento para las lombrices. Lo que pudo haber ocurrido en los tratamientos T4 y T5, las cuales dan a entender que la lenteja de agua en proporciones mayores en los substratos, posiblemente influye de forma negativa en la biomasa de la lombriz roja.

Los resultados de biomasa de la lombriz obtenidos en los tratamientos T1, T3 y T2 concuerdan con lo encontrado por Ramos (2008) quien reporta una diferencia de peso en las lombrices de 0.49 g. a 0.76 g. al utilizar substratos formados por estiércol de vacuno y residuos de totora, a la vez reporta también que la mayor biomasa de las lombrices se obtuvo del substrato formado por 80% estiércol de vacuno y 20% estiércol de vacuno.

**Cuadro 11.** Análisis de varianza para la biomasa de las lombrices adultas.

F.de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft (0.05)	Ft (0.01)	Signif.
Bloque	2	0.010	0.005	5.00	4.46	8.65	*
Tratamiento	4	0.549	0.137	137.25	3.84	7.01	**
Error exp.	8	0.008	0.001				
Total	14	0.567					

Realizado el análisis de varianza para la biomasa de las lombrices alimentadas con proporciones de mezclas diferentes de sustrato (lenteja de agua y estiércol de vacuno), se determinó que existe una diferencia altamente significativa a nivel de los tratamientos, así mismo el coeficiente de variabilidad obtenido fue de 5.78% el mismo que se considera como aceptable.

**Cuadro 12.** Prueba de comparación de Tukey para la biomasa de lombriz.

Orden de mérito	Clave	Tratamiento	Promedios	Tukey ( $p \leq 0.05$ )
1	T1	0%L +100%E	0.780 g	a
2	T3	50%L + 50%E	0.636 g	b
3	T2	25%L +75%E	0.589 g	b
4	T4	75%L + 25%E	0.442 g	c
5	T5	100%L + 0%E	0.217 g	d

Realizada la prueba de comparación múltiple de Tukey (cuadro 12); existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos, el tratamiento T1 es superior a T3 y T2, y estos son superiores a los tratamientos T4 y T5. De las cuales se puede deducir que el estiércol de vacuno en proporciones mayores (0%L+100%E, 25%L+75%E, y 50%L+50%E) en los sustratos influyen en el incremento de biomasa de la lombriz, mientras que en proporciones mayores de lenteja de agua (75%L+25%E y 100%L+0%E), las lombrices muestran una disminución en su biomasa. La lenteja de agua y el estiércol de vacuno precompostado mejoran las condiciones nutritivas de los sustratos, además la temperatura y el pH de los sustratos en condiciones óptimas favorecen en la alimentación de la lombriz.

**5.2 PROLIFISIDAD DE LA LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA EN MEDIO DE DOS SUBSTRATOS ORGÁNICOS PUROS Y COMBINADOS.**

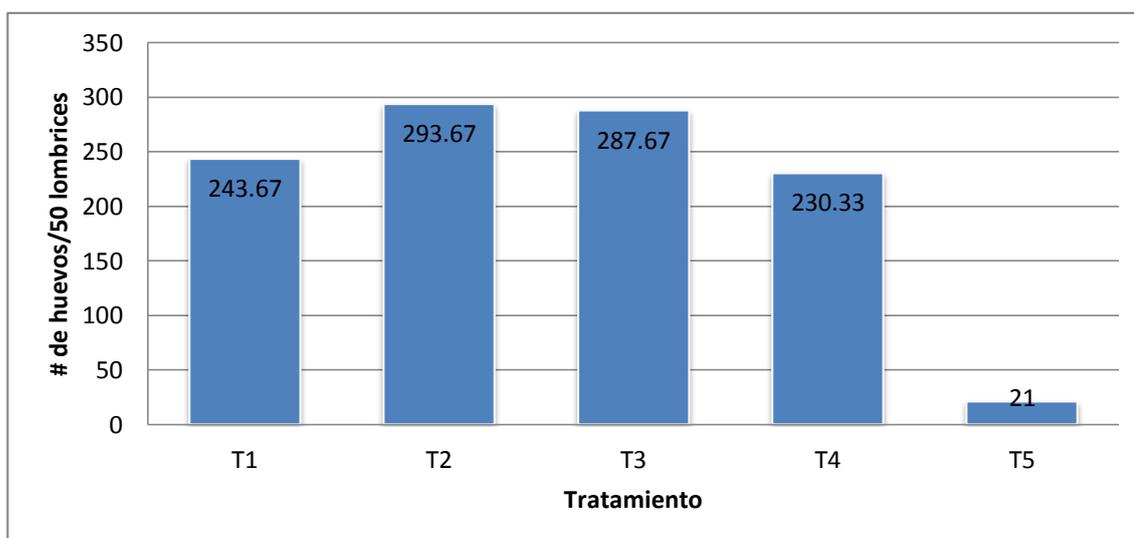
**5.2.1 PROLIFISIDAD DE NÚMERO DE HUEVOS A LOS 30 DÍAS**

La proliferación del número de huevos a los 30 días se observa en el cuadro 13 y su análisis de varianza en el cuadro 14.

**Cuadro 13.** Proliferación del número de huevos a los 30 días.

Orden	Clave	Tratamiento	N° de lombrices inoculadas	Número de huevos	Tiempo de alimentación	Rango de postura
1	T2	25%L + 75%E	50	293.67	30 días	5.1
2	T3	50%L + 50%E	50	287.67	30 días	5.2
3	T1	0%L + 100%E	50	243.67	30 días	6.2
4	T4	75%L + 25%E	50	230.33	30 días	6.5
5	T5	100%L + 0%E	50	21.00	30 días	71.4

La mayor proliferación de huevos a los 30 días, se obtuvo en el tratamiento T2 (25%L + 75%E) con 293.67 huevos, su rango de postura fue de 5.1 días, seguido de este resultado en el tratamiento T3 (50%L + 50%E) se obtuvo 287.67 huevos, en cambio en el tratamiento T5 (100%L + 0%E) se obtuvo una baja producción de huevos con un promedio de 21 huevos.



**Figura 6.** Proliferación del número de huevos a los 30 días.

La mayor diferencia de prolificidad de número de huevos a los treinta días, en los tratamientos, posiblemente esté atribuido a que la mezcla en el sustrato entre estiércol de vacuno y lenteja de agua, presentan una mayor diversidad de sustancias disponibles para la alimentación de las lombrices, lo cual estaría incentivando su frecuencia de acoplamiento y rango de postura. García (2013) aconseja cambiar semanalmente el tipo de sustrato o de mezcla orgánica a utilizar, de esta manera las lombrices no se cansan de comer y así se acoplan más, después de haber comido.

Hernández (2005), señala que la *Eisenia foetida* tiene la capacidad de colocar 2 huevos por semana esto representa una cápsula cada 3 días, pero Mamani (2011) indica que la lombriz roja californiana tiene la capacidad de colocar un huevo cada 4 a 10 días, estas descripciones concuerdan con los resultados encontrados en el presente trabajo de investigación en los tratamientos T1, T2, T3 y T4, pero no obstante algunos estudios realizados por Schuldt *et. al.*, (2005) y Ramos (2008), reportan la capacidad de colocar una cápsula cada 1 a 2 días, este potencial lo obtuvieron al proveer como alimento a las lombrices sustratos de 85% estiércol de vacuno y 25% de restos vegetales.

Sandoval (2006), al utilizar sustrato a base de diferentes estiércoles en ambiente natural y controlado determinó la prolificidad de número de huevos durante un periodo de 180 días de alimentación de las lombrices, en el que señala que al utilizar sustrato a base de 100% estiércol de vacuno, obtuvo 712 huevos o capsulas al inocular 15 lombrices cliteliadas.

**Cuadro 14.** Análisis de varianza para la proliferación de huevos a los 30 días.

F. de V.	GL.	SC.	CM.	Fc	Ft (0.05)	Ft (0.01)	Signif.
Bloques	2	166.80	83.40	0.24	4.46	8.65	ns
Tratamiento	4	148407.73	37101.93	107.00	3.84	7.01	**
Error exp.	8	2773.87	346.73				
Total	14	151348.40					

Los resultados obtenidos al ser sometidos al análisis de varianza, evaluando el número de huevos a los 30 días, se observa que existe una diferencia estadística altamente

significativa entre los tratamientos difieran unos de otros, de la misma manera se obtuvo un coeficiente de variabilidad de 8.65%.

**Cuadro 15.** Prueba de comparación de Tukey para número de huevos a los 30 días.

Orden	Clave	Tratamiento	Promedio	Tukey ( $p \leq 0.05$ )
1	T2	25%L + 75%E	293.67	a
2	T3	50%L + 50%E	287.67	a
3	T1	0%L + 100%E	243.67	a b
4	T4	75%L + 25%E	230.33	b
5	T5	100%L + 0%E	21.00	c

Para una mejor apreciación e interpretación se realizó la prueba de comparación múltiple de Tukey (cuadro 15), en donde es ratificado que existe diferencia estadística entre los tratamientos, los tratamientos T2, T3 y T1 son superiores a los tratamientos T4 y T5, además los tratamiento T1 y T4 son similares estadísticamente y superiores a T5. Las cuales ratifican que la mezcla entre lenteja de agua y estiércol de vacuno en proporciones de: 25%L+75%E, 50%L+50%E y 0%L+100%E proveen de mayor cantidad de sustancias nutritivas a la lombriz para la postura de huevos.

### 5.2.2 PROLIFISIDAD DE NÚMERO DE HUEVOS AL FINAL DEL EXPERIMENTO

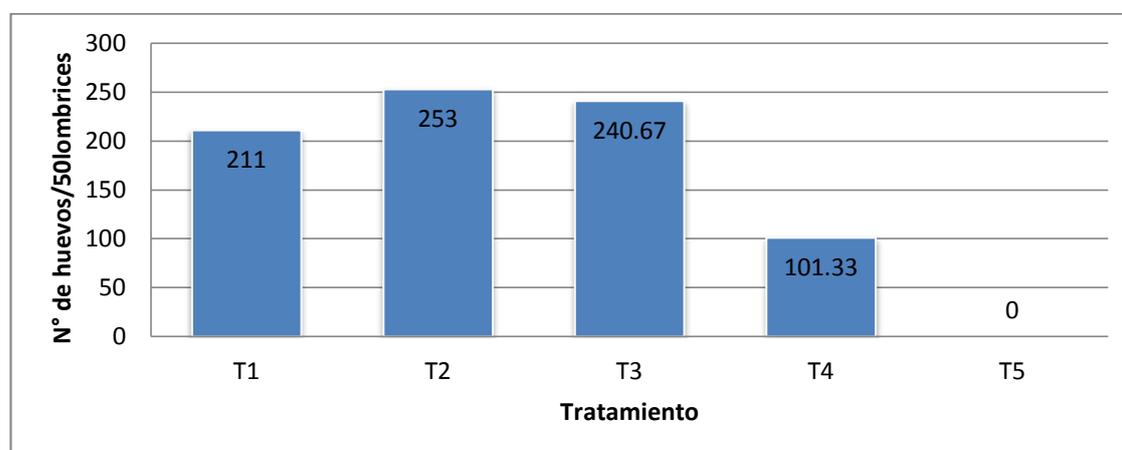
En el cuadro 16, se muestra el número de huevos producidos a los 90 días y su análisis de varianza en el cuadro 17.

**Cuadro 16.** Prolifisidad del número de huevos a los 90 días.

Orden	Clave	Tratamiento	N°de lombrices inoculadas	Número de huevos	Tiempo
1	T2	25%L + 75%E	50	253.00	90 días
2	T3	50%L + 50%E	50	240.67	90 días
3	T1	0%L + 100%E	50	211.00	90 días
4	T4	75%L + 25%E	50	101.33	90 días
5	T5	100%L + 0%E	50	0.00	90 días

Al realizar el conteo del número de huevos al final del experimento, el mayor número de huevos se obtuvo en el tratamiento T2 (25%L + 75%E), con 253 huevos, seguido en el tratamiento T3 (50%L + 50%E) se obtuvo 240.67 huevos, mientras que en el

tratamiento T5 (100%L, 0%E) las lombrices perdieron su capacidad reproductiva para los 90 días.



**Figura 7.** Proliferación de número de huevos a los 90 días.

La baja prolificidad de número de huevos a los 90 días en los tratamientos T5 y T4 se puede inferir, a la disminución de sustancias nutritivas en los substratos y a la menor biomasa de las lombrices, ya que en todos los tratamientos se observó una reducción de volumen en los substratos durante el proceso de bioconversión (cuadro 6), el cual es reafirmado por Castillo *et. al.*, (2005), quien señala que la lenteja de agua tiene un gran contenido proteico y al vez un alto contenido de humedad. Además Hernández (2005), señala que las lombrices después de alcanzar la madurez sexual, pueden perder su capacidad reproductiva, por falta de alimento, a la vez indica que si la lombriz es periódicamente trasladada a alimentos frescos la producción de cápsulas y fecundidad aumentan, y la misma vez esta disminuye a medida que pasa el tiempo de crianza, pues las reservas alimenticias disminuyen.

La mayor biomasa de las lombrices en el tratamiento T1 (cuadro 10) posiblemente haya influido en la baja producción de cápsulas por parte de las lombrices. Schuldt *et. al.*, (2005) señalan que existe una relación inversa entre individuos de mayor y menor biomasa promedio; los individuos de mayor biomasa presentan menor producción de cápsulas y los individuos con menor biomasa promedio producen una mayor cantidad de cápsulas.

La relación inversa entre biomasa y reproducción en el tratamiento T1, concuerda con lo reportado por Ramos (2008) quien encontró una mayor tasa de reproducción en las lombrices que correspondieron a una menor biomasa por individuo. El tipo de alimento

en las que incorporó a las lombrices corresponde a un sustrato compuesto por estiércol de vacuno y residuos de totora.

**Cuadro 17.** Análisis de varianza del número de huevos a los 90 días.

F. de V.	GL.	SC.	CM.	Fc	Ft (0.05)	Ft (0.01)	Signif.
Bloques	2	1313.20	656.60	2.32	4.46	8.65	ns
Tratamiento	4	140375.07	35093.77	123.78	3.84	7.01	**
Error exp.	8	2268.13	283.52				
Total	14	143956.40					

El análisis de varianza realizado al evaluar la prolificidad de número de huevos al final del experimento indica que existe diferencia altamente significativa a nivel de los tratamientos, el cual indica que hay heterogeneidad a nivel de los tratamientos, el coeficiente de variabilidad obtenido fue de 10.45% el cual es aceptable.

**Cuadro 18.** Prueba de comparación de Tukey para número de huevos a los 90 días.

Orden	Clave	Tratamiento	Promedios	Tukey ( $p \leq 0.05$ )
1	T2	25%L + 75%E	253.00	a
2	T3	50%L + 50%E	240.67	a
3	T1	0%L + 100%E	211.00	a
4	T4	75%L + 25%E	101.33	b
5	T5	100%L + 0%E	0.00	c

Realizada la prueba de significancia de Tukey (cuadro 18), existe una diferencia estadística altamente significativa entre los tratamientos, los tratamientos T2, T3 y T1 son estadísticamente superiores al resto de los tratamientos. Del cual se puede deducir de que a mayor concentración del estiércol de vacuno en los sustratos favorecen en la postura de los huevos.

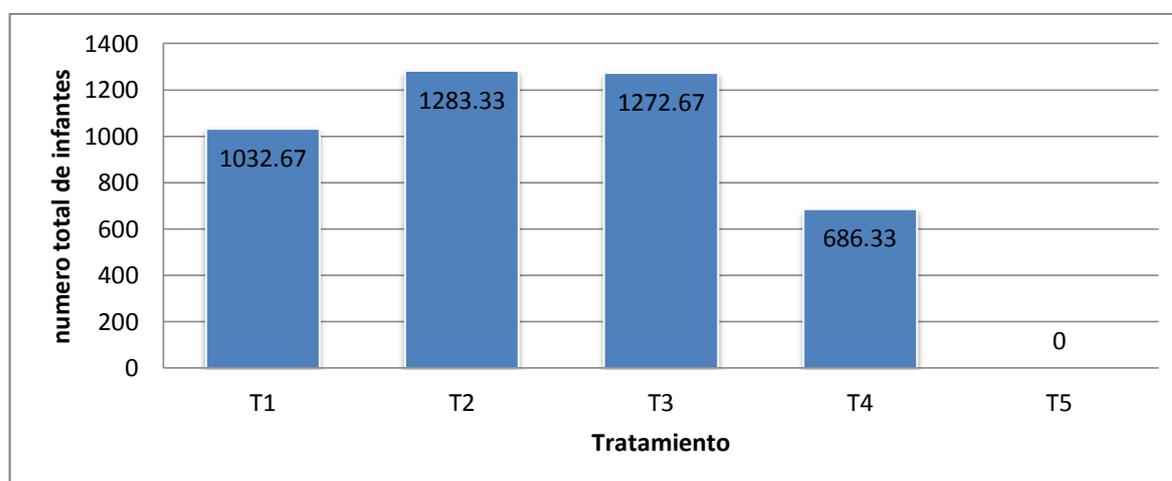
### 5.2.3 PROLIFISIDAD DE INFANTES

Los resultados de prolificidad del número de infantes se muestran en cuadro 19 y el análisis de varianza correspondiente en el cuadro 20.

**Cuadro 19.** Prolifisidad del número de infantes a los 90 días.

Orden	Clave	Tratamiento	N° lombrices inoculadas	Número de infantes	Tiempo de alimentación
1	T2	25%L + 75%E	50	1283.33	90 días
2	T3	50%L + 50%E	50	1272.67	90 días
3	T1	0%L + 100%E	50	1032.67	90 días
4	T4	75%L + 25%E	50	686.33	90 días
5	T5	100%L + 0%E	50	0.00	90 días

La mayor prolificidad de infantes al finalizar el experimento, se registró en el tratamiento T2 (25%L + 75%E) con un promedio de 1283.33 infantes, el segundo mejor resultado se obtuvo en el tratamiento T3 (50%L + 50%E) con 1272.67 infantes, mientras que en el tratamiento T5 (100%L + 0%E) no se pudo obtener ni un infante.



**Figura 8.** Número de infantes.

La diferencia de prolificidad del número de infantes en los tratamientos, posiblemente haya sido influenciada por el tipo de substrato utilizado como alimento para las nuevas lombrices que llegaron a eclosionar de las cápsulas o huevos. Schuldt (2001) indica que de cada cápsula nacen de 2 a 4 lombrices, los infantes eclosionan después de una incubación promedio de 23 días a 25 °C, de similar manera Durán y Henríquez (2007), mencionan que cualquier factor de estrés en el medio se traduce en una elevación de la

tasa metabólica de la lombriz, acrecentando el gasto energético y generando una reasignación de recursos que podría estar enfocado al crecimiento corporal en detrimento de la reproducción.

Castellanos (2011), señala que el pH ácido y muy alcalino de los substratos incide negativamente sobre la fecundidad, consignando descensos del 25% en la tasa de reproducción. Este efecto probablemente se haya producido en el tratamiento T1 en donde su pH del substrato fue de 8.74 al inicio y 7.89 al final del experimento (cuadro 43).

Sandoval (2006), al determinar la prolificidad de número de infantes en ambiente natural y controlado obtuvo un promedio de 271.83 al inocular 15 lombrices en substratos compuesto por diferentes estiércoles de origen animal, en un tiempo de alimentación de 6 meses, este resultado no coincide con los resultados del presente trabajo de investigación, porque la época, el tiempo de alimentación y el tipo de alimento son distintos.

**Cuadro 20.** Análisis de varianza para el número de infantes a los 90 días.

F. de V.	GL.	SC.	CM.	Fc	Ft (0.05)	Ft (0.01)	Signif.
Bloques	2	2228.40	1114.20	2.64	4.46	8.65	Ns
Tratamiento	4	3446861.33	861715.33	2043.03	3.84	7.01	**
Error exp.	8	3374.27	421.78				
Total	14	3452464.00					

Realizado el análisis de varianza de bloque completo al azar para la evaluación de prolificidad del número de infantes alimentados con mezclas diferentes de lenteja de agua y estiércol de vacuno, se observa que existe una diferencia altamente significativa a nivel de los tratamientos, por otro lado el coeficiente de variabilidad encontrado fue de 2.4%, el cual se encuentra dentro de los rangos aceptables.

**Cuadro 21.** Prueba de comparación de Tukey para el número de infantes.

Orden de mérito	Clave	Tratamiento	Promedios	Tukey ( $p \leq 0.05$ )
1	T2	25%L + 75%E	1283.33	a
2	T3	50%L + 50%E	1272.67	a
3	T1	0%L + 100%E	1032.67	b
4	T4	75%L + 25%E	686.33	c
5	T5	100%L + 0%E	0.00	d

Según la prueba de comparación múltiple de Tukey (cuadro 21) es ratificado que existe diferencia estadística altamente significativa entre los tratamientos, los tratamientos T2 y T3, son estadísticamente superiores al resto de los tratamientos. Lo que significa que los substratos de estiércol de vacuno y lenteja de agua en proporciones de 25%L+75% y 50%L+50%E, son de mayor preferencia como alimento para las lombrices en estado infante (<2cm).

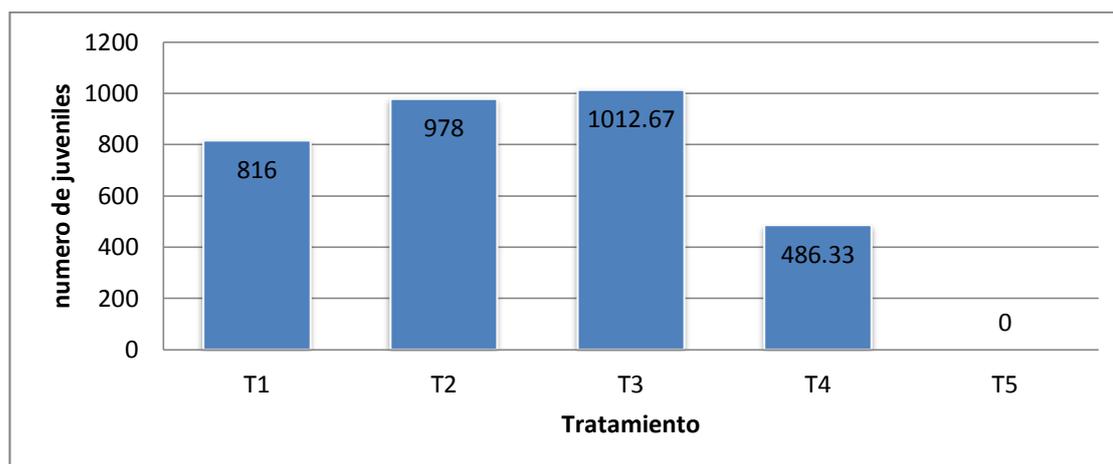
#### 5.2.4 PROLIFISIDAD DE JUVENILES

Según la evaluación los resultados de prolificidad de juveniles se muestran en el cuadro 22 y su respectivo análisis de varianza en el cuadro 23.

**Cuadro 22.** Prolifisidad del número de juveniles a los 90 días.

Orden de mérito	Clave	N° de lombrices inoculadas	Tratamiento	Número de juveniles	Tiempo de alimentación
1	T3	50	50%L + 50%E	1012.67	90 días
2	T2	50	25%L + 75%E	978.00	90 días
3	T1	50	0%L + 100%E	816.00	90 días
4	T4	50	75%L + 25%E	486.00	90 días
5	T5	50	100%L + 0%E	0.00	90 días

Los mejores resultados de proliferación de juveniles se obtuvo en los tratamientos T3 (50%L + 50%E) con 1012.67 juveniles y T2 (25%L + 75%E) con 978 juveniles, mientras que en el tratamiento T5 (100%L + 0%E), no se desarrolló ni un individuo.



**Figura 9.** Número de juveniles a los 90 días.

La diferencia del número de juveniles en los tratamientos posiblemente ha sido influenciado por factores, como la temperatura óptima y la humedad adecuada las cuales presentaron condiciones óptimas para su desarrollo, por otro lado cabe destacar que probablemente la combinación de lenteja de agua y estiércol de vacuno en proporciones de 50%L + 50%E, 25%L + 75%E; sean como alimento adecuados para la lombriz en estado de juvenil. Fuentes (2007), indica que el estiércol de vacuno es un material de alta digestibilidad por proceder de un rumiante, en el cual juega un papel importante la microflora del rumen. Esto provoca que la lombriz consuma en menor tiempo una mayor cantidad de material lo que produce una mejor nutrición en el anélido y por consiguiente una mayor reproducción

Según Tineo (1996), la lombriz roja requiere un pH mayor de 5 y menor de 9 para el buen crecimiento y reproducción, por lo que los substratos evaluados ofrecían las condiciones exigidas en este parámetro. La lenteja de agua alcanzó valores de pH de 6.06 en el tratamiento T5 (100%L + 0%E) probablemente a su alto contenido de agua.

López *et. al.*, (2003), indican que el número de lombrices juveniles varía según la especie, al tipo de alimento, temperatura y humedad. Esto explica la superioridad de lombrices en estado juvenil en los tratamientos T3 (50%L+50E) y T2 (25%L+75%E), ya que ambos tratamientos tienen cantidades de estiércol de vacuno y lenteja de agua en proporciones similares.

Ramos (2008), al inocular 100 lombrices adultas cliteliadas, obtuvo el mayor número de lombrices en estado juvenil en el substrato de 35% residuos de totora y 65% estiércol de vacuno, con un promedio de 4753 juveniles en un tiempo de alimentación de 110 días.

Sandoval (2006), al inocular en diferentes substratos 15 lombrices en cada una, obtuvo 80 juveniles en el substrato de estiércol de vacuno el tiempo de alimentación en su experimento fue de 180 días.

**Cuadro 23.** Análisis de varianza de número de juveniles a los 90 días.

F. de V.	GL.	SC.	CM.	Fc	Ft (0.05)	Ft (0.01)	Signif.
Bloques	2	577.20	288.60	0.73	4.46	8.65	ns
Tratamiento	4	2146752.27	536688.07	1350.95	3.84	7.01	**
Error exp.	8	3178.13	397.27				
Total	14	2150507.60					

Realizado el análisis de varianza para bloque completo al azar de evaluación de número de juveniles alimentadas con proporciones de mezclas diferentes de substrato (lenteja de agua y estiércol de vacuno), se determinó que existe una diferencia altamente significativa a nivel de los tratamientos, así mismo el coeficiente de variabilidad obtenido fue de 3.03% el mismo que se considera como aceptable.

**Cuadro 24.** Prueba de comparación de Tukey para la prolificidad de juveniles.

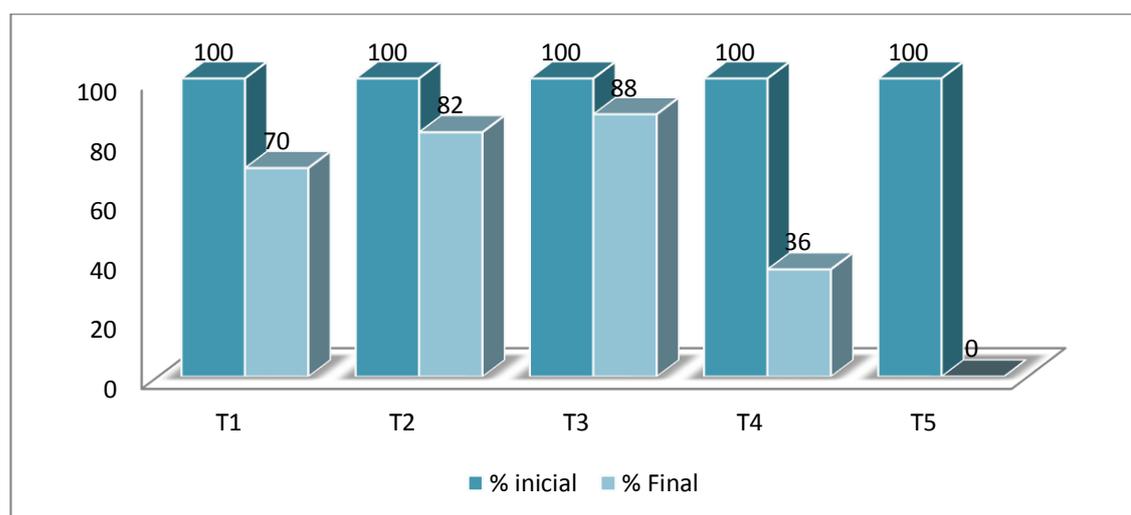
Orden	Clave	Tratamiento	Promedio	Tukey ( $p \leq 0.05$ )
1	T3	50%L + 50%E	1012.67	a
2	T2	25%L + 75%E	978.00	a
3	T1	0%L + 100%E	816.00	b
4	T4	75%L + 25%E	486.00	c
5	T5	100%L + 0%E	0.00	d

Según la prueba de comparación múltiple de Tukey realizado para la prolificidad de juveniles (cuadro 24), existe diferencia estadística altamente significativa entre los tratamientos; los tratamientos T3 y T2 son estadísticamente similares y superiores a T1, T4 y T5. Se puede deducir que el tratamiento T3 (50%L+50%E) y T2 (25%L+75%E),

presentan mejores sustancias nutritivas para el desarrollo de las lombrices en estado juvenil.

### 5.2.5 NÚMERO DE LOMBRICES CLITELIADAS

Al finalizar el trabajo de investigación, en el tratamiento T5 (100%L+0%E), las lombrices inoculadas al inicio, perdieron su capacidad reproductiva al perder su biomasa, lo que se asemejaba a una lombriz juvenil; esta observación se debe tener en cuenta ya que indica que el substrato en donde habitaron las lombrices no aportó nutrimentos necesarios para que mantenga su capacidad de reproducción, mientras que en el tratamiento T3 (50%L+ 50%E) se registró el mayor porcentaje de lombrices cliteliadas con 88%, además cabe indicar que el porcentaje de las lombrices cliteliadas para el final del experimento disminuyó en todos los tratamientos (cuadro 35).



**Figura 10.** Porcentaje de lombrices cliteliadas al final del experimento.

## 5.3 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ESTIÉRCOL DE LOMBRIZ PRODUCIDO A PARTIR DE LENTEJA DE AGUA Y ESTIÉRCOL DE VACUNO.

### 5.3.1 MATERIA ORGÁNICA

La mayor disminución de la materia orgánica se obtuvo del tratamiento T1 (0%L+100%E), en el cual se determinó una bioconversión de 31.43%, en segundo lugar se obtuvo del tratamiento T4 (75%L+25%E) con una bioconversión de 29.16%, mientras que en el tratamiento T5 (100%L+0%E), se obtuvo un mínimo porcentaje de bioconversión con 2.34%. Dentro los substratos combinados en el tratamiento T4 se

obtuvo el mayor porcentaje de bioconversión, lo cual indica que las lombrices consumieron el sustrato, además cabe señalar que las lombrices en este tratamiento no perdieron biomasa (cuadro 10) y la mayor merma de volumen entre los sustratos combinados se produjo en el tratamiento T4 (cuadro 6) por lo que posiblemente la densidad poblacional de las lombrices dentro de este tratamiento es la adecuada.

Mamani (2011), reporta que el contenido de materia orgánica, en el estiércol de lombriz fluctúa entre 30 y 70%, los contenidos de materia orgánica obtenidos en el presente trabajo de investigación concuerdan con lo descrito anteriormente a excepción del tratamiento T5. Condorena (2014), al utilizar residuos sólidos del comedor universitario de la UNA-Puno como sustrato para la alimentación de las lombrices determinó el contenido de materia orgánica en el estiércol de lombriz en un rango de 42.11 a 43.66%.

**Cuadro 25.** Bioconversión de materia orgánica del estiércol de lombriz.

Orden	Clave	Tratamiento	%M.O. Inicial	%M.O. Final	Bioconversión (%)
1	T1	0%L+100%E	62.4	32.81	29.59
2	T2	25%L+75%E	65.3	36.98	28.32
3	T3	50%L+50%E	62.7	42.76	19.94
4	T4	75%L+25%E	78.0	48.84	29.16
5	T5	100%L+0%E	80.8	78.46	2.34

La disminución de los contenidos iniciales de materia orgánica en los sustratos para todos los tratamientos para el final del experimento, posiblemente se deba a la mineralización de la materia orgánica por medio de las lombrices. Delgado *et. al.*, (2004) indican que la disminución en contenido de materia orgánica al final del proceso está asociada a la mineralización de los residuos orgánicos por parte de la lombriz y los microorganismos presentes en el medio, con esta descripción se corrobora la mínima bioconversión de materia orgánica en el tratamiento T5 puesto que las lombrices inoculadas perdieron su capacidad reproductiva y a la vez perdieron su biomasa para el final del experimento.

### 5.3.2 REACCIÓN DEL ESTIÉRCOL DE LOMBRIZ

Los valores de pH mostraron una aproximación a neutro para todos los tratamientos, probablemente al efecto del precompostaje. De similar manera lo describe Mamani (2011), quien indica que según observaciones realizadas el alimento de la lombriz necesita pasar previamente por un proceso biológico de precompostado, el cual supone realizar volteos frecuentes semanales y recién después de 1 ó 2 meses el alimento se considera listo para la lombriz.

**Cuadro 26.** Reacción del estiércol de lombriz para cada tratamiento.

Ord.	Clave	Tratamiento	pH Inic.	Interpretación	pH Final	Interpretación
1	T1	0%L+100%E	8.74	Fuertemente alcalino	8.02	Moderadamente alcalino
2	T2	25%L+75%E	8.53	Fuertemente alcalino	7.80	Medianamente alcalino
3	T3	50%L+50%E	6.03	Medianamente ácido	7.81	Medianamente alcalino
4	T4	75%L+25%E	5.65	Medianamente ácido	7.24	Neutro
5	T5	100%L+0%E	5.02	Muy fuertemente ácido	6.06	Neutro

Los valores del trabajo de investigación concuerdan con lo encontrado por otros autores como Mirabelli (2008) y Delgado *et al.*, (2004), quienes reportan valores que tienden a lo alcalino en los estiércoles animales a diferencia de los desechos de cocina y restos vegetales que tienden a lo ácido; Según Chilon (1997), los valores de pH del estiércol de lombriz obtenido en el presente trabajo de investigación fluctúa de neutro a moderadamente alcalino (cuadro 37).

### 5.3.3 NITRÓGENO

Los contenidos de nitrógeno se incrementaron en todos los tratamiento para el final del experimento con respecto al inicio, el mayor contenido de nitrógeno se obtuvo del tratamiento T1 (0%L+100%E) con 1.93%, el segundo mayor contenido de nitrógeno se obtuvo del tratamiento T2 (25%L+75%E) con 1.84%, mientras que en el tratamiento T5 se obtuvo 1.23% el cual es el más bajo con respecto a los demás tratamientos.

**Cuadro 27.** Porcentaje de nitrógeno (N) para cada tratamiento.

Orden	Clave	Tratamiento	%N Inicial	%N final
1	T1	0%L+100%E	0.85	1.93
2	T2	25%L+75%E	0.80	1.84
3	T3	50%L+50%E	1.02	1.59
4	T4	75%L+25%E	1.09	1.39
5	T5	100%L+0%E	1.11	1.23

El incremento del contenido de nitrógeno en el producto final posiblemente se deba a la liberación de nitrógeno de la materia orgánica de los substratos utilizados como consecuencia de los procesos biológicos. Castro *et. al.*, (2009), señalan que el aumento en los niveles de nitrógeno en el producto final de la lombricultura se debe a la mineralización de los residuos por parte de las lombrices, además de las cantidades de nitrógeno excretadas por estos anélidos en sus secreciones, mucus, fluidos corporales, enzimas y por la descomposición de los tejidos de las lombrices que mueren durante el proceso de vermicompostación.

Los contenidos de nitrógeno del trabajo de investigación concuerdan con lo señalado por Mamani (2011), quien indica que el contenido de nitrógeno en el estiércol de lombriz fluctúa entre 1 y 2.6%, por otro lado el contenido de nitrógeno en el tratamiento T5 no se puede considerar como estiércol de lombriz ya que en este tratamiento las lombrices no se adaptaron al tipo de alimento. Canales (2009), señala que la lenteja de agua es un organismo eficaz para crecer en condiciones difíciles (además hay altos niveles de N, P y metales pesados), por lo que su manejo puede ser una alternativa para disminuir el proceso de eutrofización del lago.

### 5.3.4 FÓSFORO DISPONIBLE

Los contenidos de fósforo para el final del experimento mostraron un incremento con respecto al substrato inicial, el mayor contenido de fósforo se obtuvo del tratamiento T1 (0%L+100%E) en el cual se obtuvo 0.97%, el segundo mayor contenido de materia orgánica se obtuvo del tratamiento T3 (50%L+50%E) con 0.88%, mientras que el tratamiento T5 se obtuvo 0.19% siendo el más bajo con respecto a los demás tratamientos.

**Cuadro 28.** Porcentaje de fósforo disponible.

Orden	Clave	Tratamiento	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Inicial	% % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Final
1	T1	0%L+100%E	0.61	0.97
2	T2	25%L+75%E	0.58	0.81
3	T3	50%L+50%E	0.55	0.88
4	T4	75%L+25%E	0.45	0.73
5	T5	100%L+0%E	0.14	0.19

El incremento de los niveles de fósforo para el final del experimento se puede atribuir la liberación del fósforo de la materia orgánica como consecuencia de los procesos biológicos ya que los microorganismos son aceleradores infinitos del proceso de mineralización. Duran y Henríquez (2007) indican que la mineralización del fósforo luego del proceso del vermicompostaje es atribuida al paso de la materia orgánica por el tracto digestivo de la lombriz, donde el fósforo es transformado a formas asimilables por las plantas, principalmente por acción de las fosfatasas del tracto digestivo del anélido y por los microorganismos solubilizadores. Señalan también que las concentraciones de este nutrimento es según al material utilizado, los estiércoles son buena fuente de fósforo.

Mamani (2011), indica que el contenido de fósforo en el estiércol de lombriz se ubica en un rango de 2 a 8%, este con contenido de fósforo es alto en comparación a los

resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, no obstante Delgado *et. al.*, (2004) reportan contenidos de nitrógeno en estiércol de lombriz valores de 0.85 a 1.53%

### 5.3.5 POTASIO DISPONIBLE

Los contenidos de potasio incrementaron su concentración para el final con respecto al inicio del experimento para todos los tratamientos, el mayor contenido de potasio en el estiércol de lombriz se obtuvo del tratamiento T1 (0%L+100%E) con 0.45%, el segundo mejor resultado se obtuvo del tratamiento T2 (25%L+75%E) con 0.44%, mientras que el contenido más bajo en potasio se obtuvo en el tratamiento T5 (100%L+0%E) con 0.09%.

**Cuadro 29.** Porcentaje de potasio (K<sub>2</sub>O) para cada tratamiento.

Orden	Clave	Tratamiento	% K <sub>2</sub> O Inicial	% K <sub>2</sub> O Final
1	T1	0%L+100%E	0.36	0.45
2	T2	25%L+75%E	0.36	0.44
3	T3	50%L+50%E	0.35	0.41
4	T4	75%L+25%E	0.28	0.34
5	T5	100%L+0%E	0.07	0.09

Mamani (2011), señala que el contenido de potasio en el estiércol de lombriz fluctúa entre 0.28 a 0.86%, los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se sitúan dentro de los rangos descritos anteriormente. Por otro lado Castro *et. al.*, (2009), indican que a diferencia de otros elementos el potasio, no presenta muchas variaciones con respecto a los substratos iniciales.

### 5.4 COSTOS DE PRODUCCIÓN

En el cuadro 30, se observa que existe diferencia entre los tratamientos, los cuales indican que si se produce a partir del tratamiento T1 (0%L+100%E), se obtendrá un ingreso de 705.58 soles con una rentabilidad de 472.83%, esto debido al costo total de

149.23 soles, este resultado es debido a que el volumen del estiércol de lombriz producido es mayor a los demás tratamientos (cuadro 6), mientras que en el tratamiento T5 (100%L+0%E) se obtuvo una rentabilidad de -10.13 % y una relación de beneficio costo de -0.10 por el cual se rechaza la inversión, ya que los beneficios son menores que los costos.

**Cuadro 30.** Índices económicos en la producción de estiércol de lombriz.

Tratamiento	Costo total S/.	Ingreso total S/.	Ingreso neto S/.	Rentabilidad (%)	B/C
T1(0%L+100%E)	149.23	854.80	705.58	472.83	4.72
T2(25%L+75%E)	159.88	599.40	439.53	274.92	2.75
T3(50%L+50%E)	156.33	459.90	303.58	194.19	1.94
T4(75%L+25%E)	157.88	250.90	98.43	64.50	0.62
T5(100%L+0%E)	149.28	134.15	-15.13	-10.13	-0.10

Sandoval (2006), al producir estiércol de lombriz a partir de 180 sacos de diferentes estiércoles de origen animal como vacuno, ovino y camélidos sudamericanos, en un tiempo de bioconversión de 6 meses obtuvo una rentabilidad de 263%, los resultados en el presente trabajo de investigación son mayores en los tratamientos T1 (0%L+100%E), posiblemente a que se consideró 2.00 soles/Kg de estiércol de lombriz, mientras que en la investigación anteriormente mencionada lo consideró 1 sol/Kg.

## CONCLUSIONES

En La biomasa de la lombriz, el tratamiento T1 (0% lenteja de agua, 100% estiércol de vacuno) es superior a los demás tratamientos con un peso de 0.780 g/lombriz. El mayor contenido de estiércol de vacuno influyó en el aumento de peso de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*).

La prolificidad del número de huevos, infantes y juveniles al final del experimento; el tratamiento T2 (25% lenteja de agua, 75% estiércol de vacuno) registró la mayor prolificidad de huevos y juveniles con un total de 253 huevos y 1283.33 infantes, mientras que en el tratamiento T3 (50% lenteja de agua, 50% estiércol de vacuno) se obtuvo la mayor prolificidad de juveniles con un total de 992.67 juveniles. El balance de fibra y proteína influyó en la prolificidad del número de huevos, infantes y juveniles, además de la temperatura, humedad y pH del substrato adecuado.

En los resultados del análisis de composición química de estiércol de lombriz se determinó; porcentaje de materia orgánica: 32.81 a 78.46%, nitrógeno: 1.23 a 1.93%, fósforo disponible: 0.19 a 0.97%, potasio disponible: 0.09 a 0.45%.

Tomando como base los valores reales obtenidos en la producción de estiércol de lombriz a partir de la combinación de lenteja de agua y estiércol de vacuno, el tratamiento T1 (0% lenteja de agua, 100% estiércol de vacuno) tuvo la rentabilidad más alta con 472.83%, la mayor rentabilidad de estiércol de lombriz producido a partir de substratos combinados se obtuvo en el tratamiento T2 (25% lenteja de agua, 75% estiércol de vacuno) con una rentabilidad de 274.83%.

## RECOMENDACIONES

Por no encontrarse diferencias entre los tratamientos T3 (50% lenteja de agua, 50% estiércol de vacuno) y T2 (25% lenteja de agua, 75% estiércol de vacuno) en la biomasa y proliferación de la lombriz roja californiana se recomienda utilizar la mezcla de los substratos en relación 1:1.

Se recomienda utilizar el estiércol de lombriz producido a partir de lenteja de agua y estiércol de vacuno, sólo para la biofertilización de áreas verdes o la de cultivos no comestibles, mientras que no se descarte que los contenidos de metales pesados de la lenteja de agua proveniente de las bahía interior del Lago Titica no pasen al estiércol de lombriz.

Para dedicarse a la lombricultura en la producción de estiércol de lombriz, utilizar estiércol de vacuno y lenteja de agua descompuesta.

Realizar investigaciones del contenido de metales pesados de la lenteja de agua (*Lemna gibba*) proveniente de aguas contaminadas y no contaminadas del Lago Titicaca.

Realizar experimentos en la formación de substratos con lenteja de agua seca.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Barrios H. 2016. *Efecto del agente biológico en la elaboración de abonos orgánicos con residuos vegetales de los mercados de la ciudad de Puno*. Tesis para optar título de ingeniero agrónomo. FCA-UNA-Puno. Puno, Perú. 116 p.
- Bollo E. 2001. *Lombricultura: una alternativa de reciclaje*. Editorial Oboc Grafic. Tercera edición. Quito. Ecuador. 150 p.
- Canales A. 2009. *Evaluación de la biomasa y manejo de **lemna gibba** (lenteja de agua) en la bahía interior del lago Titicaca, Puno*. Departamento Académico de Biología. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 92 p.
- Castellanos F. 2011. *Diseño de módulo de lombricultura*. Servicio y soporte para la elaboración de biofertilizante sólido. INSAI. Trujillo, Perú. 61 p.
- Castillo A., Padilla J., Suniaga., et al., 2005. *Análisis de **lemna sp** del Lago Macaraibo para su eventual utilización en la alimentación de rumiantes*. Agricultura Andina. Colombia. p 30.
- Castro A., Henríquez C. y Bertsch F. 2009. *Capacidad de suministro de N, P y K de cuatro abonos orgánicos*. Agronomía Costarricense. Costa Rica 93 p.
- Chilon C. 1997. *Fertilidad de suelos y nutrición de plantas*. Manual serie libros N° 3 CIDAT. La Paz. Bolivia.
- Condorena R. 2014. *Caracterización de residuos sólidos del comedor universitario de la UNA para la obtención de abonos orgánicos*. Tesis para optar título de ingeniero agrónomo. FCA-UNA-Puno. Puno, Perú. 98 p.
- Díaz E. 2002. *Lombricultura una alternativa de producción para emprendedores del agro*. Escuela de Agricultura y Ganadería de Estelí. Nicaragua. 57 p.

Delgado M., Porcel M. y Miralles R. 2004. *Efecto de la vermicultura en la descomposición de residuos orgánicos*. Revista contaminación ambiental. 83-86 pp.

Durán L. y Henríquez C. 2007. *Caracterización física, química y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco substratos orgánicos*. Agronomía Costarricense. Costa Rica. 41-51 p.

Escobar C. 2001. *Bioabonos agricultura para desarrollar una agricultura sostenible. Programa nacional de tecnología agropecuaria*. Edit. Graficas Florencia. Primera edición. Caquetá. Colombia. 96-104 p.

Ferruzi C. 1996. *Manual de lombricultura*. Editorial Mundi Prensa. 2da. Edición. Madrid, España. 72-73 p.

Fuentes J. 2007. *La crianza de lombriz roja*. Servicio de extensión agraria. Editorial Acriba. 2da edición. Madrid. España. 76 p.

García M. 2013. *Elaboración de abono orgánico a base de lombriz roja californiana*. Certamen Nacional Universitarios por el Desarrollo. México. 217-225 p.

Gonzales R. 2009. *Apuntes sobre lombricultura*. Instituto para la producción e investigación de la agricultura tropical (IPIAT). 91 p.

Hernández J. 2005. *Efecto de la densidad de población sobre el desarrollo y producción de humus de lombriz (*Eisenia Spp*)*. BIOTAN Serie especial. 82-165 p.

López A., Hernández M. y Elorza P. 2003. *Evaluación de la densidad de población de la lombriz compostera (*Eisenia andrei*)*. Revista Udo agrícola. 12-16 p.

Mamani E. 2011. *Materia orgánica y producción de abonos orgánicos para la agricultura ecológica*. Unidad de publicaciones UNA-Puno. Primera edición. Puno, Perú. 223 p.

Martínez C. 2000. *Lombricultura*. Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural pesca y alimentación. Ed. Texcoco. 11va edición. México. 68 p.

Mirabelli E. 2008. *El compostaje proyectado a la lombricultura*. Ed. Hemisferio Sur. 1ra edición. Buenos Aires. Argentina. 324 p.

Molina A. 2008. *Cría semi intensiva de la lombriz roja californiana (*E. foetida*) bajo dos condiciones ambientales*. Tesis para optar título de ingeniero agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias. UNA-Puno. Puno, Perú. 40 p.

Mollinedo A. 2008. *Estimación de carbono capturado por la lenteja de agua en la bahía interior der la ciudad de Puno*. Tesis para optar título de ingeniero agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias. UNA-Puno. Puno, Perú. 71 p.

Obando R. 2008. *Lombricultura alternativa para el manejo racional de los desechos del banano*. Dirección de protección ambiental. Editorial Corbana. San José, Costa Rica. 17-19 p.

Ocola J. y Salas R. 1995. *Distribución espacial y estimación y estimación de biomasa de lenteja de agua de la bahía de Puno*. Proyecto especial lago Titicaca (PELT). Puno. Perú. 73 p.

Pineda R. 2006. *Lombricultura*. Humus de lombriz, preparación y uso. Centro de investigación y promoción del campesinado (CIPCA). Piura. Perú. 97 p.

Ramírez A. 2000. *Lenteja de agua en el lago Maracaibo*. Consultores Ambientales, Planificación Regional y Urbana e Inspección de Obras. Venezuela. p 17.

Ramos S. 2008. *Bioconversión de residuos de totora (*Schoenoplectus californicus*) y estiércol de vacuno con lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*)*. Tesis de ingeniería agronómica. Facultad de Ciencias Agrarias. UNA-Puno. Perú. 81 p.

Román I. y Gutiérrez L. 2005. *Costos I*. Universidad Autónoma de México. Facultad de Contaduría y Administración. 214 p.

Romero L. 2010. *Influencias de la lombriz roja en la fertilidad del suelo y propiedades químicas que actúan en ella*. Vol.4, N°1. Madrid. España. 50 p.

Rodríguez, A. 2005. *Producción y calidad de abono producido por medio de **Eisenia Foetida** (lombriz Roja Californiana) su capacidad reproductiva en tres densidades y seis substratos*. Memoria XVIII Simposio Latinoamericano de caficultura, IICA /Promecafe, San José. Costa Rica. 109-113 p.

Ruiz A. 2005. *Manual de producción de humus*. Proyecto manejo sostenible de residuos sólidos en la ciudad de Carhuaz e impulso de planificación y gestión ambiental municipal. Ancash. Perú. p 32.

Sandoval E. 2006. *Producción de estiércol de lombriz (**Eisenia foetida**) con diferentes fuentes de materia orgánica en ambiente natural y controlado*. Tesis de ingeniería agronómica. Facultad de Ciencias Agrarias. UNA-Puno. Perú. 83 p.

Schuldt M. 2001. *Lombricultura: su teoría y práctica en el ámbito agropecuario, industrial y doméstico*. Editorial Impreylyf. La Plata. Argentina. 135 p.

Schuldt M., Rumi A. y Gutiérrez D. 2005. *Determinación de edades (clases) en poblaciones de **Eisenia foetida** (Annelida: Lumbricidae) y sus implicancias reprobilógicas*. Revista del Museo de la Plata Zoología. Argentina 170 p.

Tineo B. 1996. *Estudio preliminar de algunos aspectos reproductivos de tres especies de lombrices de tierra*. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho. Perú. 24-25 p.

## ANEXO

**Cuadro 31.** Evaluación del número total de huevos a los 30 días.

N° DE TRAT.	T1	T2	T3	T4	T5
R1	221	301	292	237	26
R2	269	297	309	211	18
R3	241	283	262	243	19

**Cuadro 32.** Evaluación de número de huevos a los 90 días.

N° DE TRAT.	T1	T2	T3	T4	T5
R1	212	273	271	87	0
R2	224	248	237	126	0
R3	197	238	214	91	0

**Cuadro 33.** Evaluación final del número de infantes.

N° DE TRAT.	T1	T2	T3	T4	T5
R1	1073	1301	1298	684	0
R2	993	1266	1247	703	0
R3	1032	1283	1273	672	0

**Cuadro 34.** Evaluación final del número de juveniles.

N° DE TRAT.	T1	T2	T3	T4	T5
R1	798	974	1021	507	0
R2	842	967	1036	482	0
R3	808	993	981	470	0

**Cuadro 35.** Evaluación final de número de lombrices cliteliadas.

N° DE TRAT.	T1	T2	T3	T4	T5
R1	38	41	44	19	0
R2	34	39	40	15	0
R3	33	43	42	20	0

**Cuadro 36.** Evaluación final de la biomasa de la lombriz.

N° DE TRAT	T1 (g)	T2 (g)	T3 (g)	T4 (g)	T5 (g)
R1	0.757	0.575	0.684	0.407	0.219
R2	0.779	0.556	0.569	0.421	0.192
R3	0.804	0.636	0.656	0.499	0.24

**Cuadro 37.** Rangos de pH. (Chilon, 1997).

Escala de valores	Definición
Menor a 4.5	Extremadamente ácido
4.6 - 5.0	Muy fuertemente ácido
5.1 - 5.5	Fuertemente ácido
5.6 - 6.0	Medianamente ácido
6.1 - 6.5	Ligeramente ácido
6.6 - 7.3	Neutro
7.4 - 7.8	Medianamente alcalino
7.9 - 8.4	Moderadamente alcalino
8.5 - 9.0	Fuertemente alcalino
Mayor a 9	Muy fuertemente alcalino

**Cuadro 38.** Costos de producción de estiércol de lombriz a partir T1 (0%L+100%E).

<b>Costos Variables</b>				
<b>Rubros</b>				
<b>1.- Insumos</b>	<b>unidad</b>	<b>cantidad</b>	<b>costo/unid.</b>	<b>costo total</b>
Estiércol de vacuno	kg	208.00	0.10	20.80
Lombriz roja	kg	0.16	15.00	2.40
Mantos de yute	m <sup>2</sup>	2.25	1.50	3.38
Mantos de plástico polietileno	m <sup>2</sup>	2.25	2.20	4.95
Manguera 1 pulg.	m	15.00	0.60	9.00
Sub total				40.53
<b>2.- Mano de obra</b>	<b>unidad</b>	<b>cantidad</b>	<b>costo/unid.</b>	<b>costo total</b>
Preparación del terreno	hh	0.25	5.00	1.25
Extracción de lenteja de agua	hh	0.00	5.00	0.00
Preparación de los substratos	hh	0.50	5.00	2.50
Riego	hh	2.08	5.00	10.40
Aireación	hh	8.33	5.00	41.65
Sub total				55.80
<b>Costos fijos</b>				
<b>Rubros</b>	<b>unidad</b>	<b>cantidad</b>	<b>costo/unid.</b>	<b>costo total</b>
Pala	unidad	1.00	20.00	20.00
Transporte de lenteja de agua	viaje	0.00	0.00	0.00
Transporte de estiércol de vacuno	viaje	1.00	25.00	25.00
Total costos fijos				45.00
<b>Resumen</b>				
Costos variables				96.33
Costos fijos				45.00
Costo total establecimiento				141.33
<b>Costos de cosecha</b>				
<b>Rubro</b>	<b>unidad</b>	<b>cantidad</b>	<b>costo/unid.</b>	<b>costo total</b>
Riego	hh	0.33	5.00	1.65
Remoción del material	hh	0.25	5.00	1.25
Cosecha del est. de lomb. producido	hh	1.00	5.00	5.00
Sub total				7.90
<b>Datos de producción</b>				
<b>Rubro</b>	<b>unidad</b>	<b>cantidad</b>	<b>costo/unid.</b>	<b>costo total</b>
Estiércol de lombriz producido	kg	392.00	2.00	784.00
Lombriz roja producido	kg	4.72	15.00	70.80
Total ingreso				854.80

**Cuadro 39.** Costos de producción de estiércol de lombriz a partir T2 (25%L+75%E).

<b>Costos Variables</b>				
<b>Rubros</b>				
<b>1.- Insumos</b>	<b>unidad</b>	<b>cantidad</b>	<b>costo/unid.</b>	<b>costo total</b>
Estiércol de vacuno	kg	156.00	0.10	15.60
Lenteja de agua	kg	60.00	0.00	0.00
Lombriz roja	kg	0.16	15.00	2.40
Mantos de yute	m <sup>2</sup>	2.25	1.50	3.38
Mantos de plástico polietileno	m <sup>2</sup>	2.25	2.20	4.95
Manguera	m	15.00	0.60	9.00
Sub total				35.33
<b>2.- Mano de obra</b>	<b>unidad</b>	<b>cantidad</b>	<b>costo/unid.</b>	<b>costo total</b>
Preparación del terreno	hh	0.25	5.00	1.25
Extracción de lenteja de agua	hh	0.50	5.00	2.50
Preparación de los substratos	hh	0.50	5.00	2.50
Riego	hh	2.08	5.00	10.40
Aireación	hh	8.33	5.00	41.65
Sub total				58.30
<b>Costos fijos</b>				
<b>Rubros</b>	<b>unidad</b>	<b>cantidad</b>	<b>costo/unid.</b>	<b>costo total</b>
Pala	unidad	1.00	20.00	20.00
Transporte de lenteja de agua	viaje	1.00	15.00	15.00
Transporte de estiércol de vacuno	viaje	1.00	25.00	25.00
Total costos fijos				60.00
<b>Resumen</b>				
Costos variables				93.63
Costos fijos				60.00
Costo total establecimiento				153.63
<b>Costos de cosecha</b>				
<b>Rubro</b>	<b>unidad</b>	<b>cantidad</b>	<b>costo/unid.</b>	<b>costo total</b>
Riego	hh	0.33	5.00	1.65
Remoción del material	hh	0.25	5.00	1.25
Cosecha del est. de lomb. producido	hh	0.67	5.00	3.35
Sub total				6.25
<b>Datos de producción</b>				
<b>Rubro</b>	<b>unidad</b>	<b>cantidad</b>	<b>costo/unid.</b>	<b>costo total</b>
Estiércol de lombriz producido	kg	264.00	2.00	528.00
Lombriz roja producido	kg	4.76	15.00	71.40
Total ingreso				599.40

**Cuadro 40.** Costos de producción de estiércol de lombriz a partir T3 (50%L+50%E).

<b>Costos Variables</b>				
<b>Rubros</b>				
<b>1.- Insumos</b>	<b>unidad</b>	<b>cantidad</b>	<b>costo/unid.</b>	<b>costo total</b>
Estiércol de vacuno	kg	104.00	0.10	10.40
Lenteja de agua	kg	120.00	0.00	0.00
Lombriz roja	kg	0.16	15.00	2.40
Mantos de yute	m <sup>2</sup>	2.25	1.50	3.38
Mantos de plástico polietileno	m <sup>2</sup>	2.25	2.20	4.95
Manguera	m	15.00	0.60	9.00
Sub total				30.13
<b>2.- Mano de obra</b>	<b>unidad</b>	<b>cantidad</b>	<b>costo/unid.</b>	<b>costo total</b>
Preparación del terreno	hh	0.25	5.00	1.25
extracción de lenteja de agua	hh	1.00	5.00	5.00
Preparación de los substratos	hh	0.50	5.00	2.50
Riego	hh	2.08	5.00	10.40
Aireación	hh	8.33	5.00	41.65
Sub total				60.80
<b>Costos fijos</b>				
<b>Rubros</b>	<b>unidad</b>	<b>cantidad</b>	<b>costo/unid.</b>	<b>costo total</b>
Pala	unid.	1.00	20.00	20.00
Transporte de lenteja de agua	viaje	1.00	15.00	15.00
Transporte de estiércol de vacuno	viaje	1.00	25.00	25.00
Total costos fijos				60.00
<b>Resumen</b>				
Costos variables				90.93
Costos fijos				60.00
Costo total establecimiento				150.93
<b>Costos de cosecha</b>				
<b>Rubro</b>	<b>unidad</b>	<b>cantidad</b>	<b>costo/unid.</b>	<b>costo total</b>
Riego	hh	0.33	5.00	1.65
Remoción del material	hh	0.25	5.00	1.25
Cosecha del est. de lomb. producido	hh	0.50	5.00	2.50
Sub total				5.40
<b>Datos de producción</b>				
<b>Rubro</b>	<b>unidad</b>	<b>cantidad</b>	<b>costo/unid.</b>	<b>costo total</b>
Estiércol de lombriz producido	kg	194.40	2.00	388.80
Lombriz roja producido	kg	4.74	15.00	71.10
Total ingreso				459.90

**Cuadro 41.** Costos de producción de estiércol de lombriz a partir T4 (75%L+25%E).

<b>Costos Variables</b>				
<b>Rubros</b>				
<b>1.- Insumos</b>	<b>unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>costo/unid.</b>	<b>costo total</b>
Estiércol de vacuno	kg	52.00	0.10	5.20
Lenteja de agua	kg	180.00	0.00	0.00
Lombriz roja	kg	0.16	15.00	2.40
Mantos de yute	m <sup>2</sup>	2.25	1.50	3.38
Mantos de plastico polietileno	m <sup>2</sup>	2.25	2.20	4.95
Manguera	m	15.00	0.60	9.00
Sub total				24.93
<b>2.- Mano de obra</b>	<b>unidad</b>	<b>cantidad</b>	<b>costo/unid.</b>	<b>costo total</b>
Preparación del terreno	hh	0.25	5.00	1.25
extracción de lenteja de agua	hh	1.50	5.00	7.50
Preparación de los substratos	hh	0.50	5.00	2.50
Riego	hh	2.08	5.00	10.40
Aireación	hh	8.33	5.00	41.65
Sub total				63.30
<b>Costos fijos</b>				
<b>Rubros</b>	<b>unidad</b>	<b>cantidad</b>	<b>costo/unid.</b>	<b>costo total</b>
Pala	unid.	1.00	20.00	20.00
Transporte de lenteja de agua	viaje	1.00	15.00	15.00
Transporte de estiércol de vacuno	viaje	1.00	25.00	25.00
Total costos fijos				60.00
<b>Resumen</b>				
Costos variables				88.23
Costos fijos				60.00
Costo total establecimiento				148.23
<b>Costos de cosecha</b>				
<b>Rubro</b>	<b>unidad</b>	<b>cantidad</b>	<b>costo/unid.</b>	<b>costo total</b>
Riego	hh	0.33	5.00	1.65
Remoción del material	hh	0.25	5.00	1.25
Cosecha del est. de lomb. producido	hh	0.27	5.00	1.35
Sub total				4.25
<b>Datos de producción</b>				
<b>Rubro</b>	<b>unidad</b>	<b>cantidad</b>	<b>costo/unid.</b>	<b>costo total</b>
Estiércol de lombriz producido	kg	104.00	2.00	208.00
Lombriz roja producido	kg	2.86	15.00	42.90
Total ingreso				250.90

**Cuadro 42.** Costos de producción de estiércol de lombriz a partir T5 (100%L+0%E).

<b>Costos Variables</b>				
<b>Rubros</b>				
<b>1.- Insumos</b>	<b>unidad</b>	<b>cantidad</b>	<b>costo/unid.</b>	<b>costo total</b>
Lenteja de agua	kg	240.00	0.00	0.00
Lombriz roja	kg	0.16	15.00	2.40
Mantos de yute	m <sup>2</sup>	2.25	1.50	3.38
Mantos de plástico polietileno	m <sup>2</sup>	2.25	2.20	4.95
Manguera	m	15.00	0.60	9.00
Sub total				19.73
<b>2.- Mano de obra</b>	<b>unidad</b>	<b>cantidad</b>	<b>costo/unid.</b>	<b>costo total</b>
Preparación del terreno	hh	0.25	5.00	1.25
extracción de lenteja de agua	hh	2.00	5.00	10.00
Preparación de los substratos	hh	0.50	5.00	2.50
Riego	hh	2.08	5.00	10.40
Aireación	hh	8.33	5.00	41.65
Sub total				65.80
<b>Costos fijos</b>				
<b>Rubros</b>	<b>unidad</b>	<b>cantidad</b>	<b>costo/unid.</b>	<b>costo total</b>
Pala	unid.	1.00	20.00	20.00
Transporte de lenteja de agua	viaje	1.00	15.00	15.00
Transporte de estiércol de vacuno	viaje	1.00	25.00	25.00
Total costos fijos				60.00
<b>Resumen</b>				
Costos variables				85.53
Costos fijos				60.00
Costo total establecimiento				145.53
<b>Costos de cosecha</b>				
<b>Rubro</b>	<b>unidad</b>	<b>cantidad</b>	<b>costo/unid.</b>	<b>costo total</b>
Riego	hh	0.33	5.00	1.65
Remoción del material	hh	0.25	5.00	1.25
Cosecha del est. de lomb. producido	hh	0.17	5.00	0.85
Sub total				3.75
<b>Datos de producción</b>				
<b>Rubro</b>	<b>unidad</b>	<b>cantidad</b>	<b>costo/unid.</b>	<b>costo total</b>
Estiércol de lombriz producido	kg	66.40	2.00	132.80
Lombriz roja producido	kg	0.09	15.00	1.35
Total ingreso				134.15

**Cuadro 43.** pH de los substratos durante la bioconversión.

Control	Fecha	T5	T4	T3	T2	T1
1	22/11/2014	5.02	5.65	6.03	8.53	8.74
2	29/11/2014	5.07	5.45	6.32	8.63	8.46
3	06/12/2015	5.05	5.76	6.57	8.47	8.05
4	13/12/2015	5.07	5.67	6.71	8.53	8.04
5	20/12/2015	5.02	5.92	6.87	8.33	8.00
6	27/12/2015	5.14	5.80	6.76	8.02	8.03
7	03/01/2015	5.12	5.87	6.81	8.03	8.07
8	10/01/2015	5.23	6.02	6.83	7.85	8.01
9	17/01/2015	5.33	6.50	7.15	7.63	8.08
10	24/01/2015	5.70	6.49	6.88	7.63	8.04
11	31/01/2015	6.27	6.70	7.29	7.67	8.01
12	07/02/2015	6.59	6.83	7.35	7.79	7.95
13	14/02/2015	6.35	6.58	7.44	7.85	7.95
14	21/02/2015	6.53	6.71	7.26	7.85	7.91
15	28/02/2015	6.61	6.75	7.68	7.75	7.89
16	07/03/2015	6.64	6.74	7.53	7.79	7.90
17	14/03/2015	6.65	6.66	7.62	7.74	7.98
18	21/03/2015	6.68	6.64	7.57	7.90	8.01
19	28/03/2015	6.58	6.72	7.66	7.91	8.00
20	04/04/2015	6.69	6.82	7.87	7.96	7.94
21	11/04/2015	6.63	7.30	7.76	8.05	8.04
22	18/04/2015	6.70	7.38	7.71	7.96	8.14
23	25/04/2015	6.70	7.43	7.75	8.02	8.07
24	02/05/2015	6.95	7.43	7.78	8.04	8.02
25	09/05/2015	6.77	7.24	7.62	8.07	7.87
26	16/05/2015	6.82	7.44	7.81	7.95	7.89

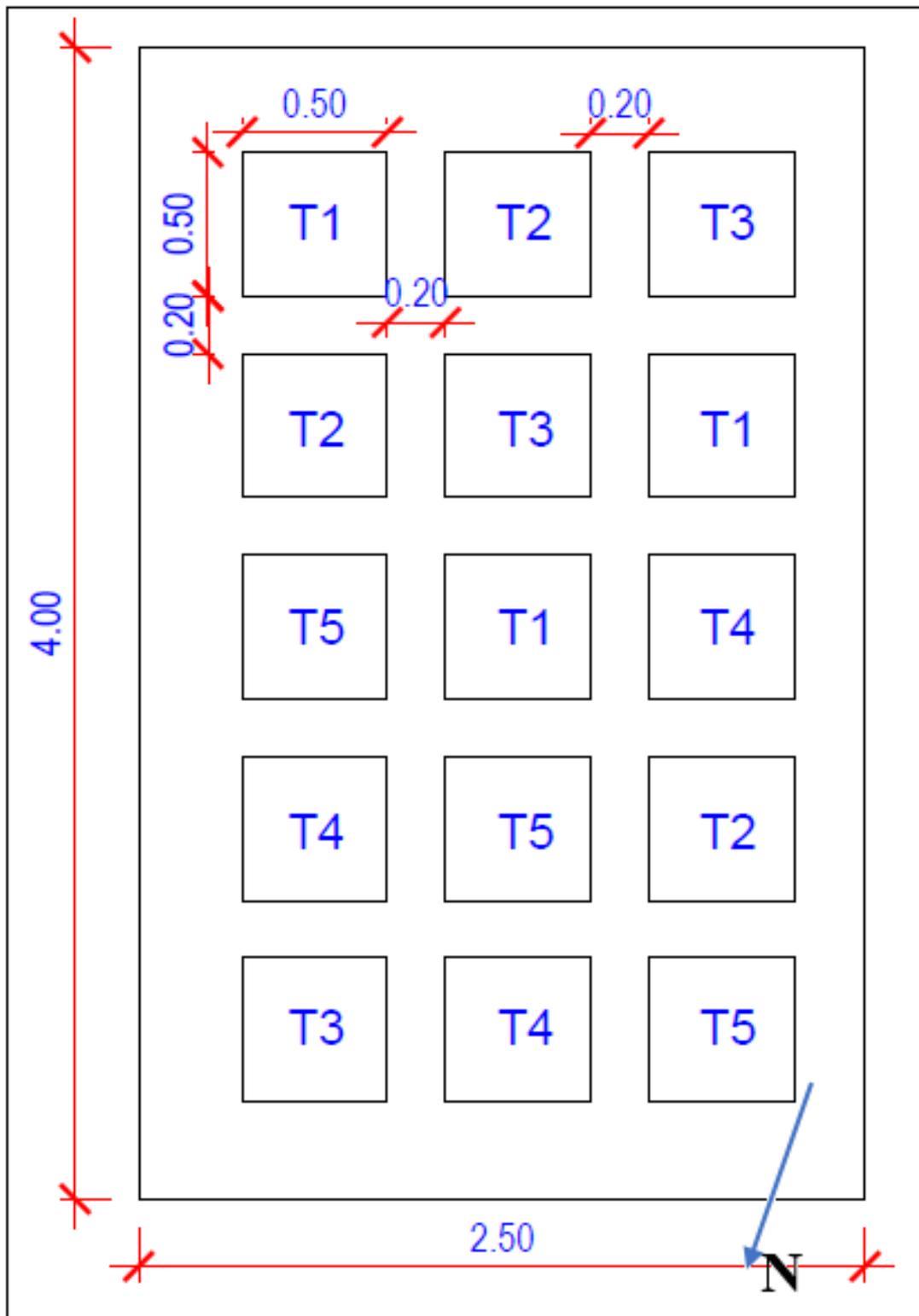
Fuente: Propia.

**Cuadro 44.** Temperatura de los substratos durante la bioconversión.

Control	Fecha	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	T5 (°C)
1	22/11/2014	12.47	11.03	10.83	10.63	10.67
2	29/11/2014	19.60	19.57	12.03	11.13	10.93
3	06/12/2015	43.70	41.60	37.70	21.90	12.30
4	13/12/2015	43.85	41.71	40.50	31.00	21.30
5	20/12/2015	43.37	41.67	39.54	32.27	22.30
6	27/12/2015	42.27	40.63	38.60	33.40	24.10
7	03/01/2015	40.95	39.80	36.00	32.13	23.67
8	10/01/2015	39.57	36.27	34.64	31.60	23.08
9	17/01/2015	34.40	33.07	26.97	26.53	22.43
10	24/01/2015	32.37	31.73	24.90	22.27	19.67
11	31/01/2015	29.70	28.17	22.77	21.17	19.80
12	07/02/2015	26.93	24.63	23.13	22.33	20.03
13	14/02/2015	26.23	24.93	23.67	22.87	20.63
14	21/02/2015	25.83	24.23	23.60	22.17	20.53
15	28/02/2015	24.10	23.73	23.13	23.17	19.03
16	07/03/2015	23.47	24.93	23.67	22.87	20.63
17	14/03/2015	25.33	24.73	23.50	21.53	20.37
18	21/03/2015	24.23	22.90	20.97	22.13	19.03
19	28/03/2015	24.83	22.60	21.60	21.63	18.90
20	04/04/2015	24.53	23.20	22.40	22.73	18.77
21	11/04/2015	24.50	23.33	22.57	22.77	18.40
22	18/04/2015	25.17	24.03	22.80	23.07	18.83
23	25/04/2015	25.80	23.77	23.43	22.00	19.73
24	02/05/2015	25.17	24.47	23.10	22.47	19.63
25	09/05/2015	25.03	24.50	23.13	23.33	19.20
26	16/05/2015	23.12	23.32	22.60	21.42	21.42

Fuente: Propia

Plano de distribución de las muestras



**Certificado de análisis de abonos orgánicos.**



Instituto Nacional de Innovación Agraria  
Estación Experimental Illpa-Puno

MINISTERIO DE AGRICULTURA  
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA-INIA  
LABORATORIO DE ANÁLISIS  
ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO  
ANEXO SALCEDO  
Ofic. Principal: Av. La Molina 1981 – La Molina Lima



Instituto Nacional de Innovación Agraria  
Estación Experimental Illpa-Puno

**CERTIFICADO DE ANALISIS N° 094N2AO-2015**

SOLICITANTE : José Luis Ticona Quispe  
DIRECCION :  
PORCEDENCIA : Puno  
PRODUCTO : Abonos orgánicos  
CANTIDAD :  
MUESTREO : Interesado  
TIPO DE ANALISIS : Análisis completo  
N° DE ANALISIS : 05.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 22 de mayo del 2015  
FECHA DE CERTIFICACIÓN : 28 de mayo del 2015

**DETERMINACIONES QUIMICAS**

Determinaciones	0%L+100%E	25%L+75%E	50%L+50%E	75%L+25%E	100%L+0%E
Materia orgánica (%)	32,81	36,98	42,76	48,84	78,46
Nitrógeno total (%)	1,93	1,84	1,59	1,39	1,23
Fósforo disponible (%)	0,97	0,81	0,88	0,73	0,19
Potasio disponible (%)	0,45	0,44	0,41	0,34	0,09
pH	8,02	7,80	7,81	7,24	6,06

**Referencias:**

- Methods of analysis soils, plants and waters. University of California, Division of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpresión, Octubre 1968. 195p.
- Nitrógeno: Método del semimicrokjeldahl (Digestión con ácido sulfúrico).
- Fósforo: Método de metavanadato de amonio (Espectrofotómetro digita 21).
- Potasio: Ataque con ácido sulfúrico (Fotómetro de Flama).
- 1.- Determinación de pH Potenciómetro Calomelano.
- 2.-Determinación de materia orgánica Walkley-Blak.
- 3.-Determinación de Nitrógeno Total Semimicrokjeldahl.
- 4.-Determinación de Fósforo Metavanadato de Amonio.
- 5.-Determinación de Potasio combustión Humeda lectura Fotómetro de Flama.

**Conclusiones:**

La muestra analizada de preparados de sustrato **CUMPLE** con los requisitos de documentos referenciales, utilizado en el análisis.

**Nota:** Ninguno.

**Validez del certificado:** El presente certificado es válido, si permanece en el papel original. El documento en su papel original tendrá validez por el periodo de noventa (90) días calendario a partir de la fecha de emisión.



INIA  
ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILLPA-PUNO  
Ing. JORGE CANIHUA ROJAS  
Jefe Laboratorio Análisis  
SALCEDO

Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso del laboratorio.

www.inia.gop.pe

Rinconada de Salcedo s/n  
Puno, Puno. Perú  
T: (051) 363-812

**Certificado de análisis de lenteja de agua**



Instituto Nacional de Innovación Agraria  
Estación Experimental ILLPA-Puno

MINISTERIO DE AGRICULTURA  
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA-INIA  
LABORATORIO DE ANÁLISIS  
ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO  
ANEXO SALCEDO  
Ofic. Principal: Av. La Molina 1981 – La Molina Lima



Instituto Nacional de Innovación Agraria  
Estación Experimental ILLPA-Puno

**CERTIFICADO DE ANALISIS N° 106TA2C-2014**

SOLICITANTE : José Luis Ticona Quispe  
DIRECCION :  
POROCEDECENCIA : UNA-Puno  
PRODUCTO : Agua  
CANTIDAD :  
MUESTREO : Interesado  
TIPO DE ANALISIS : Análisis Físico-Químico  
N° DE ANALISIS : 01.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 02 de diciembre del 2014  
FECHA DE CERTIFICACIÓN : 06 de diciembre del 2015

**CARACTERISTICAS FISICO - QUIMICAS**

Temperatura °C	19,50	
pH	7,58	
C.E. mmhos/cm 25°C	0,286	
Calcio (como Ca <sup>++</sup> ) meq/l	1,80	36,07 mg/l
Magnesio (como Mg <sup>++</sup> ) meq/l	0,40	4,86 mg/l
Sodio (como Na <sup>+</sup> ) meq/l	0,38	8,74 mg/l
Potasio (como K <sup>+</sup> ) meq/l	1,45	56,69 mg/l
CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	0,00	0,00 mg/l
HCO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	1,80	109,81 mg/l
Cloruros (como Cl <sup>-</sup> ) meq/l	0,10	3,54 mg/l
Sulfatos (como SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> ) meq/l	1,12	53,79 mg/l
Nitratos (como NO <sub>3</sub> <sup>=</sup> ) meq/l	2,00	124,00 mg/l
SAR	0,36	
Clasificación	C2S1	

**Conclusiones:**

La muestra analizada de agua **CUMPLE** con los requisitos de documentos referenciales, utilizado en el análisis.

**Nota:** Ninguno.

**Validez del certificado:** El presente certificado es válido, si permanece en el papel original. El documento en su papel original tendrá validez por el periodo de noventa (90) días calendarios a partir de la fecha de emisión.

Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso del laboratorio.



ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ing<sup>o</sup> JORGE CANFUA ROJAS  
Jefe Laboratorio Análisis  
SALCEDO

www.inia.gop.pe

Rinconada de Salcedo s/n  
Puno, Puno. Perú  
T: (051) 363-812

**Certificado de análisis de substratos orgánicos.**



MINISTERIO DE AGRICULTURA  
 INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA-INIA  
 LABORATORIO DE ANÁLISIS  
 ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO  
 ANEXO SALCEDO  
 Ofic. Principal: Av. La Molina 1981 – La Molina Lima



**CERTIFICADO DE ANALISIS N° 244A2AO-2014**

SOLICITANTE : José Luis Ticona Quispe  
 DIRECCION :  
 POROCEDECIA : Puno  
 PRODUCTO : Substratos orgánicos  
 CANTIDAD :  
 MUESTREO : Interesado  
 TIPO DE ANALISIS : Análisis completo  
 N° DE ANALISIS : 05.  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 22 de noviembre del 2014  
 FECHA DE CERTIFICACIÓN : 30 de noviembre del 2014

**DETERMINACIONES QUIMICAS**

Determinaciones	0%L+100%E	25%L+75%E	50%L+50%E	75%L+25%E	100%L+0%E
Materia orgánica (%)	62,4	65,3	62,7	78,0	80,0
Nitrógeno total (%)	0,85	0,80	1,02	1,09	1,11
Fósforo disponible (%)	0,61	0,58	0,55	0,45	0,14
Potasio disponible (%)	0,36	0,36	0,35	0,28	0,07
pH	8,74	8,53	6,03	5,65	5,02

**Referencias:**

- Methods of analysis soils, plants and waters. University of California, Division of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpression, Octubre 1968. 195p.
- Nitrógeno: Método del semimicrokjeldahl (Digestión con ácido sulfúrico).
- Fósforo: Método de metavanadato de amonio (Espectrofotómetro digital 21).
- Potasio: Ataque con ácido sulfúrico (Fotómetro de Flama).
- 1.- Determinación de pH Potenciometro Calomelano.
- 2.-Determinacion de materia orgánica Walkley-Blak.
- 3.-Determinacion de Nitrógeno Total Semimicrokjeldahl.
- 4.-Determinacion de Fósforo Metavanadato de Amonio.
- 5.-Determinacion de Potasio combustion Humeda lectura Fotómetro de Flama.

**Conclusiones:**

La muestra analizada de preparados de substrato **CUMPLE** con los requisitos de documentos referenciales, utilizado en el análisis.

**Nota:** Ninguno.

**Validez del certificado:** El presente certificado es válido, si permanece en el papel original. El documento en su papel original tendrá validez por el periodo de noventa (90) días calendarios a partir de la fecha de emisión.



ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO  
 Ing° JORGE CANIHUA ROJAS  
 Jefe Laboratorio Analisis  
 SALCEDO

Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso del laboratorio

www.inia.gop.pe

Rinconada de Salcedo s/n  
 Puno, Puno. Perú  
 T: (051) 363-812

PANEL FOTOGRÁFICO



**Figura 11.** Medición de volumen del sustrato.



**Figura 12.** Precompostado de los sustratos.



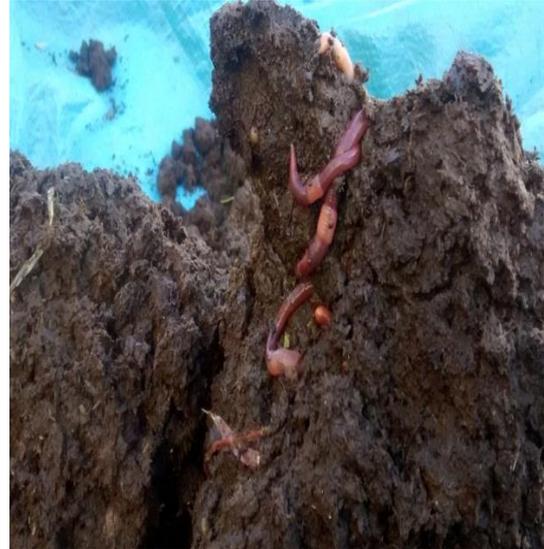
**Figura 13.** Medición de volumen de T5 (100%L+0%E).



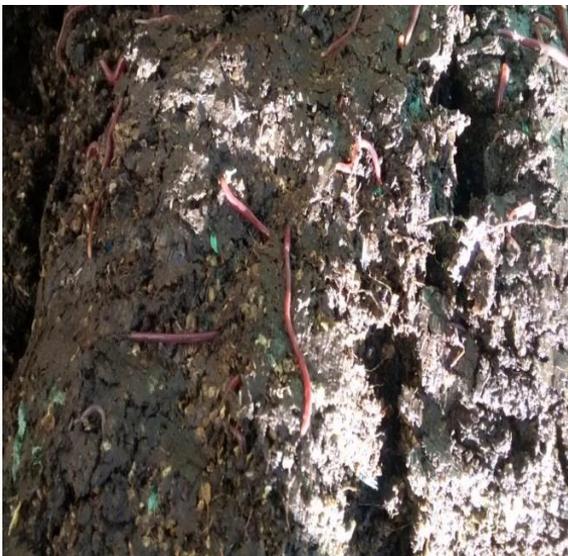
**Figura 14.** Riego de los sustratos.



**Figura 15.** Tapado de los substratos con plásticos.



**Figura 16.** Lombrices inoculadas a los substratos.



**Figura 17.** Población de lombrices juveniles



**Figura 18.** Tratamiento T5 (100%L+0%E).



**Figura 19.** Aireación de los substratos.



**Figura 20.** Estiércol de lombriz.



**Figura 21.** Revisión de Humedad de los substratos.



**Figura 22.** Control de biomasa de las lombrices.