

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE AGRONOMÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TESIS DE GRADO

EVALUACIÓN DE LA HARINA DE LOMBRIZ (*Eisenia foetida*) BAJO DIFERENTES

SUSTRATOS DE ALIMENTACIÓN EN EL MUNICIPIO DE LA PAZ.

PRESENTADO POR:

SILVIA PRIMITIVA MULLISACA QUISPE

LA PAZ – BOLIVIA

2021

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

**EVALUACIÓN DE LA HARINA DE LOMBRIZ (*Eisenia foetida*) BAJO DIFERENTES
SUSTRATOS DE ALIMENTACIÓN EN EL MUNICIPIO DE LA PAZ**

TESIS DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO

SILVIA PRIMITIVA MULLISACA QUISPE

Asesor (es):

Ing.M.Sc. Medardo Wilfredo Blanco Villacorta

Tribunal Examinador:

Ing. Ph.D. José Yakov Arteaga García

Ing. Milton Indalicio Macías Villalobos

Ing. Willams Alex Murillo Oporto

Aprobado:

Presidente Tribunal Examinador:

La Paz – Bolivia

2021

DEDICATORIA



Este documento, representa el pleno esfuerzo de vida que puse para lograr una profesión y sobre todo aquella que soñaba, y es a mis hijos, Alberth Adonis Ajata Mullisaca, Yul Brihan Ajata Mullisaca, a quienes con mucho amor dedico este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

De la manera más profunda deseo expresar mis agradecimientos:

A Dios por brindarme su ayuda a lo largo de mi vida.

A mis queridos padres, Nicolás Mullisaca Tarqui, Ceferina Quispe de Mullisaca, por haberme brindado a lo largo de mi carrera, su amor y comprensión.

A mis hermanos, David, Rafael, Julia, Víctor, Moisés, Hernán, Iván, Efraín, Nury, Alan, quienes me acompañaron a lo largo de la vida con sus consejos y apoyo para lograr mi objetivo.

A mi esposo Sof. Incl. Mus. Edwin Santiago Ajata Cachaca, a quien agradezco por su comprensión a lo largo de nuestra vida y por formar una linda familia.

A mi Asesor Ing. M.Sc. Medardo Wilfredo Blanco Villacorta, quien me guio a lo largo de esta investigación, brindándome las mejores directrices para su realización.

A mis revisores, Ing. Ph.D. Yakov Arteaga García, Ing. Willams Alex Murillo Oporto, Ing. Milton Indalicio Macías Villalobos, quienes a tiempo de revisar me brindaron sus consejos y ayuda para la optimización de mi trabajo de investigación.

A todo el plantel Docente y Administrativo quienes aportaron a mi formación profesional a lo largo de estos años de carrera universitaria.

A mis queridos amigos osos, quienes me acompañaron, apoyaron y dieron lo mejor de sí, para que pueda lograr este objetivo tan anhelado, a todos ellos les quedo muy agradecida por la eternidad y sepan que siempre estarán en el mejor lugar de mi corazón.

Y a todas las personas que creyeron en mí.

Muchas Gracias.

SUMARY

In our environment, earthworms are known as species that transform their food into humus by means of excretion and not so much so in terms of food consumption, it can be consumed as flour and used in the animal and human diet as it has nutritional properties and high protein content. Because malnutrition is an increasing problem, it is seen the need to take new food alternatives and it will also allow us to use the organic waste that is produced by serving it as food for the earthworms.

This research work was carried out in a temperate environment, in the South Macro District of the City of La Paz, Department of La Paz. The following objectives were set: To evaluate the earthworm meal produced under different feeding substrates in California red worms, to determine its nutritional components such as the percentage of protein, fat and raw fiber in dry base, to quantify the yield of flour, also determining the best substrate for production, indicating the cost benefit of each.

The statistical design used was a completely random design (D. C. A.) with 3 treatments and 3 replications, these being T1: flame manure with plant residues and 1.5 kg of earthworm; T2: horse manure with plant residues and 1.5 kg of earthworm; T3: horse manure and flame with plant residues and 1.5 kg of earthworm.

The response variables considered were: Percentage of Protein, Fat and Raw Fiber on dry base, Weight of dry worms and economic analysis (Benefit Cost). The results obtained were as follows: the highest percentage of protein obtained was from treatment 3 with 57.2% protein, treatment 1 with 7.49% fat, and treatment 1 with 2.54% crude fiber. The economic analysis was carried out including all the components of the production, presenting treatments with a cost-effective benefit, but this result derives from a single production.

RESUMEN

En nuestro entorno se conoce a las lombrices como especies que transforman su alimento en humus por medio de la excreción y no tanto así en lo que respecta como consumo alimenticio, este puede ser consumido como harina y empleado en la dieta animal y humana ya que presenta propiedades nutricionales y alto contenido en proteínas. Siendo que la desnutrición es un problema que va aumentando se ve la necesidad de tomar nuevas alternativas de alimentación, además que permitirá dar uso a los desechos orgánicos que se produce sirviendo esta como alimento para las lombrices.

El presente trabajo de investigación, fue realizado en un ambiente atemperado, en el Macro distrito Sur, de la Ciudad de La Paz del Departamento de La Paz. Trazándose los siguientes objetivos: Evaluar la harina de lombriz producida bajo diferentes sustratos de alimentación en lombrices rojas californianas, determinar sus componentes nutricionales como el porcentaje de proteína, grasa y fibra cruda en base seca, cuantificar el rendimiento de harina, determinando también el mejor sustrato para la producción indicando el beneficio costo de cada uno.

El diseño estadístico empleado fue un diseño completamente al azar (D.C.A.) con 3 tratamientos y 3 repeticiones, siendo estos T1: estiércol de llama con residuos vegetales y 1,5 Kg de lombriz; T2: estiércol de caballo con residuos vegetales y 1,5 Kg de lombriz; T3: estiércol de caballo y llama con residuos vegetales y 1,5 Kg de lombriz.

Las variables de respuesta consideradas fueron: Porcentaje de Proteína, Grasa y Fibra cruda en base seca, peso de lombrices secas y el análisis económico (Beneficio costo). Los resultados obtenidos fueron los siguientes: el mayor porcentaje de proteína obtenido fue del tratamiento 3 con 57,2% de proteína, el tratamiento 1 con 7,49 % de grasa, y el tratamiento 1 con 2,54 % de fibra cruda. El análisis económico fue realizado incluyendo todos los componentes de la producción, presentándose tratamientos con un beneficio costo rentable, más sin embargo este resultado deriva de una sola producción.

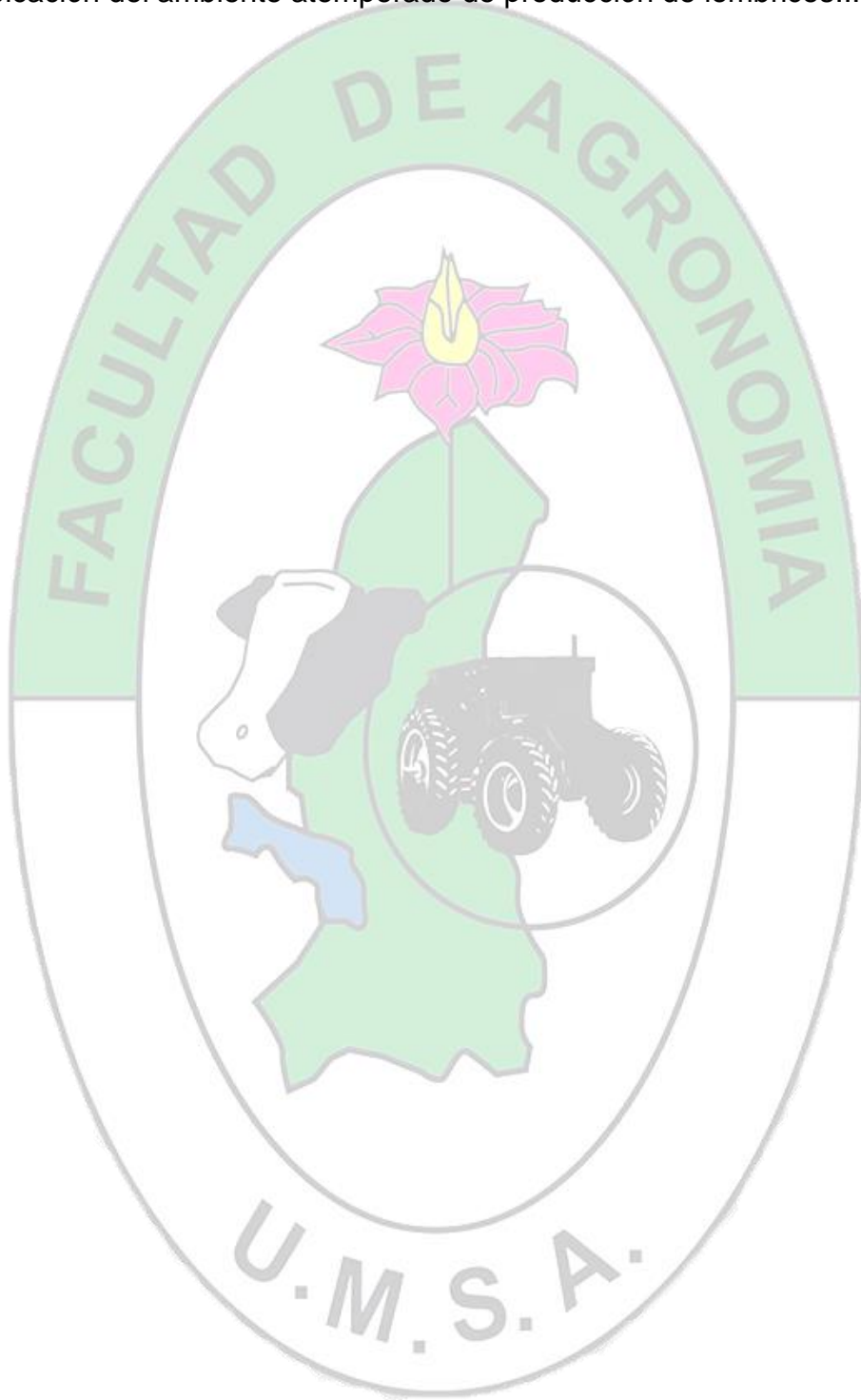
ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.	1
1.1. Antecedentes.	2
1.2. Planteamiento del problema	4
1.3. Justificación	5
2. OBJETIVOS.	6
2.1. Objetivo General	6
2.2. Objetivos Específicos	6
3. MARCO BIBLIOGRÁFICO	7
3.1. La Lombricultura	7
3.1.1. La Lombricultura en la actualidad y su evolución	9
3.1.2. La Lombricultura en Bolivia	12
3.2. La Lombriz Roja Californiana	14
3.2.1. Características generales	14
3.2.2. Características morfológicas	16
3.2.3. Ciclo de vida y reproducción	18
3.2.4. Condiciones ambientales para su reproducción	19
3.2.5. Alimentación	22
3.2.6. Patologías	23
3.2.7. Importancia Económica	24
3.3. Material orgánico de sustratos en Lombricultura	25
3.3.1. Insumos de origen vegetal	25
3.3.2. Insumos de origen animal	26
3.3.3. Insumos de basuras y desechos domiciliarios	28
3.4. Harina de Lombriz	29
3.4.1. Harina de Lombriz para consumo Humano	30
3.4.2. Elaboración de Harina de Lombriz, Metodología SABAC	30

4. LOCALIZACIÓN	33
4.2. Ubicación Geográfica	33
5. MATERIALES Y METODOLOGÍA.....	33
5.1. Materiales.....	33
5.2. Metodología.....	34
5.2.1. Diseño Experimental	40
5.2.2. Variables de Respuesta	41
5.2.3. Análisis Estadístico.....	44
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
6.1. Porcentaje de Proteína en base seca	45
6.2. Porcentaje de Grasa en base seca.	47
6.3. Porcentaje de Fibra Cruda en base seca.....	48
6.4. Peso Total de Lombrices Secas.....	50
6.5. Análisis económico	51
6.5.1. Beneficio Bruto (B.B.).....	51
6.5.2. Costos Variables (C.V.).....	52
6.5.3. Beneficio Neto (B.N.).....	53
6.5.4. Relación Beneficio y Costo (B/C).....	54
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	55
7.1. Conclusiones.....	55
7.2. Recomendaciones.....	56
8. BIBLIOGRAFÍA	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del ambiente atemperado de producción de lombrices..... 33



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis de varianza Porcentaje de Proteína en base seca	45
Tabla 2. Análisis de medias Duncan al 5%.....	45
Tabla 3. Análisis de varianza Porcentaje de Grasa	47
Tabla 4. Comparación de medias Duncan al 5%.....	47
Tabla 5. Análisis de Varianza fibra cruda en base seca	48
Tabla 6. Comparación de medias Duncan al 5%.....	49
Tabla 7. Análisis de Varianza Peso total de Lombrices.....	50
Tabla 8. Análisis de medias Duncan al 5% para tratamientos.....	50
Tabla 9. Beneficio Bruto por tratamiento	52
Tabla 10. Costos variables por tratamiento	52
Tabla 11. Beneficio neto de producción por tratamiento.....	53
Tabla 12. Beneficio costo por tratamiento (bs).....	54



Anexo 1. 4,5 Kg Lombriz Roja Californiana	66
Anexo 2. Baldes de 18 L con malla antiafidos	66
Anexo 3. Termómetro de mercurio, recipientes de plástico y papel Ph	67
Anexo 4. Delimitación del terreno 7 metros por 3	67
Anexo 5. Recolección de material vegetal en bolsas.....	68
Anexo 6. Descomposición de estiércol	68
Anexo 7. Perforado de baldes, para oxigenación	69
Anexo 8. Establecimiento de lombrigueras.....	69
Anexo 9. Llenado de baldes con 2 Kg de precompost.....	70
Anexo 10. Medición de pH.....	70
Anexo 11. Salmuera de lombrices	71
Anexo 12. Secado en Horno.....	71
Anexo 13. Molienda de lombrices cocidas.....	72
Anexo 14. Recipientes llenos de pre compost.....	72
Anexo 15. Regado de camas.	73
Anexo 16. Análisis de Varianza y Comparación de medias Duncan porcentaje de proteína	74



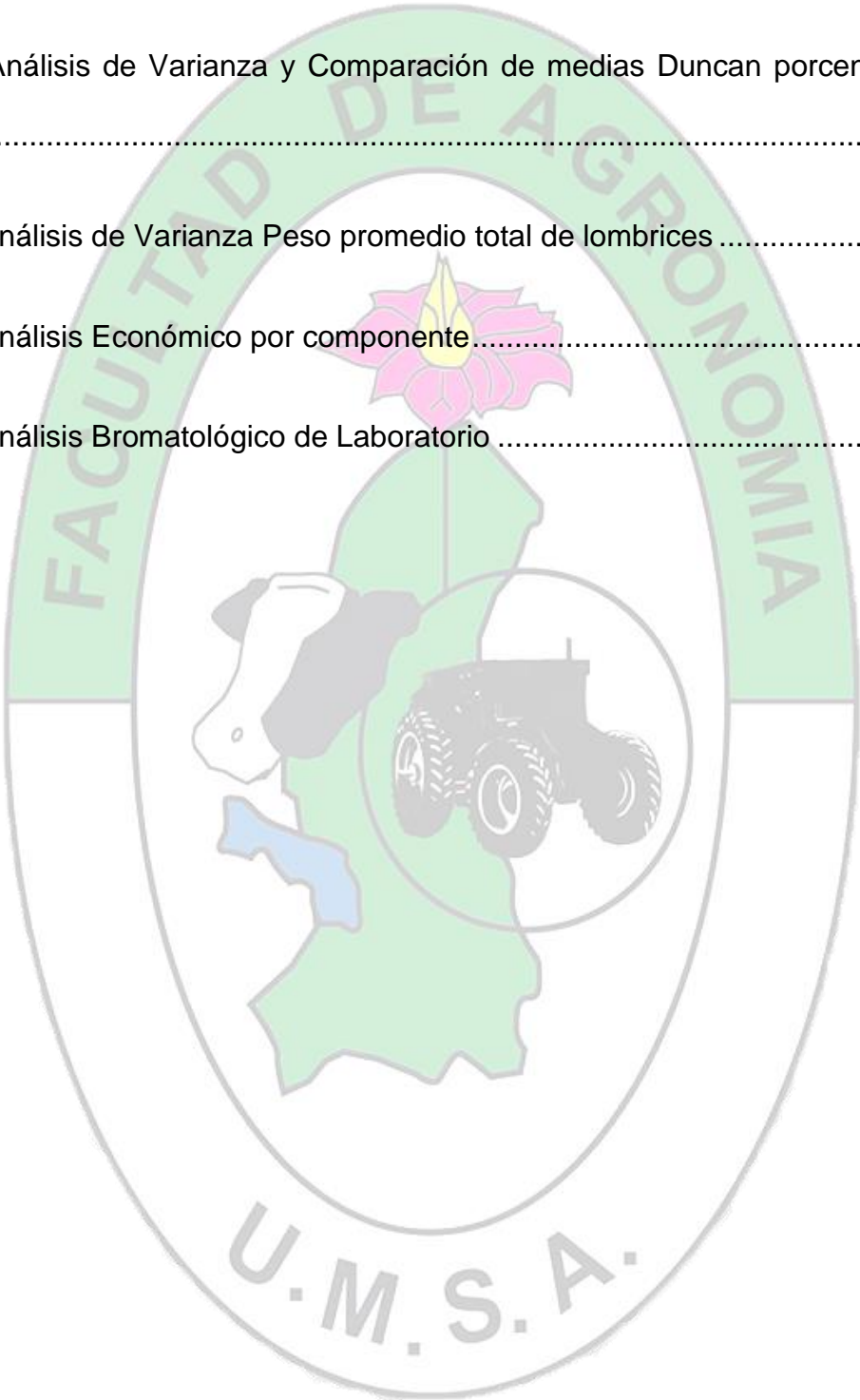
Anexo 17. Análisis de Varianza y Comparación de medias Duncan porcentaje de grasa 75

Anexo 18. Análisis de Varianza y Comparación de medias Duncan porcentaje de fibra cruda 76

Anexo 19. Análisis de Varianza Peso promedio total de lombrices 77

Anexo 20. Análisis Económico por componente 78

Anexo 21. Análisis Bromatológico de Laboratorio 79



1. INTRODUCCIÓN.

A medida que se incrementa la población mundial en las áreas urbanas, suburbanas y rurales de las provincias, los aspectos socio-ambientales relacionados con el suelo, el agua, el aire y la alimentación, se ven afectados con la contaminación ambiental de tipo antrópico. Del total de residuos que generalmente se genera por las diversas actividades humanas, en nuestro País según datos estadísticos un 55% corresponde a materiales biodegradables Loza Murguía, m., (2010).

Schuldt, M. (2006). Señala que, durante los últimos años, investigadores de todo el mundo proponen y ensayan diferentes opciones alimenticias para las comunidades, dentro de éstas, destaca la producción de diversos materiales alimentarios utilizando a la lombriz *Eisenia foetida*. La Lombricultura como hoy se le conoce, es el proceso de la reproducción y cría de las lombrices.

Las lombrices pueden crecer y reproducirse ingiriendo sustancias orgánicas, paja triturada, papel o cartón, convirtiendo todos estos desechos orgánicos en humus de lombriz que sirve como un abono para la producción de cultivos. No obstante, la lombriz puede ser utilizada para la producción de harina, que se constituye en un alimento de consumo humano muy rico en proteína Schuldt, M., et al. (2007).

Es así como el presente trabajo de investigación desarrolló dentro de sus componentes todo el proceso productivo de harina de lombriz californiana bajo diferentes sustratos orgánicos de alimentación para su posterior transformación y evaluación.

1.1. Antecedentes.

Dentro del ámbito de la investigación de harina de lombriz y sus contenidos, resaltan varios trabajos investigativos siendo alguno de ellos, los siguientes:

Evaluación de diferentes sustratos en la alimentación de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) a efectos de mejorar su producción. El objetivo del estudio fue evaluar los efectos de algunos sustratos utilizados en la alimentación de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) a efectos de mejorar su producción. La investigación se llevó a cabo por el método experimental con nueve tratamientos y tres repeticiones, dispuestos en un diseño completamente al azar. Los sustratos utilizados fueron: estiércol de vacuno, estiércol de cuy, estiércol de gallina, pluma y sangre bovina. El trabajo se ejecutó en 60 días del año 2018 en la Estación Experimental Agrícola de Chachapoyas, de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza (UNTRM) de Amazonas (Perú). Los resultados demuestran que al utilizar los sustratos en mención en la alimentación de la lombriz se pueden lograr mejoras en lo concerniente al peso corporal, la densidad poblacional y el contenido proteico de la harina, lo que no se podría afirmar en lo concerniente a la composición química del compost cuyos resultados son inferiores a los logrados en otros trabajos similares. En conclusión, se podría afirmar que los parámetros productivos relativos al peso corporal, la densidad poblacional y el porcentaje proteico de la harina aumentan o disminuyen de acuerdo

al tipo de tratamiento utilizado. Chávez, V. M. C., Guadalupe, A. L. G., & Mas, E. C. (2019).

En la universidad San Carlos de Guatemala se llevó a cabo el trabajo de investigación titulado: Estudio de factibilidad para producir Harina a partir de Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*) para ser utilizada en la elaboración de concentrados para animales en Guatemala, Para ello, realizaron un análisis de mercado en el que se determinó que la demanda de la harina de lombriz en Guatemala es de 593,182 Kg. anuales (13,050 qq), para cubrir el 25% de la producción anual de concentrados en el país en el estudio de impacto ambiental se determinó la necesidad de construir una fosa séptica y un pozo de absorción para el tratamiento de las aguas de desecho domésticas y la construcción de un tanque de sedimentación para el tratamiento primario de las aguas de desecho del proceso previo a ser enviadas al pozo de absorción, eliminado así el riesgo de contaminación del manto acuífero. Por último, en el estudio económico se determinó que es necesaria una inversión inicial de Q 6,922.232.34 para el montaje de la planta. Se estableció un precio de venta de Q 157.48/ Kg. para el primer año de labores. Mediante el análisis de rentabilidad se estableció un valor actual neto (VAN) de Q 11, 038,218.04, una tasa interna de retorno (TIR) de 40% y un tiempo de recuperación de la inversión de 3 años. Con esto se establece la factibilidad técnica y económica para montar una planta procesadora de harina de lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*) en el departamento de Santa Rosa en Guatemala. Clavería, C. (2005).

De esta manera podemos evidenciar que se ha desarrollado diversos trabajos investigativos para la producción de harina de lombriz, obstante a ellos este trabajo de

investigación pretende constituirse en una referencia bibliográfica para la producción de harina de lombriz en nuestro país, y en específico en nuestro departamento.

1.2. Planteamiento del problema

Murillo, D., & Gonzales de Prada, E. (2006). Indican, la desnutrición es uno de los problemas más apremiantes de la población infantil en Bolivia. Las condiciones sociales, políticas y económicas no han permitido erradicar este flagelo y actualmente es una de las prioridades para el sistema de salud. La Atención Integrada a las Enfermedades Prevalentes de la Infancia (AIPEI) y el Seguro Universal Materno Infantil (SUMI), priorizan el problema de la desnutrición en el menor de cinco años, como una manera efectiva de reducir la elevada morbi-mortalidad asociada, junto con la reducción de las otras enfermedades prevalentes de la infancia.

En la ciudad de La Paz, la basura que se genera constituye un problema muy importante, debido a que cerca de la mitad de la cantidad que se recoge diariamente es de origen vegetal, que proviene de viviendas domiciliarias, mercados, supermercados e industria alimenticia. Enfocando el problema se tiene que estas grandes cantidades de desechos no tienen un manejo, ni aprovechamiento adecuado, es decir, que esta basura no tiene un tratamiento final conveniente. Quisbert, E. A., & Castro, J. M. (2018).

Tomando en cuenta la información anterior, queda concluir que es muy necesario establecer una alternativa para que se pueda aprovechar ese tipo de desechos sólidos, que de manera negativa afecta al medio ambiente y que se encuentran sin ser utilizados como buena fuente de materia prima que son, para producir un abono de

carácter natural y propiedades beneficiosas que servirá como un producto más para la producción de lombrices que derivaran en su transformación en harina.

1.3. Justificación

En estos tiempos a nivel mundial, se están observando cambios en la productividad de los alimentos ya que cada vez se ha querido mejorar la calidad de los mismos, tanto para un mejor disfrute de los seres humanos como para el máximo aprovechamiento de los contenidos proteicos obtenidos en cada uno de los distintos alimentos, una de las más aceptadas fuentes de complementos proteicos actualmente es la harina de lombriz, realizada a partir de lombrices de tierra, las cuales mediante distintos sistemas de secado, se convierten en una harina de altísimo valor proteico, esta es utilizada como complemento alimenticio y es agregada en la mayoría de los alimentos que comúnmente son consumidos actualmente. Pires, M. B. (2013).

Es así que la investigación fue basada en la producción de harina de lombriz bajo diferentes sustratos de alimentación a lombrices californianas, con el objetivo de evaluar los contenidos proteicos, fibra cruda, grasa y calidad de los diferentes tratamientos.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Evaluar la harina de lombriz (*Eisenia foetida*) bajo diferentes sustratos de alimentación en el Municipio de La Paz.

2.2. Objetivos Específicos

- Determinar componentes nutricionales de la harina de lombriz (*Eisenia foetida*), porcentaje de proteína, porcentaje de grasa, y porcentaje de fibra.
- Cuantificar el rendimiento de Harina de lombriz en el total de cada tratamiento.
- Determinar el mejor sustrato para la producción de lombrices.
- Indicar el beneficio costo para la producción de harina de lombriz.

3. MARCO BIBLIOGRÁFICO

3.1. La Lombricultura

Fajardo, V. (2002), manifiesta que la Lombricultura consiste en el cultivo intensivo de la lombriz *Eisenia foetida* (roja californiana); la cual transforma los residuos orgánicos aprovechándolos como abono para los cultivos agrícolas. A estos desechos orgánicos arrojados por la Lombriz se le conoce con el nombre de Humus, que es el mayor estado de descomposición de la materia orgánica y es un abono de excelente calidad. Además, la Lombriz roja californiana tiene un 70% en proteína lo que significa que es ideal para la alimentación de animales como cerdos o peces. Por otra parte, ofrece una buena alternativa para el manejo de desechos contaminantes como basura orgánica de ciudades, desechos orgánicos de industrias, estiércoles de establos, etc.

Para Ocsa (1995), la implantación de un cultivo de lombrices, puede cumplir tres funciones: - reciclaje de estiércoles animales, residuos de mercados, hortofrutícolas y reciclaje de residuos urbanos e industriales. - producción de fertilizante, totalmente orgánico - producción de carne de proteínas y harinas proteínicas para la alimentación.

Según Pineda (1996), la lombricultura es una técnica de la crianza y manejo de las lombrices en cautiverio, con fines de obtención tanto de humus como la harina de 7

lombriz de tierra es una habitante común de los suelos agrícolas especialmente bajo condiciones adecuadas de textura, humedad, temperatura, pH y materia orgánica.

Compagnoni, L. y Putzolu G. (1995), indican que 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 humus, 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. El estiércol de estas lombrices tiene cuatro veces más nitrógeno, veinticinco veces más fósforo, y dos veces y media más potasio que el mismo peso del estiércol bovino; ningún abono orgánico similar lo iguala, presentando un conteo bacterial benéfico de bacterias aeróbicas, hongos y actinomicetos; también adiciona vitaminas, fitohormonas y enzimas las cuales tienen una relación directa con la disponibilidad de nutrimentos para las plantas, además de una duración ilimitada que lo hace único entre los abonos orgánicos.

Novoa, C. M. (2013).

3.1.1. La Lombricultura en la actualidad y su evolución

Jaime, Q. A. (1995), si Charles Darwin no hubiera escrito su libro sobre la Teoría de la Evolución, probablemente sería más conocido por sus 40 años de estudios sobre la lombriz de tierra, cuyos resultados los plasmó en su libro "La Obtención de la Tierra Vegetal por Acción de las Lombrices". Hay quienes sostienen algunas apariciones de la lombriz como alimento de indios americanos, si bien se asegura que por 1920 Thomas Barret fue el precursor de la explotación intensiva, en California, aunque por la misma época un suizo, Roth, las trajo de Europa y las utilizaba en labores agrícolas en Argentina.

Las lombrices rojas "californianas" fueron criadas intensivamente a partir de los años 50 en California (EEUU). Esta lombriz originaria de Eurasia es ***Eisenia foetida***. Especie que en alguna literatura no científica se denomina "Rojo Híbrido", lo que ha dado lugar a no pocas confusiones ya que no se trata de un híbrido sino de una lombriz que al igual que el resto de sus parientes son el resultado de la selección natural. Al presente es la especie más cultivada en el mundo entero, dada su rusticidad, tolerancia a los factores ambientales (pH. temperatura, humedad), potencial reproductor y capacidad de apiñamiento. Toccalino, P. A., et al. (2004).

Rodríguez, Á. R. (1996). Indica que, en la época actual, muchos países continúan utilizando técnicas obsoletas de crianza, siempre ligadas a usos del campo por medio del humus, reconociendo que es el mejor fertilizante orgánico que se conoce. La palabra "Lombricultura" nace como razón social de un grupo de investigadores en Sudamérica en la década de los 70, cuando aparecen nuevas técnicas de crianza y se comienza a extender su uso. Sin embargo, en Latinoamérica ya se conocían anglicismos que se posesionaban de esta actividad, como "vermicomposta" o "lombricomposta" en lugar de "humus", que es la denominación correcta. En la segunda mitad de la década de los 80, se marca la mayor época expansiva de la Lombricultura en Latinoamérica, quizás más acertadamente en Sudamérica: Chile, Perú, Ecuador, Colombia, Argentina, Bolivia, Brasil; aunque en casi todos los otros países, en menor escala, esta actividad también se daba.

En Cuba la situación político-económica que impidió seguir importando fertilizantes químicos, coadyuvó al desarrollo de la Lombricultura en gran escala. España, Italia, Australia, India, Estados Unidos de Norteamérica, Canadá cuentan entre los países donde la Lombricultura se mantenía y extendía con mayor interés del Pozo, Y. M., et al. (2008).

Jaime, Q. A. (1995), la lombriz ya no solamente es la productora de humus con desechos del campo y de animales, que nos permite tener alimentos vegetales totalmente orgánicos, sino que está apareciendo en varios escenarios: Se ha constituido en un excelente instrumento para la defensa ecológica del medio ambiente. Es generadora de nuevas actividades laborales y económicas y es una alternativa de primer orden para la nutrición humana. Todo en medio de un marco de técnicas sencillas, capacitación adecuada, bajas inversiones, alta rentabilidad y buen manejo de mercadotecnia.

Ahumada, G., et al. (2006) pregunta, ¿Cuáles son los productos utilizables de la lombriz? Se ha dicho que el primero sería el humus. Luego los excedentes de agua utilizada en el humedecimiento de los lechos. Seguimos con los excedentes de lombrices que los transformaremos en pie de cría. El líquido celomático que tiene aplicaciones farmacéuticas y, de manera especial, el cuerpo de la lombriz convertido en harina, por la alta taza nutritiva que contiene, integrada por proteínas en un 70 a 80%, aminoácidos y vitaminas.

Rojas Veizaga, R. (2018) señala que, la basura urbana es uno de los problemas más neurálgicos, pues crece día a día, cada vez hay menos sitios para tirarla y su descomposición es el más serio enemigo del medio ambiente y ecosistemas. Es

necesario bajar los volúmenes de desechos orgánicos, destruyéndolos en sus centros de producción, es decir en los hogares, en los mercados, restaurantes, hospitales, etc., mediante la elaboración de programas, capacitación y disposiciones que permitan ver a las personas que su basura puede ser convertida en dinero. Que estos desechos pueden ser una fuente de ingresos y no de molestias, con técnicas sencillas caseras, o uniendo a vecinos para manejos conjuntos, y hasta llegando a la utilización de equipos electrónicos con tecnología de punta, todos ellos activados por lombrices de tierra que son las encargadas del perfecto reciclaje orgánico.

3.1.2. La Lombricultura en Bolivia

En la granja ecológica de Sica - Sica, capital de la provincia Aroma de la Paz, comenzaron la producción de lombrices rojas californianas el año 1986, donde se logró observarlas y analizarlas durante 6 años de crianza hasta conseguir la estabilidad de la población en un clima y altura adversos al propio Rojas, (1999).

Actualmente continúan con la producción de humus. En la Granja de Calamarca comenzaron a utilizar la lombriz en el año 1995, logrando incrementos del 50% en los rendimientos de hortalizas que contenían humus de lombriz.

Para Yépez (2012), citado por Sullcata (2014), la primera colonia de la lombriz roja californiana llegó a Bolivia en 1989, específicamente al instituto de investigaciones

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

Las lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*) consumen los residuos orgánicos en su estado fresco de los rellenos sanitarios de Alpacoma y Mallasa (en proceso de cierre), producen una considerable cantidad de humus que se utiliza como fertilizante en la recuperación de suelos de ambos predios. Estas lombrices fueron utilizadas por lograr adaptarse en un 100% a las condiciones climáticas, permitiendo generar 115 tn de humus solamente en Mallasa y una cantidad menor en Alpacoma Sulcata (2014).

Rojas Veizaga, R. (2018), indica que el proyecto comenzó el año 2000 en el municipio de La Paz donde se genera un promedio de 450 tn de basura por día, de los cuales casi el 60% equivalente a 270 tn, corresponden a residuos orgánicos. Por cada tonelada de residuo orgánico que se coloca en una fosa de crianza de lombrices, se obtiene un promedio de 500 kg de humus de lombriz, en un promedio de tres meses.

3.2. La Lombriz Roja Californiana

3.2.1. Características generales

Bollo, E. (1999), manifiesta que se la conoce como Lombriz Roja Californiana porque es en ese estado de E.E.U.U. donde se descubrieron sus propiedades para el ecosistema y donde se instalaron los primeros criaderos. La lombriz es un anélido hermafrodita, reúne características morfo fisiológicas y comportamentales muy importantes para introducirla dentro de una explotación zootécnica.

Fajardo, V. (2002), reporta que la Lombriz Roja Californiana vive normalmente en zonas de clima templado; su temperatura corporal oscila entre 19 y 20°C y humedad del 82%. En estado adulto mide entre 7 y 10 cm de longitud con un diámetro de 3 a 5 mm; su peso aproximado es de un gramo. Una lombriz consume diariamente una cantidad de residuos orgánicos equivalente a su peso: el 60% se convierte en abono y el resto lo utiliza en su metabolismo y para generar tejidos corporales. Vive hasta 16 años, durante los cuales se acopla regularmente cada 17 días (45 días lombriz común), desde los tres meses de edad si la temperatura y humedad del medio son adecuadas.

Suquilanda, M. (1996), manifiesta que sus características morfológicas y fisiológicas específicas la hacen una excelente fábrica procesadora de todo tipo de materia orgánica en descomposición; su producto final, el lombrihumus, de excelentes

características agronómicas permite recuperar suelos al aportar altos niveles de microorganismos y elementos químicos benéficos para cualquier tipo de cultivo.

Entre las pocas especies de lombrices que pueden explotarse en cautividad está la lombriz Roja californiana, la cual se ha obtenido, por selección de varios tipos para dedicarla a la producción de humus por su alta adaptación y prolificidad, vive en grandes densidades, se reproduce en cautiverio, es muy voraz, acepta todo tipo de desechos orgánicos, cada día come el equivalente del peso de su cuerpo y el 60 % del alimento lo expele en forma de humus. Las lombrices rojas contribuyen a descomponer los restos orgánicos, obteniendo como producto final lombricompost o humus de lombriz, un abono natural muy apreciado MMyA, (2012).

La cantidad de humus producida por la lombriz roja californiana y otras especies conocidas de lombriz es idéntica. Comen una cantidad equivalente a su propio peso 1 g diario y expulsan el 60% de la misma en forma de humus, solo se puede conseguir una mayor producción del mismo aumentando el número de individuos presentes, por unidad de habitáculo Ferruzzi, (1994).

Cuando el humus obtenido procede de la actuación de las lombrices sobre varias sustancias, se generan productos de distinto valor, dependiendo fundamentalmente

de los balances que presenten dichas sustancias de diversos alimentos, pudiéndose llegar a conseguir un producto final de gran calidad. Ferruzzi, (1994).

Existe toda una gama de crianza de lombrices, desde barriles de plástico en la cocina de departamentos urbanos hasta plantas industriales automatizadas con una producción de cientos de toneladas de lombricompost al mes Mustin, (1987); Appelhof, (1988) citado por Benzing A., (2001). Las lombriceras más comunes en la región andina son lechos largos de madera, adobe o ladrillo. Benzing A. (2001).

3.2.2. Características morfológicas

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

- Cutícula. Es una lámina muy delgada de color marrón brillante, quitinosa, fina y transparente. Epidermis. Situada debajo de la cutícula, es un epitelio simple con células glandulares que producen una secreción mucosa. Es la responsable de la formación de la cutícula y del mantenimiento de la humedad y flexibilidad de la misma. También existen células glandulares que producen una secreción serosa.

- Capas musculares. Son dos, una circular externa y otra longitudinal interna.

Peritoneo. Es una capa más interna y limita exteriormente con el celoma de la lombriz.

- Celoma. Es una cavidad que contiene líquido celómico y se extiende a lo largo del animal, y dentro de este se suspenden los órganos internos del animal. Los órganos y sistemas que posee la lombriz son los siguientes:

- Aparato circulatorio. Formado por vasos sanguíneos. Las lombrices tienen dos vasos sanguíneos, uno dorsal y otro ventral. Posee también otros vasos y capilares que llevan la sangre a todo el cuerpo. La sangre circula por un sistema cerrado constituido por cinco pares de corazones.

- Aparato respiratorio. Es primitivo, el intercambio de oxígeno se produce a través de la pared del cuerpo. Los capilares junto con la cutícula húmeda reciben oxígeno y eliminan anhídrido carbónico

- Sistema digestivo. La boca posee una faringe muscular que actúa como bomba de succión. Las células del paladar son las encargadas de seleccionar el alimento que pasa posteriormente al esófago donde se localizan las glándulas calcíferas.

Estas glándulas segregan iones de calcio, contribuyendo a la regulación del equilibrio ácido básico, tendiendo a neutralizar los valores de pH. Posteriormente tenemos el buche, en el cual el alimento queda retenido para dirigirse al intestino.

La lombriz californiana se alimenta de animales, vegetales y minerales. Antes de comer tejidos vegetales los humedece con un líquido parecido a la secreción del páncreas humano, lo cual constituye una predigestión. Fajardo, V. (2002),

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

3.2.3. Ciclo de vida y reproducción

Fajardo, V. (2002), nos revela que son hermafroditas, no se auto fecundan, por tanto es necesaria la cópula, la cual ocurre cada 7 o 10 días. Luego cada individuo coloca una cápsula (huevo en forma de pera de color amarillento) de unos 2 mm de la cual

emergen de 2 a 21 lombrices después de un periodo de incubación de 14 a 21 días, dependiendo de la alimentación y de los cuidados. Durante el acoplamiento giran en sentidos opuestos, se contactan los aparatos masculinos y femeninos de cada lombriz y reciben mutuamente esperma.

La actividad sexual está disminuida en los meses muy calurosos, como también en los meses demasiado fríos. Logra su madurez sexual a los tres meses, pero se considera adulta a los siete meses de su nacimiento. Fajardo, V. (2002),

Una lombriz roja puede producir anualmente en condiciones normales de humedad y temperatura 1500 lombrices. Al nacer las lombrices son blancas, transcurridos 5 o 6 días se ponen rosadas y a los 120 días ya se parecen a las adultas siendo de color rojizo y estando en condiciones de aparearse. Gallardo, L., et al. (2018).

3.2.4. Condiciones ambientales para su reproducción

Mamani Lima, W. (2016). Señala lo siguiente:

a) Humedad

Será del 80% para facilitar la ingestión de alimento y el deslizamiento a través del material. Si la humedad no es adecuada puede dar lugar a la muerte de la lombriz. Las

lombrices toman el alimento chupándolo, por tanto, la falta de humedad les imposibilita dicha operación. El exceso de humedad origina empapamiento y una oxigenación deficiente.

b) Temperatura

El rango óptimo de temperaturas para el crecimiento de las lombrices oscila entre 12-25° C; y para la formación de cocones entre 12 y 15° C. Durante el verano si la temperatura es muy elevada, se recurrirá a riegos más frecuentes, manteniendo los lechos libres de malas hierbas, procurando que las lombrices no emigren buscando ambientes más frescos.

c) PH

El pH óptimo para su desarrollo está en un rango de 7 a 8. Es indispensable efectuar la prueba de acidez cada vez que se recibe una nueva partida de material orgánico con la finalidad de controlar su envejecimiento y su estado de descomposición. Se utiliza papel tornasol o el potenciómetro para determinar el valor de acidez o basicidad del sustrato.

Para esta prueba se toma con la mano una muestra muy húmeda de estiércol; se introduce una tira de dicho papel en medio del estiércol y se mantiene la mano cerrada

durante 20 a 30 segundos; luego se compara la coloración obtenida con la escala de colores que trae el empaque. Si el pH es ácido, se desarrollará en el sustrato la plaga conocida comúnmente como plenaria. Mamani Lima, W. (2016)

d) Riego

Mamani Lima, W. (2016). Señala, los sistemas de riego empleados son el manual y por aspersión. El manual consta de una manguera de goma de características variables según la función de los lechos. Por su sencillez es muy difundido, pero requiere un trabajador implicado exclusivamente en esta labor. El riego por aspersión requiere mayor inversión, habiendo diversas modalidades según su disposición en los lechos. Si el contenido de sales y de sodio en el agua de riego son muy elevados darán lugar a una disminución en el valor nutritivo del vermicomposta. Los encharcamientos deben evitarse, ya que un exceso de agua desplaza el aire del material y provoca fermentación anaeróbica.

e) Aireación

Es fundamental para la correcta respiración y desarrollo de las lombrices. Si la aireación no es la adecuada el consumo de alimento se reduce; además del apareamiento y reproducción debido a la compactación.

Dentro del lecho debe existir un adecuado intercambio gaseoso, el cual está relacionado con la textura del sustrato. La presencia de material altamente compacto o los excesos de agua que saturan los poros del lecho producen una disminución de O₂ peligrosa para la supervivencia del animal, se debe evitar el uso de plásticos tanto en el fondo del lecho como de cubierta usar como protectores materiales como costal, paja, hojas de plátano entre otras. Mamani Lima, W. (2016)

3.2.5. Alimentación

Fajardo, V. (2002), señala que las lombrices comen casi cualquier sustancia orgánica putrefacta y son muy golosas para los azúcares, las sales y la celulosa. Cuanto más fino sea el granulado de la comida, menor dificultad tendrá para ingerirla y por tanto mayor será la producción de humus; es indispensable que el granjero triture el alimento antes de suministrarlo, para acelerar el proceso de degradación y mejorar la textura. Como son muy voraces y les encanta la celulosa aceptan el papel y el cartón siempre y cuando estén bien humedecidos. Se les puede dar viruta y aserrín de madera que proceda de árboles pobres de resina y bajos taninos (las virutas de madera roja poseen altas cantidades), pues el exceso de esta sustancia es tóxico para las lombrices. También aceptan muy bien el estiércol previo un tratamiento de maduración.

La calidad del alimento influye en la producción y fecundidad de las cápsulas, si la lombriz es trasladada periódicamente a alimentos frescos la producción de cápsulas y la fecundidad aumenta, la adición constante de alimentos frescos incrementan su peso y producción. Se asegura que la calidad de la alimentación influye mucho sobre la reproducción, Romero, F. (2004), quien alimentó con residuos de cocina y obtuvo resultados de 21145, anélidos y León, P. (2002) quien alcanzó 15563 (en 90 días iniciando con un promedio de 3300).

3.2.6. Patologías

López Izurieta, M. (2017), reporta que las enfermedades en los criaderos de lombrices no son muy frecuentes, aunque el hábitat de las lombrices puede verse afectado por la presencia de bacterias.

La patología más importante es la intoxicación proteica, provocada por la presencia de un elevado contenido de sustancias ricas en proteínas no transformadas en alimento por las lombrices. Estas sustancias proteicas en exceso favorecen la proliferación de microorganismos, cuya actividad genera gases y provoca un aumento de la acidez del medio. Las lombrices ingieren los alimentos con una excesiva acidez que no llega a ser neutralizada por sus glándulas calcíferas. Por tanto, se produce la fermentación en el buche y en el ventrículo provocando su inflamación. Los síntomas más frecuentes

suelen ser el abultamiento de la zona clíterar, coloración rosada o blanca de las lombrices y una disminución generalizada de su actividad. Como medida de control se debe remover la tierra para favorecer la oxigenación y la aplicación de elevadas dosis de carbonato cálcico. López Izurieta, M. (2017),

3.2.7. Importancia Económica

López Izurieta, M. (2017) explica que la eliminación de los residuos urbanos y desechos agroindustriales son un problema a nivel mundial. La solución a este grave inconveniente es la selección de las basuras y con la ayuda de las lombrices se puede regenerar y transformar éstas en un 100% de fertilizante orgánico.

La lombriz roja californiana tiene una gran importancia económica, pues los diversos productos provenientes de la Lombricultura (lombrihumus, carne de lombriz, lombriz viva, harina de lombriz) tienen grandes posibilidades de comercialización en todo el mundo, pero su calidad es un factor importante para obtener los mejores precios del mercado. Bourbotte, J. E., & Gebruers, Y. (2016).

La carne de lombriz puede ser utilizada en la alimentación animal de forma cruda y directa o en la elaboración de harina de carne de lombriz para ser mezclada con otros productos y producir concentrados de excelente calidad. Los ingresos de producción (venta de lombriz, humus u otros), permiten realizar un estado de pérdidas y ganancias

y establecer un punto de equilibrio a partir del cual se empiezan a tener ganancias sobre el capital invertido. En este tipo de producción el tiempo para llegar al punto de equilibrio es corto y se obtienen ganancias a los pocos meses de haber iniciado López Chén, J. D. (2014). La producción de lombrices tiene buenas perspectivas ya que es un negocio que se adapta a las fincas de producción sostenible y diversificada ofreciendo una buena alternativa para el manejo ecológico de los desechos contaminantes como basura orgánica de ciudades, desperdicios de restaurantes y estiércoles de establos.

3.3. Material orgánico de sustratos en Lombricultura

3.3.1. Insumos de origen vegetal

Deffis, A. (1992), indica que entre los desechos de origen vegetal están las hojas, pastos, flores, tallos, pajas, frutas, verduras y restos de plantas generados en procesos agroindustriales. Todos estos materiales pueden ser utilizados en la alimentación animal siempre y cuando se realice un proceso de pre compostaje, que es necesario previo a ser facilitado a las lombrices. Uno de los problemas más importantes a considerar en su manejo es la alta humedad de éstos, así como su contenido de azúcares, que hace que fácilmente fermenten y se conviertan en un problema. Por otra

parte, cuando se manejan adecuadamente se convierten en un excelente alimento para las lombrices, produciendo un magnífico humus.

- Residuos de silos: en general, siendo los de alimentos balanceados grandes contaminantes.
- Residuos de la industria maderera: como el aserrín y la viruta previamente reducida a partículas pequeñas.
- Residuos vegetales: tales como hojas, pasto o tallos despedazados.
- Restos de hortalizas: tortas y pellets de oleaginosas, como el girasol, soja, lino, algodón.
- Rollos o fardos viejos de pasturas, rastrojos de diferentes cultivos. Residuos de cocina: en su mayoría residuos de frutas, cortezas de tubérculos Residuos de cosechas.

3.3.2. Insumos de origen animal

Deffis, A. (1992), indica que los estiércoles individuales o mezclados con otros y con desechos vegetales son el alimento más apetecido por las lombrices en general, por lo que el manejo de aquéllos resulta bastante eficiente con lombrices de tierra. Puros o en camas en base a aserrín, viruta, pajas o cáscaras de cereales.

Estiércol de bovino: Este estiércol presenta una condición de manejo fácil, debido a su menor compactación y su acidificación y a que tiende a ser más atractivo para los insectos, algunos de los cuales se pueden convertir en plagas. Tiene la ventaja de que contiene enzimas que ayudan a facilitar la acción bacteriana al pasar por el tracto digestivo de la lombriz. Vázquez, E. G., et al. (2007). El contenido de nitrógeno depende del tipo de alimentación suministrado a los animales, ya sea forrajes, mezcla con leguminosas o con complemento a base de concentrados. Oscilando entre 1,0 y 2,0 de nitrógeno, adicionalmente contiene vitaminas, antibióticos que ayudan al crecimiento de la lombriz, por tanto, resulta una excelente fuente de alimentación. Se requiere un periodo previo de maduración antes a su uso como alimento, este periodo puede oscilar entre 8 a 15 días, dependiendo de las condiciones climáticas fundamentalmente temperatura.

Díaz, M. F. (2013). Señala que, las experiencias demuestran que éste puede ser manejado solo o en mezcla con otros materiales como forrajes de desecho, restos de vegetales, aserrín sin ningún problema, desde luego considerando las medidas oportunas en manejo previo a ser utilizado en la alimentación.

Estiércol porcino: Novoa, C. M. (2013) indica: No es muy aconsejable pues hay que esperar que se descomponga lo suficiente para poderlo suministrar a las lombrices.

Residuos de criadero de gallina: cama de pollo, da un residuo con fósforo complicado de procesar. Residuos de criadero de conejos: cuyes, caballos; son los mejores para procesar, constituye un alimento óptimo, constituyendo un sustrato donde las lombrices pueden vivir. Residuos de mataderos: carne, vísceras, plumas, contenidos ruminales como la panza ovina que debido al rumen produce mucho olor a metano, pero es rica en nutrientes pre digeridos. Morales-Munguía, J. C., et al. (2009).

3.3.3. Insumos de basuras y desechos domiciliarios

Deffis , A. (1992), las lombrices pueden transformar toda la parte orgánica de la basura en un humus de buena calidad mientras se controle la probable existencia de materiales pesados como el plomo, cadmio, etc. y los agentes patógenos transferibles al lombricompostado, de allí a la planta y luego a la alimentación humana. Se han comenzado con experiencias separando la basura orgánica en bolsas de distinto color. 1 kg de residuo diario por habitante en una ciudad de 1.000.000 de personas producirían 1.000 tn diarias capaces de fertilizar 60.000 has/año] ante la factibilidad de poner en marcha un plan tan importante como el reciclado de basura en el país. La técnica de producción del lombricomposta consiste en la preparación de pilas de residuos orgánicos que, dispuestas sobre el piso, atraviesan por una etapa de digestión aeróbica compostaje y por otra etapa de transformación por las lombrices, vermicompostaje.

3.4. Fases de compostaje

Indica de Silguy (1999), durante el proceso de compostaje existe la presencia de cuatro fases:

a) Mesófila

Pasa de temperatura ambiente a 40°C, las bacterias mesófilas inician el inicio del proceso (bacteria que se desarrolla preferentemente entre 30-40°C). Los microorganismos, bacterias, hongos y actinomicetos principalmente aparecen en el comienzo de la fase mesófila (Ochoa, 2003).

b) Termófila La temperatura oscila entre 40-60°C, desaparecen los organismos mesófilos, mueren las malas hierbas e inician el trabajo los microorganismos termófilos (microorganismos que se desarrollan bien a temperaturas elevadas).

c) Enfriamiento Cuando la temperatura supera los 60°C desaparecen los órganos termófilos y el proceso continuo gracias a organismos (bacterias) espurogenas y actinomicetes. A medida que se va consumiendo el material fácilmente degradable, la temperatura va disminuyendo hasta alcanzar la del ambiente.

d) Maduración Reaparecen los microorganismos mesófilos.

3.5. Harina de Lombriz

La posibilidad de transformar en carne de alto valor proteico los desechos orgánicos, que en muchos casos hoy constituyen un problema ecológico, es tal vez uno de los aspectos más fascinantes de la Lombricultura. La composición de la harina de lombriz,

con un % significativo de proteínas de alto valor biológico, hace que este anélido aparezca como una de las posibles soluciones a los problemas nutricionales que tiene la humanidad. En este sentido, la proteína de lombriz tiene una ventaja: Se puede incorporar en pequeñas cantidades, de manera imperceptible, enriqueciendo los alimentos de consumo habitual bajo la forma de harina. Esta contiene del 50 al 60% de proteína de excelente calidad y la totalidad de los aminoácidos esenciales. De otra parte, la cría de lombriz para fabricar alimentos balanceados crece, ya que su harina resulta eficaz en el engorde de ganado, cerdos, pollos. SALES-DÁVILA, F. (1996).

3.5.1. Harina de Lombriz para consumo Humano

Para consumo humano, las lombrices luego de cosechadas deben purgarse con harina de trigo o maíz, logrando así que el intestino quede completamente libre de sustrato; para la obtención de la harina el procedimiento es igual al anterior, pero debe extremarse el manejo de este producto cárnico para prevenir posibles contaminaciones. Alcívar-Cedeño, U., et al. (2016).

3.5.2. Elaboración de Harina de Lombriz, Metodología SABAC

Pires, M. B. (2013). Señala que, este método consiste en lavar las lombrices con agua de caño colocadas en un tamiz ASTM-11-70, para separar los residuos de compost; se introducen las lombrices limpias en una solución de salmuera al 4% por 10 minutos, se vuelven a lavar para separar todos los residuos desprendidos. Luego se seca al sol y se muele:

a) Materia prima

Se considera materia prima a las lombrices totalmente limpias y deshidratadas.

b) Lavado 1

Se recolectan las lombrices del compost y se colocan en un tamiz ASTM - 11 - 70, se lavan con agua de caño hasta separar los residuos que rodean el cuerpo del mismo.

Beneficio. Se coloca la materia prima en un recipiente de metal y se le agrega 1 000 ml. de salmuera al 4 a 5%, se espera unos diez minutos para desechar la solución.

c) Lavado 2

Las lombrices se lavan con agua de caño para eliminar los residuos desprendidos de la salmuera. Se pesan las lombrices en una balanza de precisión.

d) Secado

Las lombrices deshidratadas se colocan en recipientes de metal con todos los líquidos desprendidos y se pasan a una estufa que debe tener una temperatura promedio de 105 °C; el tiempo de secado es de 6 a 8 horas, se retiran de la estufa y con la ayuda de una espátula se desprende el producto de la superficie de las placas, luego se procede a enfriar por un tiempo de 2 horas.

e) Molienda

El producto seco se muele en un mortero N° 55 - 60 hasta dejarlo pulverizado, luego se tamiza el producto usando el modelo ASTM - 11 - 35.

f) Envasado

El producto ya tamizado se introduce en bolsas de polietileno y es sellado en condiciones de aire seco.

4. LOCALIZACIÓN

4.2. Ubicación Geográfica

El presente trabajo de investigación fue realizado en el Municipio de La Paz, en un ambiente atemperado construido para efecto de investigación que se encuentra entre una latitud sur: $16^{\circ} 32' 12''$ y una longitud oeste $68^{\circ} 34' 45''$, representado en la figura

1.

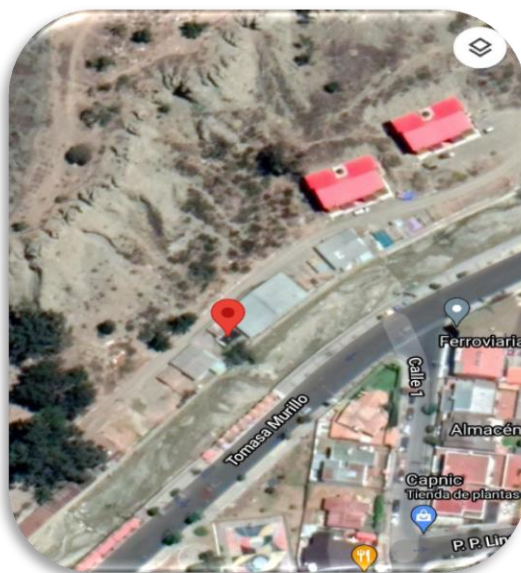


Figura 1. Ubicación del ambiente atemperado de producción de lombrices

5. MATERIALES Y METODOLOGÍA

5.1. Materiales

- Material Biológico:

Se utilizó 4,5 Kg de Lombriz Roja Californiana (Anexo.1), proveniente de un productor en el Municipio de El Alto.

- Material de Campo:

Se utilizó 18 Baldes de pintura de 18L (Anexo.2), Taladro, Malla antiáfidos, Callapos de eucalipto, Agrofilm, palas, picotas, tornillos de 2,5 pulgadas, recipientes de plástico, cuaderno de campo, cámara fotográfica, recipientes de metal, romanilla, bolsas de yute, balanza analítica, Termómetro de mercurio, papel pH (Anexo.3) regla, tubo plástico pequeño.

- Material de Gabinete: Cuaderno de apuntes, Computadora portátil, calculadora, Hojas de papel bond, bolígrafos de diferentes colores.

- Material estadístico: Software INFOSTAD

- Material Vegetal: Residuos vegetales de cocina, excluyendo cáscaras de ajo, cebolla, cítricos en general.

5.2. Metodología

El trabajo de investigación fue llevado a cabo en tres fases que serán descritas a continuación:

Fase 1:

En esta fase se destaca la construcción del ambiente atemperado el mismo que se construyó de la siguiente manera:

- Delimitación del terreno y las dimensiones sobre las cuales se construyó el ambiente atemperado (Anexo 4), se procedió a delimitar con tiza molida sobre una dimensión de seis por cuatro metros donde se fuera a construir el ambiente.
- Posterior al delimitado se realizó la excavación de tierra, se implantaron los callapos de eucalipto en todo el perímetro delimitado, siendo un total de seis callapos, formando una figura rectangular de seis por cuatro metros.
- Continuando la fase uno, se realizó el terminado de la estructura del ambiente atemperado, donde se incorporaron cinco listones en la parte superior como base del techo, el sentido fue con una sola caída (media agua) (Anexos 6,7).
- La estructura fue pintada en su totalidad con pintura látex blanca, para crear reflejo de rayos ultravioleta y no logre desgastar el Agrofilm, así también cada listón fue cubierto con Agrofilm en cinta con la ayuda de una aguja e hilo cáñamo.
- Cubierta de estructura: se cubrió la estructura con Agrofilm de 250 micras de espesor y 15 metros del mismo, se realizaron cortes según la dimensión del ambiente,

estos cortes fueron unidos con calor de una plancha metálica y periódico entre capas de Agrofilm.

- Para las ventanas se procedió a colocar la malla antiafidos para proteger el ambiente de algún vector, así también se realizó la cobertura del ambiente exterior con cortinas que llegaron a conservar la humedad y temperatura de ambiente, este procedimiento se realizó tanto en ventanas y puertas.

Fase 2:

Una vez realizada la construcción del ambiente atemperado, se procedió a la segunda fase del trabajo de investigación que fue el pre compostaje de los diferentes abonos a utilizar, para dicho cometido se realizó lo siguiente:

- Se procedió a la recolección de material vegetal, principalmente cultivos de hoja, cáscaras de huevo, cáscaras de zanahoria, haba, arveja, morrón, zapallo, papa, pepino y todo tipo de residuos de cocina, excluyendo materiales como ajo, cebolla, cáscaras de cítricos en general, todo este material sirvió para el pre compost, realizado para los tres tipos de tratamientos, durante un mes. (Anexo 8).

Una vez recolectados se procedió a triturar todo el material vegetal, dejando partes muy pequeñas para ayudar a la descomposición de los mismos, continuando, se

realizó el pre compost en tres diferentes lugares, para este cometido se mezcló el material vegetal triturado con los estiércoles de llama, caballo, de acuerdo con cada uno de los tratamientos planteados para la investigación. (Anexo 9)

- De forma paralela al pre compostaje, se realizó la construcción de las lombrigueras, con baldes de pintura de 18 L, a los mismos con la ayuda de un taladro se realizó perforaciones, las cuales permitieron la circulación de aire en las camas, además se procuró tener la misma cantidad de orificios en cada balde para que las condiciones de la investigación sean homogéneas. (Anexo.10)
- Una vez terminado el perforado de baldes se estableció los mismos en el lugar definitivo para la investigación (Anexo.11), colocando los baldes uno encima de otro teniendo así dos niveles, cada nivel fue cubierto con una malla antiafidos para evitar la proliferación de moscas u otro tipo de vectores y la filtración de lombrices, en el nivel superior se encontraban los baldes con las perforaciones y en el inferior los baldes sin ningún orificio para la recolección de lixiviados.
- Continuando la investigación se realizó el llenado de cada envase con 2 kg. De pre compost de acuerdo a cada tratamiento (Anexo.12), además a cada balde se le incorporo medio kilogramo de lombriz roja californiana, todos estos materiales fueron debidamente pesados antes del llenado con una balanza analítica.
- Una vez pasados los días de adaptación de lombrices, T1: 10 días, T2: 20 días, T3: 15 días, se procedió al llenado semanal del recipiente con 2 kg de pre compost

según cada tratamiento, hasta el total de su capacidad (10 semanas) de igual manera se procedió al riego y medición de humedad, pH y Temperatura.

- La medición de pH fue determinada a través de la extracción de una muestra de 250 g de sustrato, el mismo se mezcló con 15 ml de agua destilada, para posterior medición del mismo que se realizó con el uso de cintas pH (Anexo 13).
- La humedad fue determinada por la prueba del puño que consistió en apretar una pequeña muestra de compost entre el pulgar y el dedo índice, con exprimir la muestra en la palma de la mano, se pudo obtener una estimación bastante aproximada de la **humedad**.
- Los datos de temperatura fueron tomados y registrados con un termómetro digital.

De acuerdo al ritmo de reproducción, se decidió dejar por dos semanas más en camas sin aumento de pre compost para luego pasar a la fase 3 de la investigación.

Fase 3:

Fase donde se elaboró la Harina de lombriz que se describe a continuación:

- Terminada la fase de investigación se procedió a la cosecha de lombrices por tratamiento y repetición, se volteó los baldes en una mesa cubierta con Agrofilm donde se escogió las lombrices de forma manual separándolas del pre compost para posterior pesaje por tratamiento.

- De acuerdo al método SABAC explicado en bibliografía se procedió al lavado de las mismas en la cantidad de enjuagues necesarios utilizando un colador para sostener a las lombrices.
- Posterior al enjuague, se introdujo a las lombrices en salmuera al 4% (Anexo. 14) durante diez minutos, esto para cada uno de los tratamientos y repeticiones.
- Para el secado se procedió a separar en vasos plásticos cada uno de los tratamientos y repeticiones para su posterior secado en horno (Anexo.15) de acuerdo a bibliografía expuesta.
- Realizado el secado de las lombrices, se procedió a su molienda con la ayuda de un mortero de madera (Anexo.16)
- Posterior se realizó el pesado de acuerdo a tratamiento y repetición, se registraron todos estos datos recolectados en un cuadro Excel de concentración de datos para su posterior análisis.
- Una vez realizado todos los procedimientos hasta la obtención de la harina de lombriz se procedió al embolsado en bolsas plásticas herméticas para su posterior análisis de laboratorio que se realizó en el Instituto de Investigaciones Químicas, dependiente de la Facultad de Ciencias Puras y Naturales.

5.2.1. Diseño Experimental

El trabajo de investigación fue desarrollado en su Fase 2 bajo un método cuantitativo Hernández Sampieri et al., (2014), para el mismo se empleó el tipo de investigación experimental cuantitativa bajo un diseño Completamente al Azar (DCA), Arteaga (2016), aplicable a variables cuantitativas con distribución normal:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Cualquier Observación.

μ = media general

τ_i = efecto del i-ésimo tratamiento

E_{ij} = error experimental en la unidad j del tratamiento i

Tratamientos:

Fueron divididos de la siguiente manera:

T1= Pre compost (Estiércol de llama + residuos vegetales) + 0,5 kg. De Lombriz Roja Californiana

T2= Pre compost (Estiércol de caballo + residuos vegetales) + 0,5 kg. De Lombriz Roja Californiana

T3= Pre compost (Estiércol de llama y caballo + residuos vegetales) + 0,5 kg. De Lombriz Roja Californiana

Unidad Experimental:

Cada unidad experimental estuvo compuesta de dos baldes de 18 L, en la investigación se tomó en cuenta 9 unidades experimentales siendo tres de ellas cada repetición de cada tratamiento.

Croquis Experimental: Se presenta a continuación en la figura 2.

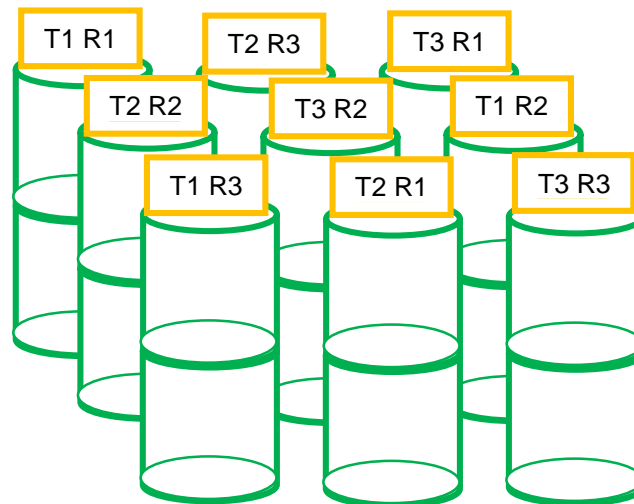


Figura 2. Baldes de 18 L, identificados, Tratamiento y Repetición

5.2.2. Variables de Respuesta

Porcentaje de Proteína, Grasa, Fibra Cruda en base seca: Estas variables de respuestas fueron analizadas a través de un laboratorio de análisis físico y químico (Anexo 17), realizado en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Puras y Naturales,

para esto las muestras fueron llevadas en bolsas transparentes de plástico con cierre hermético al día siguiente de realización de harina.

Peso Total de Lombrices secas: Esta variable de respuesta fue determinada a través de una balanza analítica, una vez realizados los enjuagues necesarios, se procedió al secado a una temperatura de 105 °C y posterior pesado en gramos.

Análisis económico: Se realizó el análisis económico en forma de costos parciales por tratamiento, contemplando el costo de producción y el ingreso por venta de harina de lombriz. El análisis económico permite dar las mejores alternativas al campesino productor. Perrin et al. (1988).

- **Beneficio Bruto (BB)**

Es llamado también ingreso bruto, es el rendimiento ajustado multiplicado por el precio del producto (Perrin et al., 1988).

$$BB = RA * PP$$

Dónde:

BB = Beneficio Bruto (Bs).

RA = Rendimiento Ajustado (Bs).

PP = Precio del producto (Bs).

- **Costos Variables (CV)**

Los costos variables son los costos relacionados con los insumos comprados y la mano de obra utilizada para la actividad productiva, que varían de un tratamiento a otro. Es fundamental tomar en consideración todos los costos relacionados con los insumos afectados por el cambio de tratamiento. Estos son los elementos relacionados con las variables experimentales (CIMMYT, 1988).

- **Beneficio Neto (BN)**

Es el valor de todos los beneficios brutos de la producción (BB), menos los costos de producción (CP) (Perrin et al., 1988).

$$\mathbf{BN = BB - CP}$$

Dónde:

BN = Beneficios Netos (Bs).

BB = Beneficios Brutos (Bs).

CP = Costos de producción (Bs).

- **Relación Beneficio y Costo (B/C)**

La razón beneficio/costo sirve para medir la capacidad que tiene la aplicación de un tratamiento alternativo y generar rentabilidad por cada unidad monetaria gastada, para esto se tienen las siguientes relaciones (Arias, 1996):

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

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

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

$$B/C = BB / CP$$

Dónde:

B/C = Beneficio Costo (Bs).

BB = Beneficios Brutos (Bs).

CP = Costos de Producción (Bs).

La regla básica de beneficio/costo (B/C), es que una inversión será rentable, si los beneficios son mayores que la unidad ($B/C > 1$), es aceptable cuando es igual ($B/C = 1$) y no es rentable si es menor a la unidad ($B/C < 1$) (IBTA, 1995).

5.2.3. Análisis Estadístico

Para cada variable en estudio se realizó una prueba de ajuste de Shapiro Wilks para determinar la normalidad de los datos. Se utilizó la transformación angular para datos expresados en porcentajes de tercer tipo que no se ajustan a la distribución normal.

Posteriormente se realizó un Análisis de Varianza para determinar significancia entre tratamientos, se realizó además una prueba de medias Duncan al 5% de significancia con ayuda del software estadístico INFOSTAT. Se graficaron y realizaron tablas resumen de los resultados obtenidos.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los objetivos planteados para esta investigación, se muestra a continuación los resultados a través del análisis de varianza y pruebas Duncan con nivel de significancia 5% para cada variable de respuesta en conformidad al trabajo.

6.1. Porcentaje de Proteína en base seca

Una vez realizados los análisis de laboratorio se procedió al análisis estadístico de dicha variable de respuesta que se presenta en la tabla 1.

Tabla 1. Análisis de varianza Porcentaje de Proteína en base seca

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	FT	P-VALOR	Sig.
TRAT.	2,0 e-03	2	1,0 e-03	13,51	0,006	**
EE	4,5 e-04	6	7,6 e-05			
TOTAL	2,5 e-03	8				
C.V.	6,53%					

Realizado el análisis de varianza, se expone en la tabla 1 el análisis de varianza, determinándose un C.V. de 6,53 % significando aquello la buena toma de datos y muestra para nuestro análisis.

Tabla 2. Análisis de medicas Duncan al 5%

TRAT	MEDIAS	N	A.M.
3	57,2	3	A
2	54,21	3	B
1	53,87	3	B

El análisis determinado para dichos datos indica en su primera instancia una alta diferencia estadística entre los tratamientos, realizándose una prueba de medias

Duncan que indica: el tratamiento 3 Pre compost (Estiércol de llama, caballo + residuos vegetales) + 0,5 kg. De Lombriz Roja Californiana, presenta un mayor promedio en porcentaje de proteína 57,2% a diferencia del tratamiento 2 Pre compost (Estiércol de caballo + residuos vegetales) + 0,5 kg. De Lombriz, que presenta un promedio de 54,21%, este último tratamiento es estadísticamente igual con el tratamiento 1 Pre compost (Estiércol de llama + residuos vegetales) + 0,5 kg. De Lombriz, que presenta un promedio de 53,87 %, teniendo ambos la misma agrupación de medias.

El secado con horno permite con una temperatura máxima de 78 °C seguir obteniendo valores de proteínas mayores a 50% con una humedad menor al 12%. La temperatura máxima registrada en un secado sin circulación de aire, para mantener valores de proteína promedio de 60% máximo anda en 90 °C por 45 minutos antes de que esta inicie a desnaturalizarse y cumpla con una humedad en la harina menor al 12%, Alcívar et al. (2016).

Esto indica que el tipo de secado con horno permite obtener una humedad menor de 12% sin arriesgar el contenido de proteína de la harina de lombriz, en el procesamiento con temperaturas máximas de 78 °C, el secado en horno para esta investigación fue realizado según el método sabac, el mismo indica que este procedimiento debe realizarse a 105 °C., el tiempo debe ser por 6 horas. Sin embargo, de acuerdo a como las lombrices fueron reaccionando al calor se fue determinando en un tiempo de 25 min para el secado. De esta forma podemos deducir que a temperaturas mayores al 78 °C se obtienen valores mayores de proteína en este caso para el tratamiento 3 de 57,2%.

6.2. Porcentaje de Grasa en base seca.

Los análisis de laboratorios realizados permitieron realizar el análisis estadístico que se muestra a continuación en la tabla 3.

Tabla 3. Análisis de varianza Porcentaje de Grasa

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	FT	P-VALOR	Sig.
TRAT.	2,8 e-03	2	1,4 e-03	31,46	0,007	**
EE	2,7 e-04	6	4,5 e-05			
TOTAL	3,1 e-03	8				
C.V.	6,53%					

Se presenta en la tabla 3 el análisis de varianza para el porcentaje de grasa, mismo que denota un coeficiente de variabilidad del 6,53 %.

Tabla 4. Comparación de medias Duncan al 5%

TRAT	MEDIAS	N	A.M.
1	7,49	3	A
2	5,92	3	B
3	5,44	3	B

Realizado el análisis estadístico se demuestra que existe una alta diferencia estadística entre tratamientos siendo el tratamiento 1 quien presenta un mayor porcentaje de grasa a diferencia de los tratamientos 2 y 3 que son estadísticamente iguales perteneciendo a la misma agrupación de medias, presentando 5,92 y 5,44 respectivamente.

El menor contenido de grasa fue de 5,44% el cual también fue distinto al reportado por Vielma et al. (2003b) que fue de 7.9%, en vermicomposta con estiércol de camélido;

además, mencionan que este contenido de grasa posee una fuente de ácidos grasos esenciales que enriquecen la dieta en cualquier composición nutricional.

Indica, Martínez (1996). Los análisis de laboratorio revelan un contenido de 64 a 82% de proteína de muy buena calidad, además de un 7 a 10% de grasa, de 8 a 20% de carbohidratos, de 2 a 3% de minerales, con una energía cercana a 4000 kcal.kg⁻¹, lo que llega a concordar con los niveles presentados para nuestro estudio, en el tratamiento 1 Pre compost (estiércol de llama + Residuos vegetales) + 0,5 Kg de Lombriz Roja Californiana, que fue de 7,49 % en contenido de grasa.

Así también el menor contenido de grasa en porcentaje fue del tratamiento 3 (Abono de llama + Materia Orgánica Vegetal + 0,5 Kg de Lombriz), junto con el tratamiento 2, el porcentaje de grasa se ve relacionado de con el contenido de nitrógeno, fosforo y potasio asimilable en estiércoles de origen animal. Durán, L., & Henríquez, C. (2009).

6.3. Porcentaje de Fibra Cruda en base seca

De acuerdo a los datos obtenidos en laboratorio se realiza el análisis de varianza respectivo.

Tabla 5. Análisis de Varianza fibra cruda en base seca

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	FT	P-VALOR	Sig.
TRAT.	1,5 e-03	2	7,3 e-03	5,51	0,0438	*
EE	7,9 e-04	6	1,3 e-05			
TOTAL	2,2 e-03	8				
c.v.	0,80%					

El análisis de varianza presenta un coeficiente de variabilidad de 0,80% que indica el buen manejo de las muestras de harina de lombriz.

Tabla 6. Comparación de medias Duncan al 5%

TRAT	MEDIAS	N	A.M.
1	2,51	3	A
2	1,95	3	A B
3	1,63	3	B

Continuando con el análisis estadístico de datos se llega a determinar que, para el porcentaje de fibra cruda, existe una diferencia estadística entre tratamientos, siendo el porcentaje más alto de fibra cruda el tratamiento 1 con un 2,51% de fibra cruda a diferencia del tratamiento 3 con un promedio de 1,63% de fibra, sin embargo, el tratamiento 2 es estadísticamente igual al tratamiento 1 y 3 presentándose en el mismo grupo de medias.

El mayor valor para fibra cruda fue de 2,51%, enmarcados en los resultados de Vielma y Medina (2006) en su estudio donde reportó 2% de fibra cruda. Esto se pudo deber al tipo de alimentación, ya que las lombrices usadas en estudio en su mayoría fueron alimentadas por desechos de la planta de pos cosecha y planta hortofrutícola de altos contenidos en fibra y carbohidratos. Además, esta variación en la composición nutricional está asociada con la ecología-específica, alimento, temporada, etapa reproductiva y ciclo de vida de la lombriz según Hasanuzzaman et al. (2010).

6.4. Peso Total de Lombrices Secas.

La variable de respuesta fue registrada a las 10 semanas una vez concluida la investigación, esta variable se registró en gramos para su posterior análisis estadístico que se muestra en la Tabla 7 a continuación:

Tabla 7. Análisis de Varianza Peso total de Lombrices.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	FT	P-VALOR	Sig.
TRAT.	512,67	2	256,33	16,84	0,0035	**
EE	91,33	6	15,22			
TOTAL	604	8				
C.V.	10,64%					

La tabla 7 muestra el análisis estadístico realizado para la variable de respuesta peso total de lombrices, así mismo presenta un coeficiente de variabilidad del 10,64% que indica la confiabilidad del manejo de datos experimentales.

Tabla 8. Análisis de medias Duncan al 5% para tratamientos

TRAT	MEDIAS (gr)	N	A.M.
3	47,33	3	A
2	31,67	3	B
1	31	3	B

Una vez realizado el análisis de varianza para la variable de respuesta, peso total de lombrices se llegó a determinar lo siguiente:

En la tabla 7 se evidencia que existe una alta diferencia estadística en la fuente de variabilidad, por lo que, se procedió al análisis de medias Duncan, donde se determinó que el tratamiento que obtuvo mayor peso promedio total de lombrices una vez

realizado la limpieza y secado fue el tratamiento 3 (Abono de caballo + llama + Material vegetal), a diferencia del tratamiento que obtuvo menor promedio que fue el tratamiento 1 (Abono de llama + Materia vegetal), sin embargo este tratamiento no presenta una diferencia estadística con el tratamiento 2 (Abono de caballo + Materia vegetal) estando ambos en el mismo grupo de medias.

Según Rojas (1994), obtuvo la mayor cantidad de lombrices en mayor porcentaje sometiendo el estiércol a un proceso de compostaje como de bovino y equino, estos estudios realizados demuestran, el incremento de los microorganismos que descomponen la materia orgánica y así también un incremento de lombrices.

Según Brechelt (2004), señala a mayor cantidad de bacterias la descomposición de la materia orgánica acelera, lo que hace, una mayor cantidad de alimento disponible en el sustrato y por ende mayor producción de cocones; como se observa en el T3 a diferencia del T2 y T1 puesto que presentaron menores promedios en peso de lombrices.

6.5. Análisis económico

El análisis económico, se realizó para conocer el beneficio/costo y establecer la rentabilidad económica de cada uno de los tratamientos estudiados.

6.5.1. Beneficio Bruto (B.B.)

Es el rendimiento promedio de harina, por tratamiento, multiplicado por el precio de mercado.

Tabla 9. Beneficio Bruto por tratamiento

ítem	T1	T2	T3
Rendimiento (g)	52	84	88
Precio (bs/g)	6,4	6,4	6,4
Beneficio Bruto (bs)	332,8	537,6	563,2

En la tabla 9 se puede evidenciar los rendimientos de harina por tratamiento expresado en gramos, el precio por venta de kilogramo en el mercado del centro agropecuario Jhesua es de 6400 bolivianos.

6.5.2. Costos Variables (C.V.)

Los costos variables son los costos relacionados con los insumos utilizados.

Tabla 10. Costos variables por tratamiento

COSTOS VARIABLES	T1	T2	T3
Cantidad producida (g)	52	84	88
Total, costos variables por tratamiento (Bs)	630	588	594
Total costo por (g) de Harina producida	12,12	7,00	6,75

En la tabla 10 se evidencia los costos variables para cada tratamiento detallado en el anexo 20, donde se observa los precios e ítems variables por unidad (g) de harina producida.

Los costos variables por tratamiento expresado en bolivianos indican los insumos variables que pueden determinar la producción de una unidad más, o, menos del producto producido, en este caso (g) de Harina de Lombriz, para este cometido se tuvo

en cuenta todos los ítems que pueden variar durante una producción, entre ellas el precio y cantidad de estiércoles, baldes, Materia orgánica vegetal cuyo ítem no es pagable pero si se debe considerar un valor dentro la producción y otros, variando el costo e ítem por tratamiento, el resultado de estos costos variables serán divididos por la cantidad producida de harina de lombriz por tratamiento, obteniéndose así, el costo variable por unidad de producto, lo que la tabla 10 indica: por cada gramo de harina que se desee producir se tiene un costo variable de 12,12; 7,00; 6,75, respectivamente para los tratamientos 1,2,3, siendo el mayor de ellos el tratamiento 1, ya que fue el tratamiento con menor cantidad de harina producida.

Así también el tratamiento con mayor costo variable de producción fue el tratamiento 1 con 12,12 Bs por unidad (g) producido, esto se debe a la cantidad producida de harina en dicho tratamiento a diferencia del tratamiento 3 que tiene el menor costo con 6,75 Bs por unidad producida.

6.5.3. Beneficio Neto (B.N.)

Es el valor de todos los beneficios brutos de la producción, menos los costos variables.

Tabla 11. Beneficio neto de producción por tratamiento

BENEFICIO NETO	T1	T2	T3
BENEFICIO BRUTO (Bs)	332,8	537,6	563,2
COSTOS VARIABLES (Bs)	12,12	7,00	6,75
BENEFICIO NETO (Bs)	320,68	530,60	556,45

Se observa en la tabla 11 el beneficio neto de producción por tratamiento siendo el que mayor beneficio neto obtuvo el tratamiento 3 con 556,45 Bs, esto debido a la cantidad producida de harina de lombriz, esto contrasta al tratamiento 1 quien presento un beneficio de 320,68 Bs por la cantidad producida de harina.

6.5.4. Relación Beneficio y Costo (B/C)

La relación de Beneficio/Costo es la comparación sistemática previa a una inversión.

Tabla 12. Beneficio costo por tratamiento (bs).

	T1	T2	T3
BENEFICIO NETO (bs)	320,68	530,60	556,45
COSTO TOTAL (bs)	62,40	57,28	57,03
B/C	5,14	9,26	9,76

En la tabla 12 se muestra la relación beneficio costo para la producción de harina de lombriz por tratamiento.

La interpretación para la relación beneficio costo se basa, en valores mayores a 1 son rentables, en esta oportunidad los valores por tratamiento sobrepasan el valor, como se evidencio el tratamiento con mayor rentabilidad fue el tratamiento 3 con un valor de 9,76 que refiere si se invirtiera 1 bs la rentabilidad será de 8,76 bs, el tratamiento con menor rentabilidad fue el t1, esto debido a la cantidad que se obtuvo de harina

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

7.1. Conclusiones

A través de los análisis estadísticos y de laboratorio realizados y así también por toda la experimentación llevada a cabo, se llega a la conclusión y se recomienda lo siguiente:

- Porcentaje de proteína, una de las variables de control de calidad de la harina de lombriz, a través del laboratorio y por medio del análisis de varianza y comparación de medias se llega a determinar que el tratamiento que mayor porcentaje de proteína presentó fue el tratamiento 3 (Estiércol de caballo y Llama + Residuos Vegetales + 1,5 kg de lombriz) con un promedio de 57,2 %, las proteínas llegan a determinar la calidad de una harina de lombriz que producirá un mayor incremento del rendimiento en la alimentación ya sea animal o para el consumo humano.
- Porcentaje de grasa, se llegó a determinar que el mayor porcentaje de grasa fue el tratamiento 1 con 7,44 %, y el menor, T3= 5,44%, el porcentaje de grasa puede ser utilizado según los objetivos de uso de la harina de lombriz.
- Porcentaje de fibra cruda, según los análisis estadísticos determinados en este estudio, se llega a concluir que el tratamiento 1 presenta el mayor porcentaje de fibra con un 2,51% sin embargo el menor porcentaje fue el tratamiento 3 con 1,63% de fibra cruda, esto permite deducir que el tratamiento con estiércol de equino (caballo) permite obtener el mayor porcentaje de fibra y grasa sin embargo no así el mayor porcentaje de proteína.

- La variable de respuesta peso de lombrices secas, al momento de producir harina de lombriz es muy importante ya que a mayor peso y cantidad de lombrices lograremos obtener mayor cantidad de harina de lombriz, en el análisis estadístico realizado se determinó que el tratamiento 3 Precompost (Estiércol de Caballo + Estiércol de llama + Residuos vegetales) + 0,5 Kg de Lombriz Roja Californiana por unidad experimental presentó en promedio en peso de 47,33 gr de lombrices en estado seco (deshidratado), lo que permite deducir el promedio obtenido de tres repeticiones, 141,99 gr de lombriz roja californiana seca, recordemos además que a cada unidad experimental se añadió 0,5 kg de lombrices vivas, permitiéndose tener una relación, entre lombrices vivas y cantidad de peso en lombrices secas.
- Análisis económico: Realizado los análisis para cada tratamiento se logró determinar que para el trabajo de investigación en todos los tratamientos si existe rentabilidad siendo el mayor del tratamiento 3.
- Se ha determinado que el mejor sustrato para esta investigación fue (Estiércol de caballo + Estiércol de llama + Residuos Vegetales + 1,5 Kg de Lombriz) quien presentó los mayores niveles de proteína en base seca, menor porcentaje de grasa, parámetros que son determinantes al momento de calificar una harina de lombriz.

7.2. Recomendaciones

- El trabajo de investigación se desarrolló en un ambiente atemperado que permitió conservar los valores de humedad, temperatura y otros factores controlables en este tipo de ambiente, esta infraestructura permitió obtener los

mayores resultados posibles para el caso del municipio de La Paz en el macro distrito sur, sin embargo, cabe recalcar que el manejo durante la fase reproductiva es de vital importancia.

- Se debe mantener los niveles de humedad en cama a capacidad de campo ya que el aumento del mismo podrá llegar a afectar la reproducción de las lombrices.
- Así también se debe realizar el control efectivo de temperatura que es un punto clave para la producción de lombrices en ambientes atemperados.
- Al momento del secado de lombrices es importante tener una temperatura constante ya que esto permitirá que las lombrices se deshidraten y no haya una cocción fuerte.
- La molienda es muy importante ya que permite tener mejor y mayor calidad de harina de lombriz
- Realizar nuevos estudios de investigación en producción a gran escala de lombrices, ya que muchas veces los trabajos de investigación pudieran de cierta forma sobredimensionar los datos.

8. BIBLIOGRAFÍA

AHUMADA, G., HERNÁNDEZ, K., PACHECO, E., & VÁSQUEZ, R. (2006). Estudio de algunas propiedades físico-mecánicas, químicas y biológicas del humus de lombriz en condiciones de la vaquería de la finca Guayabal, San José de las Lajas, La Habana, Cuba. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 17(1), 27-30.

Alcívar-Cedeño, U., Dueñas-Rivadeneira, A., Sacon-Vera, E., Bravo-Sánchez, L., & Villanueva-Ramos, G. (2016). Influencia de los tipos de secado para la obtención de harina de Lombriz Roja californiana (*Eisenia foetida*) a escala piloto. *Tecnología Química*, 36(2), 187-196.

ARTEAGA, Y. (2016). Métodos estadísticos para la investigación, p.54-75.

BENZIN, F. (2001) Estudio Productivo de la Lombriz Roja Alimentada con Residuos de Cocina. Tesis de Grado. ESPOCH. Riobamba, Ecuador. pp. 52-56.

BOLLO, E., (1999). Lombricultura una Alternativa de Reciclaje. 1a ed. México, D.F. México. p. 149. 2. **CANDO, M. 1996.** La crianza de lombriz roja. Quito, Ecuador. pp. 56-62.

BOURBOTTE, J. E., & GEBRUERS, Y. (2016). Evaluación de diferentes lombricompuestos para la utilización de sustrato, obtenidos a partir de materiales disponibles en la Provincia de La Pampa.

BRECHELT, M. (2002). Materia orgánica: Características y uso de los insumos en suelos de Costa Rica. Editorial EUNA. San José, Costa Rica. 33 – 41 p.

CHÁVEZ, V. M. C., GUADALUPE, A. L. G., & MAS, E. C. (2019). Evaluación de diferentes sustratos en la alimentación de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) a efectos de mejorar su producción. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 3 (2), 57-62.

Clavería, C. (2005). Estudio de factibilidad para producir harina a partir de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) para ser utilizada en la elaboración de concentrados para animales en Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

COMPAGNONI, L. y G. PUTZOLU, (1995). Cría Moderna de las Lombrices y Utilización Rentable Humus. Barcelona, España. Edit. Vecchi. p.43.

COMPAGNONI, L. y G. PUTZOLU, (1995). Cría Moderna de las Lombrices y Utilización Rentable Humus. Barcelona, España. Edit. Vecchi. p.43.

DEFFIS, A. (1992). La basura es la solución. México. Edit. Concepto. p. 278. 5.
FAJARDO, V. 2002. Manual Agropecuario. 1a ed. Bogotá, Colombia. Edit Limerín. pp. 481-502.

DEL POZO, Y. M., ALVAREZ, M. E. D., & LEÓN, E. E. V. (2008). Determinación de lombriz roja californiana y lombriz silvestre en bosta bovina y rumia bovina como sustrato. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 1(4), 555-565.

DÍAZ, M. F. (2013). Evaluación de humus de lombriz y estiércol bovino en la producción de rábano (*Raphanus sativus* L.) en condiciones de organopónico. *Revista Científica Pakamuros*, 1(2), 5-5.

Durán, L., & Henríquez, C. (2009). Crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense*, 33(2), 275-281.

FAJARDO, V. (2002). Manual Agropecuario. 1a ed. Bogotá, Colombia. Edit Limerín. pp. 481-502.

FERRUZZI, C. (1994). Manual de Lombricultura. Ediciones MUNDI-PRENSA. Madrid, España. 138 p.

HASANUZZAMAN, R., (2010) Efecto de los restos vegetales en la alimentación de la Lombriz Roja (*Eisenia ssp*), bajo condiciones de clima cálido. XVI Reunión Latinoamericana de Producción Animal. III Congreso Uruguayo de Producción Animal. Montevideo - Uruguay.

HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R., & TORRES, C. P. M. (2018). Metodología de la investigación (Vol. 4). México^ eD. F DF: McGraw-Hill Interamericana.

IBTA, (1995). Manual práctico para la determinación del beneficio productivo. Programa sistemas de producción. SNAC. La Paz, Bolivia. p. 2, 5,15.

INDICAP. (1990). Curso sobre producción y agro industrialización de la lombriz de tierra. Santiago de Chile. Edit. Indicap. 15.

JAIME, Q. A. (1995). Producción de humus y lombriz.

LEON, P. (2002). Estudio de Diferentes Sistemas de Aceleración para la Descomposición Orgánica y Producción de Humus de Lombriz Roja. Tesis de Grado. ESPOCH. Riobamba Ecuador. pp. 45-57.

LÓPEZ CHÉN, J. D. (2014). Evaluación del contenido proteico y descripción microbiología de la harina de lombriz coqueta roja (*Eisenia foétida*), alimentada con tres distintos sustratos (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala).

LÓPEZ IZURIETA, M. (2017). Producción de humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) mediante el aprovechamiento y manejo de los residuos orgánicos (Bachelor's thesis, Babahoyo: UTB, 2017).

LOZA MURGUÍA, M., CHOQUE MAMANI, B., PILLCO TANCARA, H., HUAYTA TINTAYA, D., CHAMBI OSORIO, I., & CUTILI PALERO, B. (2010). Comportamiento lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*) una Aliado en la Agricultura Urbana Sustentable. *Cadernos de Agroecología*, 13(1).

MAMANI LIMA, W. (2016). Producción de humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) con alimentación de estiércoles de animales en el vivero forestal de la prelatura de Corocoro en Patacamaya provincia Aroma La Paz (Doctoral dissertation).

MENA, M. (2015). El Centro Jhesua impulsa la producción de harina de lombriz, *Periódico* *Pagina* *Siete* (Economía), <https://www.paginasiete.bo/economia/2015/8/8/centro-jhesua-impulsa-produccion-harina-lombriz-65830.html>.

MORALES-MUNGUÍA, J. C., FERNÁNDEZ-RAMÍREZ, M. V., MONTIEL-COTA, A., (2008). Comportamiento reproductivo de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) según estación del año y tipo de alimentación. *Revista Veterinaria*, 15(2), 65-69.

MURILLO SASAMOTO, D., & MAZZI GONZALES DE PRADA, E. (2006). Desnutrición en Bolivia. *Revista de la Sociedad Boliviana de Pediatría*, 45(1), 69-76.

NOVOA, C. M. (2013). LOMBRICULTURA.p.12-18.

PERALTA-BELTRÁN, B. C. (2009). Evaluación de sustratos orgánicos en la producción de lombricomposta y el desarrollo de lombriz (*Eisenia foetida*). *Biotecnia*, 11(1), 19-26.

PERRIN, R. (1988). Formulación de recomendaciones a partir de la evaluación económica. Centro Internacional del Maíz y Trigo (CIMMYT). Ediciones Las Américas. México.

PIRES, M. B. (2013). Harina de lombriz: una alternativa saludable para nuestra alimentación.

PIRES, M. B. (2013). Harina de lombriz: una alternativa saludable para nuestra alimentación.

R. (2007). Dinámica poblacional de la lombriz *Eisenia foetida* en estiércol composteado y fresco de bovino y ovino. *REDVET. Revista electrónica de Veterinaria*, 8(7), 1-8.

ROJAS VEIZAGA, R. (2018). LA LOMBRICULTURA COMO MEDIDA DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO, PARA EL RECICLAJE DE LA BASURA ORGÁNICA URBANA EN BOLIVIA.

SALES-DÁVILA, F. (1996). Harina de lombriz, alternativa proteica en trópico y tipos de alimento. Folia Amazónica, 8(2), 77-90.

SCHULDT, M. (2006). Lombricultura. Teoría y práctica. Mundi-Prensa Libros.

SCHULDT, M., CHRISTIANSEN, R., SCATTURICE, L. A., & MAYO, J. P. (2007). Identificación de mercado para determinar la viabilidad de comercializar la carne de lombriz roja californiana en la ciudad de Barranquilla.

SOMARIA, J., GUZMAN, F., (2004). Cría de Lombrices. Editorial ALBATROS SACI. Buenos Aires, Argentina. 124 p.

SULLCATA, Z. (2014). Cultivemos la Lombriz y Humus. Coleccionables. Manizales, Colombia. pp. 17-18.

SUQUILANDA, M. (1996). Agricultura Orgánica. Alternativas Tecnológicas del Futuro. p. 88.

VIELMA F., (1995). Consideraciones acerca del origen de los materiales destinados al vermicompostaje y su destino como abono. Necesidad de una normativa ad hoc. Actitudes recomendables para Argentina. 6ta.J. Nacional de Lombricultura, Gral. Cabrera, Córdoba. Buenos Aires, Argentina. Pp.102-107.

YEPEZ, M. (2002). Evaluación de la Melaza *Streptomises* sp y Diferentes Densidades de Siembra de Lombriz Roja Californiana en la Obtención de Humus. Tesis de Maestría en Ciencias. p.51.

ANEXOS

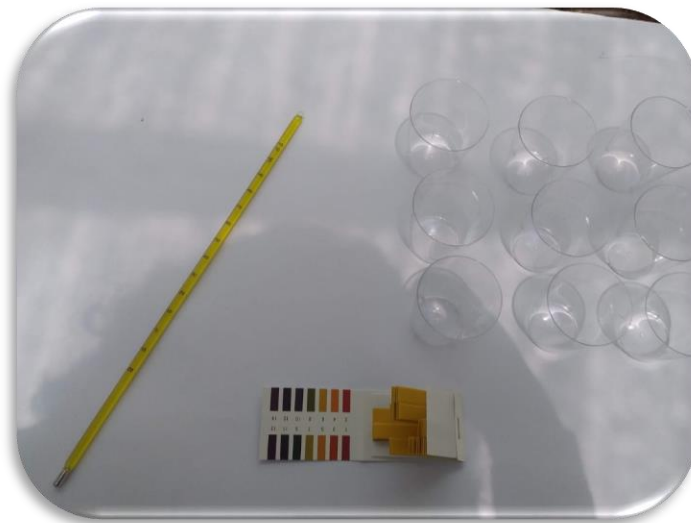
Anexo 1. 4,5 Kg Lombriz Roja Californiana



Anexo 2. Baldes de 18 L con malla antiáfidos



Anexo 3. Termómetro de mercurio, recipientes de plástico y papel pH



Anexo 4. Delimitación del terreno 7 metros por 3



Anexo 5. Recolección de material vegetal en bolsas



Anexo 6. Descomposición de estiércol



Anexo 7. Perforado de baldes, para oxigenación



Anexo 8. Establecimiento de lombrigueras



Anexo 9. Llenado de baldes con 2 Kg de precompost



Anexo 10. Medición de pH



Anexo 11. Salmuera de lombrices



Anexo 12. Secado en Horno



Anexo 13. Molienda de lombrices cocidas



Anexo 14. Recipientes llenos de pre compost



Anexo 15. Regado de camas.



Anexo 16. Análisis de Varianza y Comparación de medias Duncan porcentaje de proteína

Analysis of variance

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
Proteína	9	0,82	0,76	1,18

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	2,0E-03	2	1,0E-03	13,51	0,0060
Trat	2,0E-03	2	1,0E-03	13,51	0,0060
Error	4,5E-04	6	7,6E-05		
Total	2,5E-03	8			

Test:Duncan Alpha:=0,05

Error: 0,7419 df: 6

Trat	Means	n	S.E.	
3	57,20	3	0,50	A
2	54,21	3	0,50	B
1	53,87	3	0,50	B

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0,05$)

Anexo 17. Análisis de Varianza y Comparación de medias Duncan porcentaje de grasa

Analysis of variance

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>Adj R²</u>	<u>CV</u>
grasa	9	0,91	0,88	0,51

Analysis of variance table (Partial SS)

<u>S.V.</u>	<u>SS</u>	<u>df</u>	<u>MS</u>	<u>F</u>	<u>p-value</u>
Model	2,8E-03	2	1,4E-03	31,46	0,0007
Trat	2,8E-03	2	1,4E-03	31,46	0,0007
Error	2,7E-04	6	4,5E-05		
<u>Total</u>	<u>3,1E-03</u>	<u>8</u>			

Test:Duncan Alpha:=0,05

Error: 0,1132 df: 6

<u>Trat</u>	<u>Means</u>	<u>n</u>	<u>S.E.</u>	
1	7,49	3	0,19	A
2	5,92	3	0,19	B
3	5,44	3	0,19	B

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0,05$)

Anexo 18. Análisis de Varianza y Comparación de medias Duncan porcentaje de fibra cruda

Analysis of variance

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
fibra	9	0,65	0,53	0,80

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	1,5E-03	2	7,3E-04	5,51	0,0438
Trat	1,5E-03	2	7,3E-04	5,51	0,0438
Error	7,9E-04	6	1,3E-04		
Total	2,2E-03	8			

Test:Duncan Alpha:=0,05

Error: 0,1086 df: 6

Trat	Means	n	S.E.	
1	2,51	3	0,19	A
3	1,95	3	0,19	A B
2	1,63	3	0,19	B

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0,05$)

Anexo 19. Análisis de Varianza Peso promedio total de lombrices

Analysis of variance

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>Adj R²</u>	<u>CV</u>
Peso de Total lombrices	9	0,85	0,80	10,64

Analysis of variance table (Partial SS)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>GL</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valOR</u>
Model	512,67	2	256,33	16,84	0,0035
Trat	512,67	2	256,33	16,84	0,0035
Error	91,33	6	15,22		
Total	604,00	8			

Test:Duncan Alpha:=0,05

Error: 15,2222 df: 6

Trat Medias n S.E.

3	47,33	3	2,25	A
2	31,67	3	2,25	B
1	31,00	3	2,25	B

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0,05$)

Anexo 20. Análisis Económico por componente

COSTO FIJO INVESTIGACION					
No.	Item	Unidad	Cantidad	costo unitario	Costo total
Materiales					
1	costo carpa	mts2	9	5,00	45,00
2	Ph metro	unidad	1	18	18
3	Termómetro	unidad	1	30	30
4	Temporizador	unidad	1	18	18
5	regadera	unidad	1	2,8	2,8
6	Servicio de agua	mts3	5	4,5	22,5
7	tarima	unidad	1	6	6
9	Bolsas de polietileno	unidad	9	0,45	4,05
10	Recipientes de plastico	unidad	9	0,5	4,5
costo total					150,85
Costo total por tratamiento					50,2833333

Costos variables por tratamiento							
No.	Item	Unidad	Cantidad	costo unitario	T1	T2	T3
Materiales							
1	Estiercol caballo	saco	4.5	12	0	18	12
2	Estiercol de llama	saco	4.5	20	60	0	12
3	Materia organica	saco	18	2	12	12	12
2	Lombrices	kilos	4,5	200	300	300	300
4	Baldes	unidad	18	6	18	18	18
5	Mallas milimétrica	metros	2	15	3.3	3.3	3.3
6	jornal	jornal	9	80	240	240	240
	total				630	588	594

BENEFICIO NETO	T1	T2	T3
BENEFICIO BRUTO (Bs)	332,8	537,6	563,2
COSTOS VARIABLES (Bs)	12,12	7,00	6,75
BENEFICIO NETO (Bs)	320,68	530,60	556,45

Anexo 21. Análisis Bromatológico de Laboratorio



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES
CARRERA DE CIENCIAS QUIMICAS
LA PAZ - BOLIVIA



Instituto de Investigaciones Químicas

La Paz, 17 de mayo de 2021

Página 1 de 1

ANEXO AL INFORME ANALISIS

1.1.Q./S.A./18/2021

- Solicitante:** Univ. Silvia Primitiva Mullisaca Quispe.
Carrera de Ingeniería Agronómica de la Facultad de Agronomía — UMSA.
- Análisis:** Físico - químico.
- Número de muestras:** Nueve muestras de harina de lombriz,
- Código laboratorio:** TIR1, T1R2, T1R3, T2R1, T2R2, T2R3 y T3R1, T3R2, T3R3 respectivamente.
- Resultados:**

Resultados expresados en base SECA

Parámetro	Muestra TIR1	Muestra TIR2	Muestra TIR3	Muestra T2R1	Muestra T2R2	Muestra T2R3	Muestra T3R1	Muestra T3R2	Muestra T3R3	Método de ensayo
Proteína ⁰ 0) f=6.25	54.64	53,24	53,73	54.61	54,12	53,89	55.75	57,83	58,02	Kjeldahl
Grasa Yo)	7.21	7,23	8,02	5.78	5,96	6,03	5.81	5,32	5,18	Soxhlet
Fibra cruda %0)	2.73	2,84	1,97	1.97	1,36	1,57	1.87	1,97	2,01	Digestión ácida básica

6. Observaciones:

El muestreo fue realizado por la Univ. Silvia Primitiva Mullisaca Quispe.

Es cuanto se informa para fines consiguientes.

Ph.D. Student Marcela Melgarejo Mercado
Analista



PhD. Yenny Flores Segura
Director a.i. - I.I.Q.

cc. correlativo IIQ y archivo Laboratorio

Cota Cota, Calle 27, Campus Universitario
Página WEB: www.iiq.umsa.bo
Correo Electrónico: iiq@umsa.bo

Teléfonos 2795878 - 2792238, cajón Postal Nro. 303