



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

**EVALUACIÓN DE ADAPTABILIDAD DE *Eisenia foetida* EN
LODOS LIXIVIADOS DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA CIUDAD
DE RIOBAMBA**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTOR: JOFFRE ALEXANDER NIAMA BARRETO

DIRECTOR: Ing. JUAN CARLOS GONZÁLEZ GARCÍA PhD

Riobamba - Ecuador

2022

© 2022, **Joffre Alexander Niama Barreto**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, JOFFRE ALEXANDER NIAMA BARRETO, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 18 de abril del 2022



Joffre Alexander Niama Barreto

060494268-0

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: el Trabajo de titulación: Tipo: Proyecto de Investigación. **EVALUACIÓN DE ADAPTABILIDAD DE *Eisenia foetida* EN LODOS LIXIVIADOS DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA**, realizado por el señor **JOFFRE ALEXANDER NIAMA BARRETO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Dra. Lourdes Cumandá Carrera Beltrán Mag. PRESIDENTA DEL TRIBUNAL	 _____	2022-04-18
Ing. Juan Carlos González García PhD. DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	 _____	2022-04-18
Ing. María Soledad Núñez Moreno MSc. MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 _____	2022-04-18

DEDICATORIA

En primer lugar, dedico mi trabajo de titulación a mi padre celestial Yavé y a mi hermano Jesús, por ser pilares fundamentales y la guía constante en toda mi vida, por su permanente protección, guía y como no, por el profundo amor que han demostrado tenerme.

A mi padre terrenal Jorge Rodrigo, que en su instancia en la Tierra supo guiarme, enseñarme y proporcionarme excelentes conocimientos y valores conjuntamente con mi madre Lorena del Pilar, que hasta el día de hoy lo sigue haciendo, que ha luchado de mi mano y no me ha soltado en ningún instante de toda mi vida. A mi hermano Frank Juninho por ser mi compañero y la alegría de mi vida.

Así también, dedico todo mi esfuerzo a mi abuelita María Leticia, porque siempre estuvo presente en los buenos momentos, pero sobre todo en los momentos más difíciles de mi vida, por haberme apoyado, aconsejado, ayudado y demostrado el inmenso amor y cariño que me tiene.

Finalmente, y sin restar importancia dedico mi esfuerzo a mis tíos y primos que con palabras de aliento supieron fortalecerme para no claudicar en el camino.

Joffre

AGRADECIMIENTO

En primera instancia agradezco profundamente a Dios, por proporcionarme la salud y la vida durante toda mi formación profesional, y así también, por ayudarme a cumplir las metas que me he propuesto durante toda mi vida.

Al personal administrativo y de servicios generales del Camal Municipal de la ciudad de Riobamba por permitirme ingresar a sus instalaciones, guiarme y acompañarme durante los respectivos procedimientos de muestreos.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, primordialmente a la Escuela de Ciencias Químicas y a la Carrera de Ingeniería en Biotecnología Ambiental, y a todos y cada uno de los docentes que en su momento supieron formarme profesionalmente, por todo el aprendizaje tanto técnico como científico que con carisma, paciencia y empeño han sabido transmitirme.

De manera especial, agradezco Al Ing. Juan Carlos González García y a la Ing. María Soledad Núñez Moreno por haber influido positivamente en la ejecución del presente trabajo, por su soporte, tiempo y responsabilidad en todo momento. Además, por demostrar empatía y entrega en toda mi estancia como estudiante de la carrera de Ingeniería en Biotecnología Ambiental.

A mi amada madre Lorena del Pilar y a mi amado hermano Frank Juninho por haberme motivado, ayudado y apoyado incondicionalmente en diferentes momentos, todo su trabajo y apoyo se verá reflejado y recompensado en mí, siendo un excelente profesional y un excelente ser humano.

Joffre

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO.....	4
1.1. Residuo.....	4
1.1.1. Clasificación de los residuos.....	4
1.1.1.1. Clasificación por estado.....	4
1.1.1.2. Clasificación por origen.....	5
1.2. Residuos ganaderos.....	5
1.2.1. Tratamiento de residuos ganaderos.....	6
1.2.2. Potencial contaminante de los residuos ganaderos.....	7
1.2.2.1. Efectos de los residuos ganaderos sobre el recurso suelo.....	7
1.2.2.2. Efectos de los residuos ganaderos sobre el recurso agua.....	8
1.2.2.3. Efectos de los residuos ganaderos sobre el recurso aire.....	8
1.2.3. Gestión de residuos.....	8
1.3. Camal municipal.....	9
1.3.1. Faenamiento.....	11
1.3.2. Residuos del faenamiento.....	11
1.3.2.1. Fuentes de los residuos líquidos.....	11
1.3.2.2. Fuentes de los residuos sólidos.....	13
1.3.3. Estiércol animal.....	15
1.3.3.1. Estiércol bovino.....	15
1.3.3.2. Estiércol ovino.....	15
1.3.3.3. Estiércol porcino.....	16
1.4. Marco legal.....	16
1.5. Vermicompostaje.....	17

1.5.1.	<i>Organismos participantes en el proceso de vermicompostaje</i>	19
1.5.1.1.	<i>Microorganismos</i>	19
1.5.1.2.	<i>Lombriz</i>	19
1.5.2.	<i>Eisenia foetida</i>	20
1.5.2.1.	<i>Clasificación taxonómica de la lombriz Eisenia foetida</i>	20
1.5.2.2.	<i>Morfología de Eisenia foetida</i>	21
1.5.2.3.	<i>Condiciones óptimas para el desarrollo de Eisenia foetida</i>	22
1.5.3.	<i>Etapas del proceso de vermicompostaje</i>	23
1.5.3.1.	<i>Etapa de acondicionamiento</i>	23
1.5.3.2.	<i>Etapa de vermicompostaje</i>	23
1.5.3.3.	<i>Etapa de maduración</i>	24
1.5.4.	<i>Materia orgánica ideal para el vermicompostaje</i>	24
1.5.5.	<i>Beneficios del vermicompostaje</i>	26
1.5.6.	<i>Problemas en el vermicompostaje</i>	27

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	28
2.1.	Zona de estudio	28
2.2.	Lugar de estudio	28
2.2.1.	<i>Datos generales del cantón Riobamba</i>	28
2.2.2.	<i>Unidad de estudio</i>	29
2.2.2.1.	<i>Ubicación geográfica de muestreo</i>	29
2.2.2.2.	<i>Ubicación geográfica de la investigación</i>	30
2.3.	Diseño experimental	31
2.3.1.	<i>Tipo de la investigación</i>	31
2.3.2.	<i>Unidad de análisis</i>	32
2.3.3.	<i>Población de estudio</i>	32
2.3.4.	<i>Tamaño de la muestra</i>	32
2.3.5.	<i>Selección de la muestra</i>	33
2.3.6.	<i>Técnicas de recolección de datos</i>	34
2.3.7.	<i>Tipo de diseño experimental</i>	34
2.4.	Metodología	34
2.4.1.	<i>Maquinaria, materiales, equipos y organismos utilizados durante el procedimiento de elaboración y monitoreo de las unidades experimentales</i>	34
2.4.1.1.	<i>Materia prima</i>	34

2.4.1.2.	<i>Equipos</i>	34
2.4.1.3.	<i>Materiales</i>	35
2.4.1.4.	<i>Organismos</i>	35
2.4.1.5.	<i>Sustancias</i>	35
2.4.2.	<i>Técnicas</i>	35
2.4.2.1.	<i>Toma de muestra para análisis inicial</i>	35
2.4.2.2.	<i>Recolección y transporte de lodos lixiviados</i>	36
2.4.2.3.	<i>Montaje del tratamiento biológico</i>	36
2.4.2.4.	<i>Procedimiento</i>	37
2.4.3.	<i>Control del proceso</i>	38

CAPÍTULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
3.1.	Análisis de resultados	39
3.1.1.	<i>Caracterización de parámetros iniciales</i>	39
3.1.2.	<i>Caracterización de parámetros finales</i>	40
3.2.	Interpretación de resultados	41
3.2.1.	<i>Evaluación de la temperatura</i>	41
3.2.2.	<i>Evaluación del pH</i>	42
3.2.3.	<i>Evaluación de conductividad eléctrica</i>	42
3.2.4.	<i>Evaluación de la humedad</i>	43
3.2.5.	<i>Evaluación de materia orgánica</i>	44
3.2.6.	<i>Evaluación de NO₃</i>	45
3.2.7.	<i>Evaluación del nitrógeno del nitrato</i>	46
3.2.8.	<i>Evaluación del fósforo</i>	46
3.2.9.	<i>Evaluación de fosfato</i>	47
3.2.10.	<i>Evaluación de P₂O₅</i>	48
3.2.11.	<i>Evaluación de NH₃</i>	48
3.2.12.	<i>Evaluación de N-NH₃</i>	49
3.2.13.	<i>Evaluación de NH₄</i>	50
3.3.	Evolución de tamaño y color	50
3.4.	Evolución de peso/número de lombrices	51
3.5.	Comparativa: unidades experimentales vs. blancos	53
3.6.	Observación de <i>Eisenia foetida</i> en lodos lixiviados	54

DISCUSIÓN	
.....	56
CONCLUSIONES	57
RECOMENDACIONES	58
GLOSARIO	
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Producción de excrementos frescos.....	5
Tabla 2-1:	Usos de la sangre bovina	12
Tabla 3-1:	Análisis bromatológico del contenido ruminal	13
Tabla 4-1:	Usos del contenido ruminal	14
Tabla 5-1:	Desechos producidos en camales municipales.....	16
Tabla 6-1:	Parámetros físico químicos del vermicompost.....	19
Tabla 7-1:	Producción de humus por consumo.....	20
Tabla 8-1:	Relación Carbono/Nitrógeno de materiales para ser usados en el vermicompost..	25
Tabla 1-2:	Códigos de unidades experimentales-sustrato 1.....	32
Tabla 2-2:	Unidades experimentales-sustrato 1	33
Tabla 3-2:	Códigos de unidades experimentales-sustrato 2.....	33
Tabla 4-2:	Unidades experimentales-sustrato 2	33
Tabla 1-3:	Caracterización físico-química inicial.....	39
Tabla 2-3:	Caracterización físico-química final.....	40
Tabla 3-3:	Características biológicas y condiciones ambientales de las principales especies de lombrices de clima templado utilizadas en procesos de vermicompostaje.	43
Tabla 4-3:	Evolución de tamaño y color inicial y final de la lombriz roja californiana	50
Tabla 5-3:	Peso de lombrices en las unidades experimentales del sustrato 1	51
Tabla 6-3:	Peso de lombrices en las unidades experimentales del sustrato 2	52
Tabla 7-3:	Comparación de unidades experimentales y blancos.	53
Tabla 8-3:	Comportamiento de <i>Eisenia foetida</i> en lodos lixiviados (sustrato suministrado)	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Descomposición de desechos	6
Figura 2-1: Transición hacia una economía circular	9
Figura 3-1: Sistema digestivo de bovinos.	14
Figura 4-1: <i>Eisenia foetida</i>	21
Figura 5-1: Morfología de <i>Eisenia foetida</i>	22
Figura 6-1: Etapas del vermicompostaje.....	24
Figura 1-2: Ubicación del cantón Riobamba en el contexto local	29
Figura 2-2: Zona de muestreo – camal municipal Riobamba	30
Figura 3-2: Zona de investigación – centro de acopio de la facultad de Ciencias.....	31
Figura 4-2: Recolección parcial de muestras	36
Figura 5-2: Conformación de unidades experimentales	37
Figura 6-2: Caja de madera.....	38

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1:	Procesos de faenamiento en camales municipales	10
Gráfico 1-3:	Evaluación de temperatura.....	41
Gráfico 2-3:	Evaluación de pH.....	42
Gráfico 3-3:	Evaluación de conductividad eléctrica.....	42
Gráfico 4-3:	Evaluación de humedad	43
Gráfico 5-3:	Evaluación de materia orgánica.....	44
Gráfico 6-3:	Evaluación de NO ₃	45
Gráfico 7-3:	Evaluación de nitrógeno del NO ₃	46
Gráfico 8-3:	Evaluación de fósforo	46
Gráfico 9-3:	Evaluación de PO ₄	47
Gráfico 10-3:	Evaluación de P ₂ O ₅	48
Gráfico 11-3:	Evaluación de NH ₃	48
Gráfico 12-3:	Evaluación de N-NH ₃	49
Gráfico 13-3:	Evaluación de NH ₄	50

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. FOTOGRAFÍAS DE FASE DE MUESTREO

ANEXO B. FOTOGRAFÍAS DE FASE EXPERIMENTAL

ANEXO C. FOTOGRAFÍAS DE FASE EN LABORATORIO

ANEXO D. DOCUMENTOS DE VALIDACIÓN

RESUMEN

En la presente investigación se evaluó la adaptabilidad de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) en lodos lixiviados procedentes del camal municipal de la ciudad de Riobamba. Inicialmente se realizó un muestreo compuesto de 30kg de lodo, conformado por sangre, orina y contenido ruminal de ganado bovino, ovino y porcino; esta muestra fue pre compostada en un período de 30 días. Posteriormente se conformaron doce unidades experimentales a escala de laboratorio integradas por 1,5 kg de lodo lixiviado, 1 kg de humus, 500 y 250 gramos de aserrín y una masa de lombrices de 50 y 75 gramos, adicionalmente dos unidades fueron utilizadas como testigos. Se controló la temperatura tres veces por semana; al inicio y al final de la experimentación se analizó en laboratorio los parámetros: pH, conductividad eléctrica, humedad, materia orgánica, (NO₃)⁻, N-(NO₃)⁻, P, (PO₄)₃⁻, (P₂O₅), (NH₃), (NH₄)⁺, N-(NH₃), para conocer el grado de descontaminación de estos parámetros. Desde la conformación de las unidades experimentales, el cultivo de *Eisenia foetida* y el tiempo de duración de los ensayos de adaptabilidad transcurrieron 60 días. Los resultados determinaron que la temperatura en la que *Eisenia foetida* se adapta y desarrolla está entre los 16 y 20,4 grados Celsius; el principal indicio de adaptación de la lombriz al sustrato fue la reducción en casi todos los parámetros analizados, excepto en los (NO₃)⁻ y N-(NO₃)⁻ comparando el análisis inicial con el final, lo cual es favorable por la acción descontaminante. Con el pasar del tiempo, el sustrato presentó una coloración más oscura y una consistencia menos compacta. Por ello, la adaptación de *Eisenia foetida* en este tipo de sustratos ha sido positiva, se recomendó su aplicación a mediana y grande escala.

Palabras clave: <BIOTECNOLOGÍA>, <LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (*Eisenia foetida*)>, <VERMICOMPOSTAJE>, <PRE-COMPOSTAJE>, <CONTENIDO RUMINAL>, <RESIDUOS ORGÁNICOS>.

LEONARDO
FABIO
MEDINA
NUSTE

Firmado digitalmente por
LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE
Nombre de reconocimiento (DN):
cn=EC, o=BANCO CENTRAL DEL
ECUADOR, ou=ENTIDAD DE
CERTIFICACION DE INFORMACION-
EDICE, l=QUITO,
serialNumber=10000621485,
cn=LEONARDO FABIO MEDINA
NUSTE
Fecha: 2022.04.27 08:55:26 -05'00'



0788-DBRA-UTP-2022

ABSTRACT

The adaptability of the Californian red earthworm (*Eisenia foetida*) in sludge generated in the municipal slaughterhouse from Riobamba was evaluated in this research. First of all, a sampling made up of 30 kg of sludge containing blood, urine and rumen content from cattle, sheep and pigs was carried out; this sample was pre-composted in a 30-day period. Subsequently, twelve experimental units were formed at the laboratory, these units contained 1.5 kg of leached sludge, 1 kg of humus, 500 and 250 grams of sawdust and a mass of earthworms of 50 and 75 grams, and two additional units were used as a control group. The temperature was monitored three times a week; at the beginning and at the end of the experiment, the following parameters were analyzed in the laboratory: pH, electrical conductivity, humidity, organic matter, (NO₃)⁻, N-(NO₃)⁻, P, (PO₄)₃⁻, (P₂O₅), (NH₃), (NH₄)⁺, N-(NH₃), in order to know the level of decontamination of these parameters. Sixty days passed from the formation of the experimental units, the cultivation of *Eisenia foetida* and the duration of the adaptability tests. The results determined that the temperature at which *Eisenia foetida* adapts and develops is from 16 to 20.4 degrees Celsius; the main signal of adaptation of the earthworm to the substrate was the reduction in almost all the parameters analyzed, except in (NO₃)⁻ and N-(NO₃)⁻ when comparing the initial analysis with the final one, which is favorable due to the decontaminating action. As the time goes by, the substrate showed a darker coloration and a less compact consistency. Therefore, the adaptation of *Eisenia foetida* in this type of substrates has been positive; thus, its use at medium and large scale was recommended.

Keywords: <BIOTECHNOLOGY>, <CALIFORNIAN RED EARTHWORM (*Eisenia foetida*)>, <VERMICOMPOST>, <PRE-COMPOST>, <RUMEN CONTENT>, <ORGANIC WASTE>.



PAUL ROLANDO
ARMAS PESANTEZ

INTRODUCCIÓN

Identificación del problema

En el camal municipal de la ciudad de Riobamba se evidencia la ausencia de tratamientos a sus lodos lixiviados generados antes, durante y después del faenamiento de bovinos, ovinos y porcinos; es decir, los residuos sólidos, líquidos y la mezcla de estos, generados en todo el proceso de faenamiento, generan varias afectaciones de carácter ambiental, provocadas por la mala disposición de los mismos.

La mayoría de residuos sólidos orgánicos, orina, sangre vertida, bilis y el contenido ruminal son componentes que forman parte de los lodos lixiviados que se obtienen de los animales faenados dentro de los mataderos. La inadecuada gestión de los lodos se evidencia ya que no existe ningún tipo de separación y tampoco aprovechamiento efectivo de los mismos, lo que genera impactos ambientales negativos.

Los desechos sólidos generan un grave problema de taponamiento del sistema de alcantarillado, inconveniente que con el paso del tiempo crece y resulta más difícil solucionarlo.

Otro aspecto desfavorable es que el perímetro del camal municipal está totalmente urbanizado evidenciándose en todo el sector un intenso olor desagradable, producido por la naturaleza de los procesos y actividades propias de un camal al cual llegan animales en pie para su sacrificio.

Cabe resaltar otro inconveniente, y tal vez el más grave por parte de las autoridades y personas encargadas del sitio, es la desinformación, puesto que actualmente es posible aplicar varias medidas tecnológicas amigables con el ambiente para la mitigación de la problemática y reducción o eliminación de todos los desechos orgánicos tanto sólidos como líquidos del lugar. Mencionada desinformación incide en la contaminación diaria progresiva a la cual están expuestos varios cuerpos de agua, lo cual resulta perjudicial para el medio ambiente en un contexto no únicamente local, sino más bien global.

Formulación del problema

¿Puede *Eisenia foetida* adaptarse a los lodos de lixiviación procedentes del camal municipal de la ciudad de Riobamba?

Justificación

La actual investigación cumple con el rol social de la ciencia, al evaluar la capacidad de adaptabilidad de *Eisenia foetida* en lodos de lixiviación procedentes del camal municipal de la ciudad de Riobamba, con miras a la generación de una economía circular, en donde a través de los residuos del faenamiento se realice vermicompostaje y este puede llegar a ser de utilidad para la labranza y aprovechamiento como abono.

La importancia de este estudio radica en definir nuevas soluciones que puede adoptar el personal administrativo y operacional del camal municipal de la ciudad de Riobamba y de esta forma ayudar al medio ambiente, mediante el aprovechamiento de los residuos para la generación de vermicompost, rico en nutrientes para diferentes suelos que han perdido parcialmente sus propiedades por diferentes causas antrópicas como las malas prácticas agrícolas, y sobre explotación de suelos.

A lo largo del tiempo se ha ponderado al vermicompostaje como una valiosa enmienda orgánica que forma parte de buenas prácticas para el manejo y recuperación de fertilidad del suelo, gracias a que aportan a la mejora de la disponibilidad de nutrientes, propiedades físicas (estructura, porosidad, retención de humedad) y favorecen el crecimiento de cultivos y disminuyen su compactación (FAO, 2018, p.95).

El proyecto ha sido pertinente e interdisciplinario, ya que se ha empleado un conjunto de conocimientos que se ha asimilado durante todo el proceso de formación profesional en las aulas, y ha aplicado nuevas técnicas eficientemente comprobadas para lograr la deseada adaptabilidad de *Eisenia foetida*; así se ha conocido y verificado el proceso y/o técnica ideal en la que puede desarrollarse de mejor forma la especie utilizada.

Para la investigación se dispuso de infraestructura física y con el recurso humano. El centro de operaciones para el correcto desarrollo del trabajo ha sido el centro de acopio perteneciente a la Facultad de Ciencias de la ESPOCH. Los beneficiarios del proyecto son, por una parte, las instituciones participantes y por otra, las personas que han encaminado y efectuado el proyecto.

Se refuerza conocimientos de Ecología, Química y Biología.

La ejecución del proyecto contribuye a los manuales de compostaje de agricultores, a futuras investigaciones relacionadas al presente tema ya no únicamente a nivel de laboratorio, sino más bien aplicado a campo, considerando que existe una escasa producción científica en este ámbito.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la adaptabilidad de *Eisenia foetida* en lodos lixiviados del camal municipal de la ciudad de Riobamba.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar los lodos lixiviados del camal municipal de la ciudad de Riobamba al inicio y al final de la etapa experimental.
- Cultivar *Eisenia foetida* en los sustratos experimentales.
- Ensayar la adaptabilidad de *Eisenia foetida* en los sustratos experimentales definidos.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Residuo

A los residuos se los puede definir como todos aquellos materiales que no poseen una aplicación clara y específica, por el contrario, su valoración es catalogada como nula, sin embargo, estos precisan costos de gestión. Los residuos son los subproductos de todas aquellas actividades realizadas por el hombre desde sus inicios. Al existir incrementos considerables de la población humana y del desarrollo tecnológico e industrial los residuos tienen un crecimiento exponencial tanto en cantidad como en variedad (Castrillón y Puerta Echeverri, 2004, p.16).

Al existir una mala disposición de residuos cada vez se provoca de forma más acelerada grandes problemas al ambiente, contaminando así a los recursos agua, suelo y aire. Esta problemática ambiental generada por el incremento de los residuos se debe, en parte, a la falta de educación y responsabilidad ambiental para separar estos residuos y lograr volver a utilizarlos como materia prima en otra gran variedad de actividades (Castrillón y Puerta Echeverri, 2004, p.16).

1.1.1. Clasificación de los residuos

Independientemente de las diferentes clasificaciones establecidas por la legislación ecuatoriana que reciben los residuos como: peligroso, no peligroso, urbano o inerte; existe una aún más amplia clasificación que ha sido creada con la finalidad de proporcionar información más específica, detallada y subclasificada (CCOO Aragón, 2006, p.23).

1.1.1.1. Clasificación por estado

Los residuos pueden ser definidos por el estado físico en el que se encuentran, aquí se puede encontrar residuos: sólidos, líquidos y gaseosos. El alcance real de esta clasificación puede ser efectuado en términos descriptivos o según la forma en que se los pueda manejar (CCOO Aragón, 2006, p.23).

1.1.1.2. Clasificación por origen

Es un parámetro que logra mostrar las características y propiedades que están determinadas por el lugar y la forma en que se originan los residuos. Teniendo en cuenta su origen se puede distinguir los siguientes grupos de residuos: urbanos, industriales (inertes – peligrosos – agrícolas – ganaderos – forestales), mineros, sanitarios, de construcción y radiactivos (CCOO Aragón, 2006, p.23).

1.2. Residuos ganaderos

Los excrementos ganaderos son el resultado de todo tipo de ganadería tanto intensiva como extensiva. La definición de excrementos ganaderos específicamente se basa en el origen mismo de los excrementos, pero también se pueden realizar otros tipos de clasificaciones que caracterizan este tipo de excrementos (residuos) (Agencia Extremeña de la Energía, 2010, p.10).

Es así que, dentro de este grupo de residuos ganaderos, se tiene los siguientes subgrupos:

- Estiércol y Purín
- Residuos zoonosanitarios
- Subproductos de origen y caracterización animal

Los estiércoles se encuentran conformados por: deyecciones sólidas, deyecciones líquidas y las camas del ganado. El purín es una mezcla entre la orina del ganado y los líquidos que fluyen en el estercolero, dicho de otra forma, es el líquido que escurre del estiércol, no de la orina de los animales. En lo que respecta a la producción de estiércoles y purines como ya se ha mencionado, se debe aceptar por lo general producciones diarias de deyecciones tanto sólidas, como líquidas; equivalentes al 7% del peso vivo del animal, aunque se conoce que por diversos aspectos existen alteraciones en relación a los siguientes valores citados (Agencia Extremeña de la Energía, 2010, p.11).

Tabla 1-1: Producción de excrementos frescos.

	Peso del animal (kg)	Cantidad de excrementos/día (kg)	% peso vivo
Bovinos de Carne	200 – 250	15 – 30	5,3 – 7
Vacas lecheras	450 – 600	30 – 50	6 – 9
Ovinos	45 – 60	1,5 – 5	3 – 10
Cerdos adultos	160 – 250	5,3 – 25	2,5 – 10
Cerdos de engorde	45 – 100	3 – 9	5 – 10

Fuente: (Agencia Extremeña de la Energía, 2010, p.11).

Realizado por: Niama, Joffre, 2021.

1.2.1. Tratamiento de residuos ganaderos

La correcta utilización y gestión de los productos residuales de las actividades ganaderas tienen por objetivo convertirlos en subproductos con gran utilidad, de forma que no provoquen ningún tipo de problema ambiental. En los últimos tiempos lo único que se ha realizado es estercolar el suelo de forma incontrolada, sin pensar en las repercusiones de estas acciones como originar los deterioros del agua y obtener bajos resultados fertilizantes. Cabe resaltar que, se debe realizar un correcto manejo de los residuos, esto desde el instante mismo en que se producen, para así evitar alteraciones o contaminaciones (Agencia Extremeña de la Energía, 2010, p.12).

El primer tratamiento que se debe efectuar en estos residuos es la eliminación de los elementos gruesos que puedan incluir mediante un sistema de cribado o rejillas, luego estos se enviarán a una fosa de recepción donde se batirá para adquirir formas y composiciones física - químicas definidas. De forma seguida se debe realizar una separación mecánica (tamices o sistemas de presión) en donde se logrará la separación de la parte sólida y líquida; la parte sólida se estabilizará durante su fase de almacenamiento, y la parte líquida debe ser transportada hacia otra fosa para eliminar los lodos mediante sedimentación. Una vez ejecutadas estas operaciones previas, los residuos resultantes pueden ser sometidos a diversos tratamientos para convertirlos en productos útiles para otros procesos (Agencia Extremeña de la Energía, 2010, p.12).

También es importante realizar tratamientos biológicos aerobios, mismos en los que se realizan cultivos de bacterias (en presencia de oxígeno) que utilizarán la materia orgánica del residuo para desarrollarse. Si bien la materia orgánica se excreta en forma gaseosa (CO₂), esta puede contaminarse a través de bacterias. También se tienen tratamientos biológicos anaerobios que tienen la misma estructura del anterior proceso mencionado, solo que difiere en la ausencia de oxígeno y se lo puede potenciar incorporando a los purines bacterias específicas como enzimas y levaduras, por ejemplo (Agencia Extremeña de la Energía, 2010, p.12).

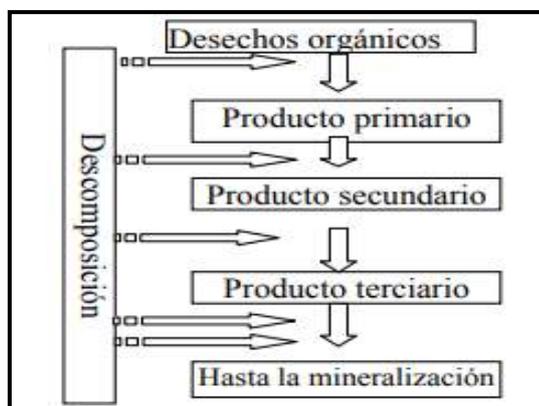


Figura 1-1.: Descomposición de desechos

Fuente: (Uicab y Sandoval, 2003, p.48).

1.2.2. Potencial contaminante de los residuos ganaderos

El potencial contaminante proveniente de los residuos ganaderos viene determinado por diferentes parámetros: materia orgánica, potasio, fósforo, nitrógeno y metales pesados. Entre este conjunto de parámetros destaca la materia orgánica porque la contaminación que puede provocar es elevada, sobre todo si la valoración contaminante se realiza en función de la carga orgánica.

Para lograr una determinación y comparación adecuada en función de cargas contaminantes se deben expresar los resultados en diferentes unidades establecidas, como son: DBO₅, DQO (Rodríguez, 2002, p.3).

La DBO₅ mide la carga orgánica en función del consumo de oxígeno, por vía biológica en mg/L, a temperatura constante por un lapso de tiempo de 5 días. Por su parte, la DQO determina el oxígeno consumido, por vía química, por las materias reductoras presentes en el efluente analizado, esto gracias a la utilización de Permanganato de Potasio como agente oxidante. Se debe tener en cuenta un aspecto muy desfavorable por parte de los residuos ganaderos hacia la salud humana y animal, esta se refiere a que este tipo de residuos son portadores de poblaciones microbianas de bacterias, virus y hongos (Rodríguez, 2002, p.3).

1.2.2.1. Efectos de los residuos ganaderos sobre el recurso suelo

La materia orgánica crea un equilibrio en el suelo, los aportes de materia orgánica procedente de residuos ganaderos incrementan los contenidos de nitrógeno. El nitrógeno en los excrementos ganaderos se divide en tres partes: mineralizable, orgánico y residual; por lo que las plantas pueden extraer todo el nitrógeno. Es difícil que el nitrógeno pueda producir efectos negativos sobre el suelo, sin embargo, cuando los nitratos se elevan excesivamente puede provocarse problemas de toxicidad (Rodríguez, 2002, p.4).

El fósforo no suele provocar problemas de toxicidad en los suelos, más bien es muy útil para los cultivos; los únicos problemas que presenta son en las praderas donde se evidencia concentraciones elevadas. Así también, el potasio representa problemas en las praderas pastadas por ganado bovino. El potencial de Hidrógeno de las descargas animales varía entre 6,7 en bovinos, 7,0 en porcinos y 8,0 en bovinos de engorde; el efecto de su pH en los suelos es acidificante (Rodríguez, 2002, p.4).

1.2.2.2. Efectos de los residuos ganaderos sobre el recurso agua

En las aguas superficiales, el principal resultado es la eutrofización, un caso especial de contaminación causada por un mayor suministro de nutrientes. Las deyecciones ganaderas contienen una proporción importante tanto de nitrógeno como de fósforo, son estos dos elementos los que provocan daños, ya que la materia orgánica no genera problemas al recurso agua (excepto por vertido directo) (Rodríguez, 2002, p.5).

Las aguas subterráneas son alcanzadas por compuestos orgánicos por filtración a través del suelo, la capacidad de filtración depende de varios parámetros: porosidad, capacidad de absorción, formación de compuestos solubles e insolubles, etc. El verdadero parámetro contaminante de las aguas subterráneas es el nitrógeno. Cuando se agrega excremento ganadero al suelo, los compuestos de nitrógeno provocan la mineralización (proceso aeróbico), y el nitrógeno amoniacal se mineraliza rápidamente para formar nitritos y nitratos solubles. En medio anaeróbico se provoca una desnitrificación que da lugar a la formación de nitrógeno que escapa de la atmósfera. Cabe recalcar que no se puede obviar el papel que juega la escorrentía y la permeabilidad de los suelos en la contaminación de las masas de agua (Rodríguez, 2002, p.5).

1.2.2.3. Efectos de los residuos ganaderos sobre el recurso aire

Los distintos efectos de los excrementos ganaderos en la atmósfera están relacionados con los componentes volátiles que provienen de los distintos componentes orgánicos que la componen. La incidencia más intensa se producirá en la calidad atmosférica de los lugares en los cuales se producen, acumulan o aportan tales residuos. Mencionados gases radican en la acción de ciertos microorganismos, mismos que producen compuestos volátiles y gases con un grado determinado de nocividad irritante (NH_3 , H_2S) y asfixiantes (CH_4 , CO_2) (Rodríguez, 2002, p.5).

1.2.3. Gestión de residuos

La producción de residuos orgánicos ha incrementado en gran medida en las últimas décadas, así también las leyes y directrices a regirse han incrementado, con el objetivo de reducir los impactos ambientales negativos que pueden llegar a generarse, y así también, minimizar las fuentes de contaminación orgánica, esto rigiéndose a recuperar y reutilizar los residuos generados (Camiletti, 2016, p.7).

Se maneja la sustitución de una economía lineal basada en producir y tirar, por una economía circular, en la que se pueda llegar a incorporar al proceso los residuos orgánicos para obtener nuevos productos o nuevas materias primas. En este sentido, el reciclado y la reutilización del

contenido ruminal deben ser opciones económicamente viables para el sector agrícola, y, sobre todo, que se garantice productos de alta calidad (Camiletti, 2016, p.7).

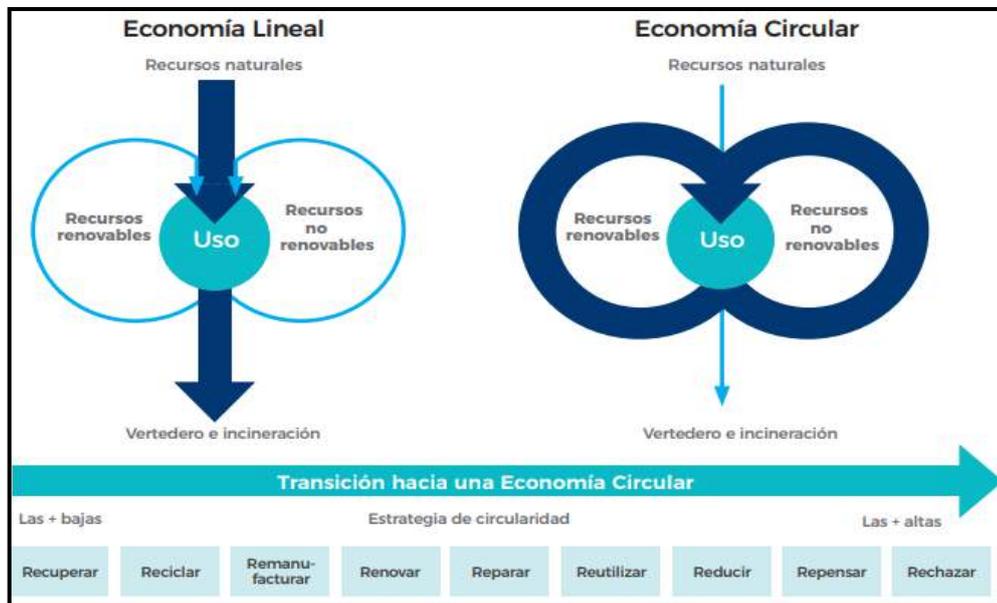


Figura 2-1.: Transición hacia una economía circular

Fuente: (Jaurilaritza, 2019, p.9).

1.3. Camal municipal

Es el lugar específico y el único permitido en el cual se puede producir carne de una manera higiénica y técnica, esto se da mediante la correcta manipulación de las personas hacia los animales desde el momento en que llegan, hasta que es obtenida por comerciantes o por el consumidor final. Se emplean técnicas en donde se detallan normas de higiene antes, durante y después del sacrificio de los animales, la preparación y los canales de distribución, mediante divisiones de operaciones “limpias” y “sucias” (Mafla, 2010, p.13).

Además, en este lugar se debe facilitar el reconocimiento adecuado de los diferentes tipos de carnes, y el manejo adecuado de los desechos resultantes, de esta forma se previenen riesgos potenciales en los cuales la carne de mala calidad pueda llegar a la ciudadanía o provocar daños al medio ambiente (Mafla, 2010, p.13).

Desde el momento en que llegan los animales a los camales municipales empieza a existir una contaminación que mayoritariamente es arrumada, sin embargo, en muchos de los casos desembocan en los sistemas de alcantarillado originados por el estiércol y orina de los animales que a futuro se faenarán (Mafla, 2010, p.13).

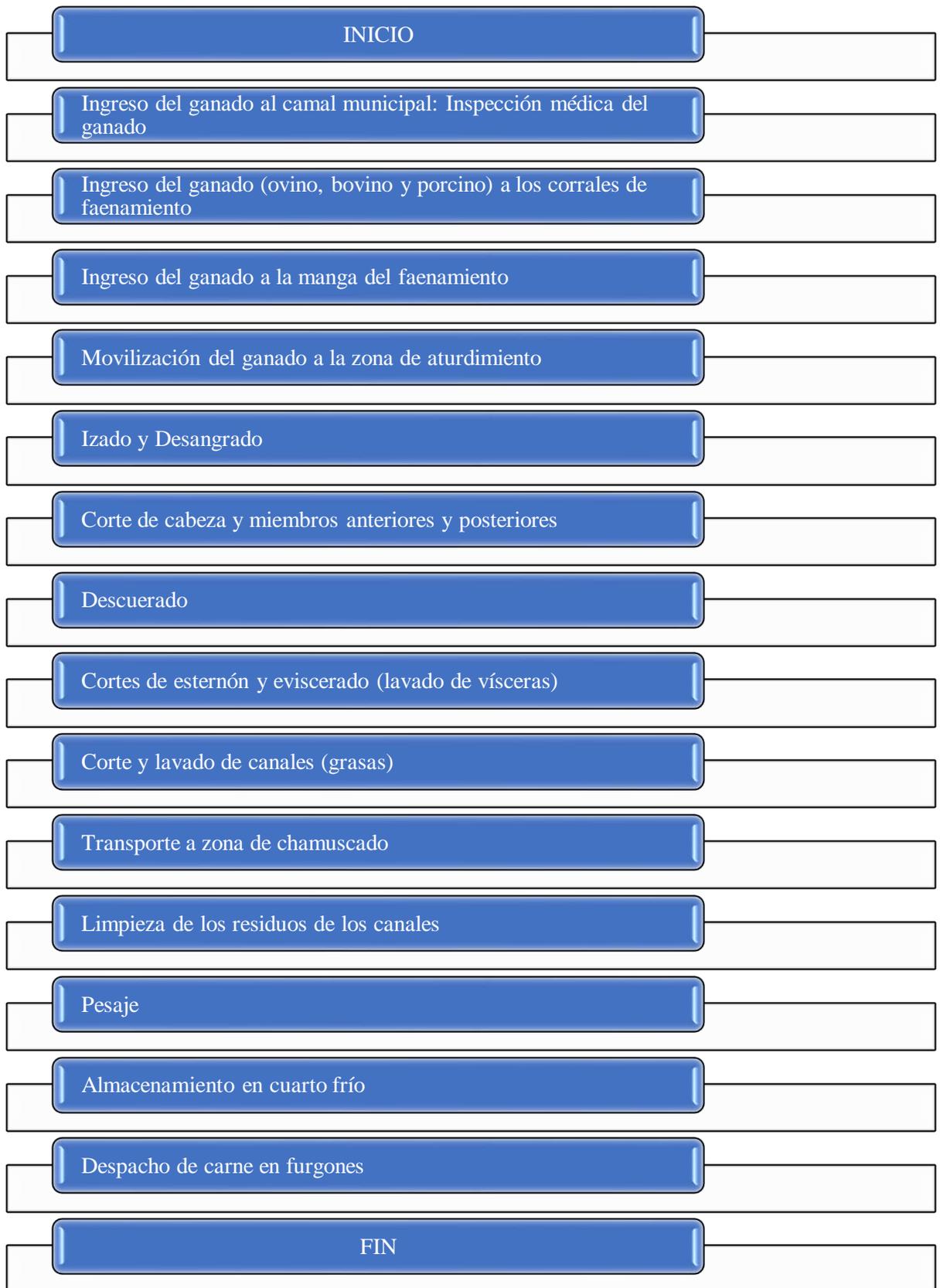


Gráfico 1-1:. Procesos de faenamiento en camales municipales

Fuente: (Yacelga, 2020, p.10).

Realizado por: Niama, Joffre, 2021.

1.3.1. Faenamiento

Es el conjunto de procedimientos en los cuales se sacrifica al ganado ovino, bovino y porcino para la obtención de la carne mediante la manipulación humana empleando técnicas higiénicas, evitando el estrés de los animales y preparando canales mediante una división estricta de operaciones limpias y sucias. Los objetivos del proceso de faenamiento la obtención de carnes con excelentes características organolépticas, facilitar la inspección de la carne y manejar de forma apropiada los desechos resultantes, de esta manera es como se garantiza la eliminación de peligros potenciales que algunos tipos de carne pueden presentar y llegar al consumo público o contaminar el ambiente (Dier, 2007, p.7).

1.3.2. Residuos del faenamiento

Son todos aquellos residuos generados en el procedimiento de faenar el ganado dentro de un matadero, estos pueden ser reutilizados para varias actividades: consumo humano, animal e industrial; de esta manera se puede contribuir a la disminución de impactos ambientales negativos hacia los recursos aire, agua y suelo. Dentro de los centros de faenamiento o camales municipales se pueden obtener diferentes residuos de tipo sólidos y líquidos, estos pueden ser: Contenido ruminal, huesos, cueros, pelos, grasas, pezuñas, estiércol, sangre, bilis, orina, etc. (Yacelga, 2020, p.14).

1.3.2.1. Fuentes de los residuos líquidos

Entre las principales fuentes que generan residuos líquidos se tiene a las aguas de lavado y a las aguas que se utilizan en el proceso de desangrado y evisceración. Las aguas residuales generadas dentro de los camales municipales contienen: sangre, contenido ruminal, estiércol, pelos, grasas, huesos, proteínas, y otros contaminantes solubles, efluentes que aportan en grandes cantidades cargas orgánicas y que son vertidos directamente al alcantarillado sin un tratamiento previo en muchos de los casos como lo sugieren varias normativas y acuerdos ambientales (Yacelga, 2020, p.14).

- *Sangre de ganado bovino, ovino y porcino*

La sangre es un líquido de color rojo escarlata, que se localiza en el sistema circulatorio del ganado u organismos animales. A este subproducto se lo obtiene una vez que se ha dado el sacrificio del animal, el cual debe ser analizado si es idóneo para poder volver a utilizarlo previo a una correcta caracterización (Beltrán y Perdomo, 2007, p.24).

Este residuo de tipo líquido se lo puede obtener de los camales municipales o de los grandes mataderos. La sangre de este tipo de animales faenados es el subproducto líquido principal que se obtiene una vez que los animales han sido sacrificados; pues aproximadamente por cada 100 kg de peso vivo se obtienen 60 litros de sangre, de los que según estudios durante el desangrado se recoge aproximadamente el 50% (Beltrán y Perdomo, 2007, p.26).

Entre las características de la sangre se conoce que está formada por plasma, mismo que es altamente rico en proteínas; a su vez el plasma está constituido por leucocitos, trombocitos y eritrocitos. Por su parte, los glóbulos rojos poseen la forma de discos, sin núcleo y elásticos; poseen un pigmento sanguíneo llamado hemoglobina. Así también, se tiene la presencia de glóbulos blancos, estos a diferencia de los glóbulos rojos si poseen núcleo, pero no tienen membrana y tampoco color. Los compuestos nitrogenados que poseen bajo peso molecular contenidos en la sangre son la urea, aminoácidos, creatina y creatinina (Beltrán y Perdomo, 2007, p.24). Según Yacelga (2020, p.14) en su trabajo de investigación menciona que la sangre posee una elevada humedad (80%) y sustancias sólidas (20%).

Tabla 2-1: Usos de la sangre bovina

Consumo humano	<ul style="list-style-type: none"> • Plasma sanguíneo • Corpúsculo sanguíneo • Suero sanguíneo – fibrina • Sangre coagulada cocida
Consumo animal	<ul style="list-style-type: none"> • Sangre coagulada • Sangre mezclada • Sangre seca molida • Harina de sangre
Abono	<ul style="list-style-type: none"> • Compost

Fuente: (Yacelga, 2020, p.16).

Realizado por: Niama, Joffre, 2021.

1.3.2.2. Fuentes de los residuos sólidos

Las principales fuentes en la que se generan los residuos sólidos dentro de las centrales de sacrificio o también llamados camales municipales son dentro de los corrales, en el proceso de descuerado, los cortes y en el proceso de evisceración. Dentro de los mencionados corrales se deposita el estiércol en grandes cantidades, mezclado con orines (Benavides, 2006, p.9).

Varias comparaciones hacen notar que un bovino de peso entre 450 y 635 kg puede llegar a generar entre 38 y 53 kg/día de estiércol. Posteriormente, cuando se prosigue al descuerado de animales se generan residuos sólidos como son las pezuñas, huesos y cuernos. Finalmente, en el proceso de evisceración es donde se genera en cantidades mayores residuos sólidos; en este procedimiento el principal residuo sólido que se genera es el rumen o contenido de los estómagos, se caracteriza por poseer lignocelulosa, mucosas, fermentos digestivos y microorganismos patógenos (Benavides, 2006, p.9).

- *Contenido ruminal*

El contenido ruminal también conocido como ruminaza es un subproducto que se obtiene de la matanza del ganado, este es el alimento que ha sido ingerido por los animales y que es desechado al momento del sacrificio. Es una mezcla de material que no ha logrado ser digerido, posee un color amarillo verdoso y un olor muy intenso debido a que se encuentra en estado fresco. En este contenido se encuentra presente gran cantidad de microorganismos como protozoos, hongos y bacterias que se encuentran en simbiosis con el animal en que se encuentran hospedando (Acevedo y Buitrago, 2008, p.5).

Tabla 3-1:. Análisis bromatológico del contenido ruminal

Humedad %	Proteína bruta %	Fibra %	Ceniza %	Otros
76,89	2,05	5,4	3,18	12,48

Fuente: (Yacelga, 2020, p.17).

Realizado por: Niama, Joffre, 2021.

El tratamiento de este subproducto originado del sacrificio de ovinos, bovinos y porcinos representa un serio problema, pues se deben desarrollar soluciones adecuadas que permitan evacuar higiénicamente o sub procesar estos desechos. Varios camales municipales, han arrojado y lo siguen haciendo actualmente este tipo de material a los ríos y alcantarillados sin brindar ningún tipo de tratamiento previo, este tipo de acciones perjudican a la salud humana y además forma parte de un grave problema ambiental (Acevedo y Buitrago, 2008, p.1).

Tabla 4-1: Usos del contenido ruminal

Consumo animal	Producto final/Nombre comercial
Húmedo	Contenido ruminal semi - seco
Seco	Contenido ruminal seco
Sólo o con otros desechos comestibles	<ul style="list-style-type: none">• Harina forrajera• Contenido ruminal seco mezclado• Bloques nutricionales• Harina forrajera y sangre
Abono orgánico	Compost

Fuente: (Yacelga, 2020, p.17).

Realizado por: Niama, Joffre, 2021.

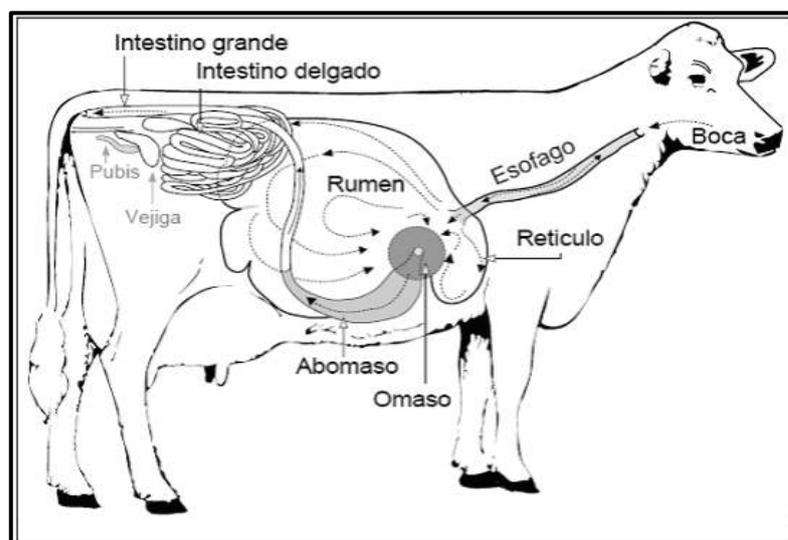


Figura 3-1: Sistema digestivo de bovinos.

Fuente: (Acevedo y Buitrago, 2008, p.7).

Como ya se ha mencionado, un uso adecuado de los desechos generados en los camales municipales contribuirá a mejorar la protección que se le pueda proporcionar al medio ambiente, ya que de esta forma se estará evitando que tales desechos como por ejemplo el estiércol, la sangre y el contenido ruminal sean vertidos a los arroyos y ríos sin ningún tipo de consideración sanitaria. Además, el contenido ruminal es catalogado como uno de los contaminantes que mayor impacto ambiental provoca, ya que produce una alta carga orgánica, y este llega a fosas sépticas, basureros municipales y aguas residuales; evidentemente esta ruminaza es vista como un potencial contaminante; sin embargo, si se lo ve desde otro punto de vista, es una fuente valiosa de nutrimentos para realizar por ejemplo compostaje y vermicompostaje (Uicab y Sandoval, 2003, p.45).

1.3.3. Estiércol animal

Es catalogado como un importante recurso que puede ser utilizado para el manejo orgánico y sustentable del suelo, unas de sus utilidades eficientes en combinación con otras prácticas sustentables es la rotación de cultivos, cultivos de cobertura, abonos verdes y cal. En la producción de carácter netamente orgánica, a los diferentes tipos de estiércol (según su proveniencia) se los puede utilizar como estiércol crudo (fresco o seco) y también compostado. Al aplicárselo al suelo, este va a mejorar en cuanto a Nitrógeno, Fósforo y Potasio, conocidos en conjunto como NPK. Si existe la posibilidad de añadir otras materias primas y cama animal al estiércol crudo se lo va a ayudar para su descomposición y así obtener abono con amonio y nitratos solubles en pequeñas cantidades (NCAT ATTRA, 2015, p.1).

1.3.3.1. Estiércol bovino

Este tipo de estiércol es muy utilizado en la agricultura, debido a su importancia en cuanto a nutrientes que puede proveer en la producción agrícola, de tal modo que se lo conoce como un suplemento para la utilización de productos químicos y ayuda a reducir altos costos de producción e índices de contaminación. Gracias a estudios se sabe que aumenta la calidad del suelo y es indispensable para la nutrición vegetal (Trejo et al. 2018, p.729). Además, el estiércol bovino posee baja concentración de nutrimentos inorgánicos y altos contenidos de Nitrógeno (N). Sin embargo, un punto a tener en cuenta es que se lo debe aplicar de forma controlada, puesto que su exceso puede incrementar la salinidad del suelo y así reducir su rendimiento (Salazar et al. 2010, p.382).

1.3.3.2. Estiércol ovino

Es un estiércol producido por varias especies, entre ellas y la más representativa es la oveja, misma que funciona de forma adecuada en la labranza. Una desventaja de este estiércol es que no se conoce con claridad la dosis adecuada para su aplicación en el suelo y así satisfacer la demanda de nutrientes que exige el suelo. Tiene la capacidad de liberar paulatinamente nutrientes, pero aquello se logra con un correcto equilibrio entre humedad, temperatura y textura. Es importante mencionar que con total facilidad promueve a la retención de iones, además de mejorar las condiciones físicas del suelo, lo cual reduce la compactación y aumenta la actividad microbiana. Al estiércol ovino no se lo debe exponer a altas temperaturas, puede perder inmediatamente sus propiedades nutritivas (Miranda et al. 2014, p.93).

1.3.3.3. *Estiércol porcino*

Estiércol altamente utilizado como abono orgánico, con este tipo de abono se tiene varias opciones, se lo puede separar en su fracción líquida y sólida. Con la primera se lo puede usar para sistemas de riego y con la fracción sólida se la puede usar como guano para de esta forma fertilizar los campos de cultivo, esta opción es la más benéfica con el medio ambiente, y también, es mucho más económica en comparación con fertilizantes químicos. Este estiércol se caracteriza por mejorar las propiedades físico químicas del suelo. Sin embargo, si no se lo sabe manejar de forma adecuada provoca impactos negativos hacia el medio ambiente, por ende, al recurso aire, agua y suelo (Moreno y Cadillo, 2018, p.416).

Tabla 5-1: Desechos producidos en camales municipales

Especie	Desecho producido
Bovino	Sangre, Grasa, Huesos Fragmentos tisulares (desperdicios de matanza) Orejas, Cuernos, Cascos, Contenido Ruminal, Orina Vísceras abdominales y torácicas
Ovino	Sangre, Grasa, Huesos Fragmentos tisulares (desperdicios de matanza) Orejas, Cuernos, Pelos, Contenido Ruminal, Orina Vísceras abdominales y torácicas
Porcino	Sangre, Grasa, Huesos Fragmentos tisulares (desperdicios de matanza) Cascos, Pelos, Contenido Ruminal, Orina Vísceras abdominales y torácicas

Fuente: (Uicab y Sandoval, 2003, p.55).

Realizado por: Niama, Joffre, 2021.

1.4. Marco legal

El capítulo sexto de Derechos de Libertad en su Artículo número 66 literal 27 garantiza a los ciudadanos ecuatorianos a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza según CRE (2008, p.31); el cual está relacionado con el Código Orgánico Ambiental, mismo en el que se destaca el principio de prevención, reparación, control y sanción de contaminación y daños ambientales (COA, 2017, p.14).

La ley Orgánica de Salud promociona el Derecho a la salud y a su protección, se rige en principios de equidad, integridad, solidaridad, participación, calidad y eficiencia; la ley en

mención prohíbe el sacrificio, transporte, industrialización y venta de animales muertos o faenados que han padecido enfermedades perjudiciales para la salud humana (LOS, 2015, p.23). Así también, la ordenanza 005-2017 del Consejo Municipal del Cantón Riobamba tiene como objetivo regular el uso y funcionamiento de mataderos y plazas de comercialización de ganado dentro de la jurisdicción de la ciudad (Consejo Municipal Riobamba, 2017, p.3).

El Acuerdo Ministerial 061 previene y obliga a las personas naturales jurídicas, públicas o privadas cumplir con la utilización de celdas emergentes para lodos lixiviados, hasta la habilitación del sitio de disposición final, técnica y ambientalmente regularizado; además se debe contar con la conducción, almacenamiento y tratamiento de lixiviados y lodos lixiviados. Los espacios de faenamiento no tendrán conexiones directas a los diferentes sistemas de alcantarillado o cuerpos de agua, de esta forma se anulará la filtración de lodos lixiviados (Acuerdo Ministerial 061, 2015, p.4).

En cuanto a la Ley de Gestión ambiental, se fijan los diferentes principios de solidaridad, corresponsabilidad, cooperación, coordinación, reciclaje, reutilización de residuos, uso de alternativas tecnológicas sostenibles y respeto a la cultura (Custode, 2017, p.3).

El Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD), en su artículo número 4, menciona todos los fines de los GADS, siendo uno de ellos recuperar, conservar y mantener sana a la naturaleza y al medio ambiente, haciendo prevalecer el desarrollo sostenible y sustentable. También es de la pertenencia de los GADS predominar e inducir a hábitats seguros y saludables para los ciudadanos (Custode, 2017, p.3).

El artículo 55 *ibídem* define de forma específica las plenas competencias de los GAD Municipales, siendo de interés la planificación conjunta de instituciones públicas el desarrollo cantonal, y así prestar servicios dignos de agua potable, alcantarillado y sobre todo depurar todo tipo de aguas residuales, manejar de forma adecuada los desechos sólidos y prestar mucha atención a las actividades de saneamiento ambiental según establezca la ley (Custode, 2017, p.3).

1.5. Vermicompostaje

La actividad previa para la obtención de vermicompost es la lombricultura, se refiere a una actividad biotecnológica y agropecuaria, cuyo objetivo consiste en la crianza técnica de lombrices en cautiverio y así obtener el humus de lombriz, mismo que es catalogado un abono enteramente orgánico. Posee un enfoque ecológico, por la gran variedad de sustratos que pueden ser usados en su alimentación; así también, posee un enfoque tecnológico debido a los fenómenos microbiológicos y bioquímicos que se dan durante el procedimiento de fermentación de la alimentación de *Eisenia foetida* partiendo de la materia orgánica (Somarriba y Guzmán, 2012, p.5).

Al vermicompostaje se lo conoce como un proceso de estabilización, biooxidación y degradación de la materia orgánica, inducido por la combinación de lombrices y microorganismos bajo dos tipos de condiciones: aerobias y mesófilas. Es así que, las lombrices son las encargadas de trabajar como una especie de conductoras de todo el proceso mediante dos acciones: la fragmentación y el acondicionamiento del sustrato utilizado para la actividad microbiológica. El vermicompostaje también es una tecnología utilizada para la gestión de la mayoría de residuos de tipo orgánico, y en los últimos tiempos ha crecido de una manera exponencial, siendo el resultado de importantes avances científicos. Su objetivo es ayudar al medio ambiente en la utilización y disminución de los volúmenes residuales de tipo orgánico (Villegas y Laines, 2017, p.393).

El resultado que se obtiene del vermicompostaje es el abono orgánico conocido como humus, debido a su caracterización se conoce que presenta una buena estabilidad, gran contenido de fibra bacteriana y alto contenido nutricional para las plantas. Este producto del vermicompostaje mejora la germinación y crecimiento de especies vegetales. Como ya se conoce, el humus posee gran cantidad de nutrientes naturales que brindan garantías para la labranza como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, etc., mismos que si son obtenidos por fertilizantes químicos provocan daños a zonas edáficas y al endemismo microbiano propio del lugar. El tiempo estimado para la evaluación y caracterización del humus realizado por *Eisenia foetida* es de aproximadamente 90 días (Salinas et al. 2014, p.96).

Además, el vermicompost o humus de lombriz se puede definir como un fertilizante 100% orgánico y por ende natural, a este se lo obtiene por el cambio químico y físico de los residuos orgánicos, gracias a la acción que ejerce la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). Este producto altamente rico en nutrientes lo convierte en un fertilizante con alta calidad y eficacia (Camiletti, 2016, p.21).

Este tipo de abono netamente orgánico es el resultado de la descomposición de la materia orgánica, aporta en gran medida nutrimentos, esto favorece la fertilidad del suelo y a nutrir las plantas; es amigable con el medio ambiente, lastimosamente, si se realiza una comparación con los fertilizantes químicos posee menos fuentes de nutrimentos. Para saciar las necesidades nutricionales de los cultivos se necesitan altas cantidades de abonos, por ende, se requiere de igual forma altas cantidades de residuos orgánicos. Su mineralización implica procesos metabólicos catalizados por enzimas. Los abonos orgánicos tienden a aumentar el potencial del suelo, la colonización y la absorción de nutrimentos (Álvarez et al. 2010, p.576).

El vermicompost posee un gran cúmulo de nutrientes y presenta una muy buena estructura, por lo que es catalogado como el mejor abono que se puede obtener. Es rico tanto en carga enzimática, como en diversidad microbiana que aumenta la solubilidad de los nutrientes, haciendo que sea rápidamente asimilable por las raíces de las plantas. El vermicompost presenta diferentes minerales como el fósforo, calcio, potasio y oligoelementos. Además, es altamente

rico en elementos nutritivos y con fertilidad elevada en comparación con el estiércol común (Mejía y Ramos, 2019, p.33). Cabe destacar que el vermicompostaje como ya se ha dicho es rico en nitrógeno y carbono orgánico. La relación Carbono: Nitrógeno se encuentra entre 15 y 18. La relación C:N es un indicador de cuan maduro se encuentra el vermicompost (Singh et al. 2011, p.726).

Tabla 6-1: Parámetros físico químicos del vermicompost

	Parámetros	Valores
1	pH	6,8 - 7,5
2	Carbono orgánico	25,4 – 27,5%
3	Nitrógeno	1,2 – 1,6%
4	Relación C:N	15 – 18
5	Fósforo	0,3 – 0%
6	Potasio	0,6 – 0,7%
7	Calcio	4,2 – 6,7%
8	Magnesio	0,2 – 0,3%
9	Sulfuro	0,4 – 0,5%

Fuente: (Singh et al. 2011, p.726).

Realizado por: Niama, Joffre, 2021.

1.5.1. Organismos participantes en el proceso de vermicompostaje

1.5.1.1. Microorganismos

En el proceso de vermicompostaje interactúan una gran cantidad y variedad de microorganismos, como por ejemplo bacterias y hongos mesófilos; estos microorganismos forman parte del proceso de descomposición, mineralización y estabilización de residuos orgánicos, así también, participan en la dieta de las lombrices, este es uno de los aspectos por los cuales se logra la modificación de la estructura física de los residuos, de tal forma que se da una división de materia orgánica evidente durante el período en que se da el proceso (Ccanahuire y Chuctaya, 2020, p.23).

1.5.1.2. Lombriz

Su nombre es característico de invertebrados vermiformes, son anélidos oligoquetos. Existe en un número elevado de especies de lombrices registradas hasta la actualidad, se habla de 8302 especies tentativamente, y de forma periódica anualmente se describen un promedio de 68

especies nuevas. Las lombrices tienen la capacidad de modificar las propiedades físicas del suelo, tales como: la agregación, la estabilidad y la porosidad; así también, tienen la capacidad de modificar las propiedades químicas y biológicas del suelo, como por ejemplo la descomposición de la materia orgánica, disponibilidad de nutrientes, composición, actividad de microorganismos, entre otras (Domínguez y Gómez, 2010, p.310).

1.5.2. *Eisenia foetida*

Es una lombriz de tierra también llamada lombriz roja californiana, es la más utilizada para el tratamiento de la lombricultura, tiene la capacidad de transformar casi cualquier tipo de desecho orgánico en un producto final llamado lombricomposta (Gutiérrez et al. 2020, p.87). Varios estudios realizados demuestran su efectividad y eficiencia para transformar diferentes tipos de sustratos orgánicos en productos finales, naturalmente conocidos como lombricompost o vermicompost (Durán y Henríquez, 2009, p.276).

Este tipo de anélido es hermafrodita, y se encuentra en capacidad de reproducirse en grandes cantidades; el abono que produce mediante sus deyecciones posee gran riqueza bacteriana, puede desarrollar su ciclo de vida en espacios reducidos, y por su morfología se puede adaptar con total facilidad a diversas condiciones edafoclimáticas (Paco et al. 2011, p.25).

Tabla 7-1: Producción de humus por consumo

0 meses	3 meses	6 meses	9 meses	12 meses
Población inicial de lombrices	1era. Generación	2da. Generación	3era. Generación	4ta. Generación
1000	10.000	100.000	1.000.000	10.000.000
Lombrices 1 kg	10	100	1000	10.000
Alimento 1 kg/día	10	100	1000	10.000
Lombricomposta 0.6 kg/día	6	60	600	6.000
Proteína 0.04 kg/día	0.4	4	40	400

Fuente: (Chávez y Rodríguez, 2016, p.103).

Realizado por: Niama, Joffre, 2021.

1.5.2.1. Clasificación taxonómica de la lombriz *Eisenia foetida*

La lombriz “*Eisenia foetida*” también llamada “roja californiana” presenta la siguiente clasificación taxonómica. Reino: Animal. Tipo: Anélido (cuerpo anillado). Familia: Lumbricidae. Género: *Eisenia*. Especie: *foetida*. Anatomía y fisiología: Pared del cuerpo –

Aparato digestivo – Aparato circulatorio – Aparato neurosensorial - Sistema respiratorio – Sistema nervioso – Sistema reproductor – Sistema excretor (Somarriba y Guzmán, 2012, p.6).

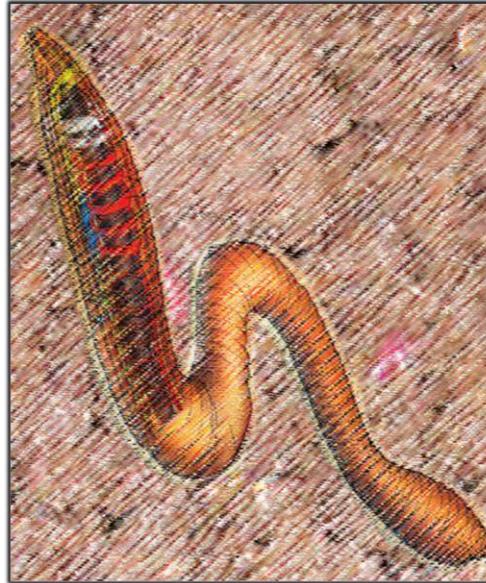


Figura 4-1:. *Eisenia foetida*

Fuente: (Somarriba y Guzmán, 2012, p.6).

1.5.2.2. *Morfología de Eisenia foetida*

Este tipo de lombriz posee boca, pero no dientes, es decir, debe succionar los alimentos para lograr alimentarse. Su cuerpo presenta forma cilíndrica, anillada y posee entre 120 y 174 segmentos, esta especie se encuentra cubierta por una delgada cutícula, en su estado adulto presenta una longitud de 6 a 8 cm., y un diámetro de 3 a 5 mm, su color en su etapa joven es blanco rosa y en su etapa adulta es de color rojo oscuro. La respiración la realiza a través de la epidermis, depositando así, el humus en 1/3 de su recorrido, por lo que es de total importancia que su cutícula se encuentre humedecida. Por su parte, su aparato respiratorio está conformado por cinco pares de tubos musculares (corazones) y posee tres pares de riñones (Somarriba y Guzmán, 2012, p.7).

Es hermafrodita, posee ovarios y también testículos; no puede auto fecundarse por lo que necesita de otra de su especie, su apareamiento se produce al situarse en posición paralela en sentido inverso, de tal forma que interactúe el aparato genital masculino de la primera lombriz con el aparato genital femenino de la segunda; aquí se produce un intercambio de espermatozoides quedando así ambas lombrices fecundadas. Por su parte, el clitelium posee forma de anillo de color blanco rosado, se encuentra en el tercio anterior dotada de una glándula, misma que es la encargada de secretar las sustancias que forman los capullos, cocones o cápsulas donde se alojan los huevos fecundados (Somarriba y Guzmán, 2012, p.7).

Adquieren la madurez sexual a los tres meses, y a partir de la formación del clitelo son aptas sexualmente para aparearse. Sus glándulas calcíferas son las encargadas de segregar carbonato de calcio y cumplen principalmente con estabilizar su pH, así también se encuentran en capacidad de inhibir hongos y bacterias que se encuentran en los sustratos alimenticios. Este tipo de lombriz puede regenerar segmentos perdidos por lesiones. Un dato importante también es que están conformadas por 80% agua, 20% materia seca, posee un 65% de proteína y no pueden estar expuestas a rayos ultravioletas, ya que las matan instantáneamente (Somarriba y Guzmán, 2012, p.8).

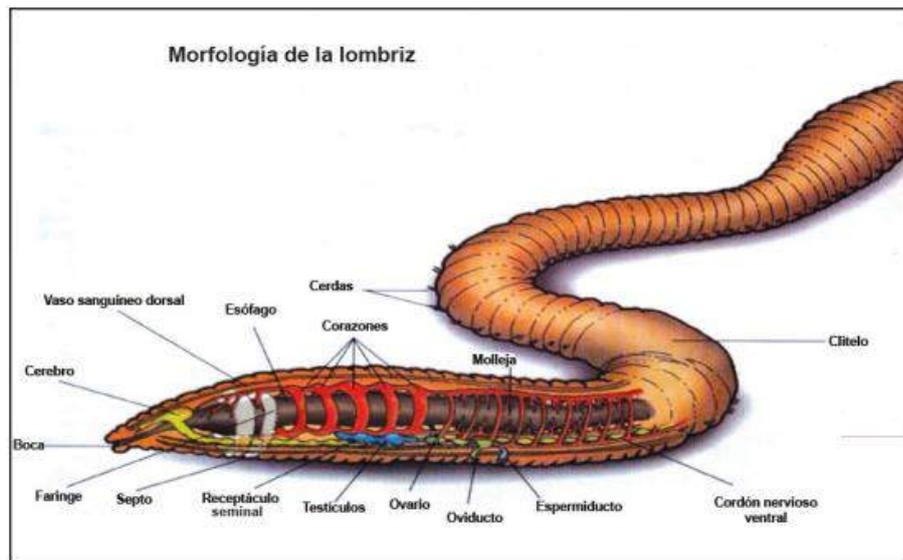


Figura 5-1.: Morfología de *Eisenia foetida*

Fuente: (Somarriba y Guzmán, 2012, p.7).

1.5.2.3. Condiciones óptimas para el desarrollo de *Eisenia foetida*

- **Ausencia de luz:** Viven y se desarrollan por debajo de la superficie del suelo, no soportan la luz, para su utilización es recomendable usar un depósito tapado.
- **Humedad:** El porcentaje de humedad no debe disminuir drásticamente, esto contribuirá a la paralización del proceso e incluso a una reducción considerable de la población.
- **Temperatura:** La temperatura ideal a la que pueden desarrollarse es de 20°C, sin embargo, el rango de temperatura en el que pueden vivir es de entre 4-30 °C; cabe mencionar que, cuando la temperatura es menor a los 7 °C las lombrices no se pueden reproducir, pero continúan con el proceso de abono.
- **pH:** No resisten valores ácidos inferiores a 4,5; la acidez les disgusta considerablemente.

- **Alimentación:** Se alimentan de restos vegetales poco descompuestos, generalmente de alimentos con una relación C/N baja como por ejemplo frutas y verduras (Mejía y Ramos, 2019, p.31).

1.5.3. Etapas del proceso de vermicompostaje

Generalmente, el vermicompostaje es más conocido como aquel proceso que parte desde la acción de inocular a las lombrices en el residuo orgánico hasta el momento de su superación; se debe tener en cuenta que en la realización de procedimientos de vermicompostaje tanto en pruebas piloto como en comerciales se deben añadir etapas adicionales, tal cual como se realiza en el procedimiento de compostaje, con el objetivo de que las lombrices logren su supervivencia y así se logre obtener un compost sólido de calidad conjuntamente con otros productos que se obtienen en la fase final y valorizan todo el proceso. Por lo dicho, en la actualidad los procedimientos de vermicompostaje están diseñados por tres fases o etapas de acuerdo a la actividad y desenvolvimiento de las lombrices (Camiletti, 2016, p.21).

1.5.3.1. Etapa de acondicionamiento

Su principal objetivo es el de preparar a todos los residuos orgánicos como alimento para las lombrices, y de ser posible incrementar su biomasa microbiana; aunque el preacondicionamiento es una acción complementaria, ya que la mayoría de los residuos orgánicos sirven de alimento para las lombrices sin darles un pre tratamiento. Entre los tratamientos en mención se pueden encontrar: lavado, macerado, mezcla de varios residuos orgánicos, precompostaje (este es obligatorio en caso de la utilización de residuos orgánicos procedentes de zonas urbanas que pudieran contener microorganismos patógenos para los seres humanos (Camiletti, 2016, p.22).

1.5.3.2. Etapa de vermicompostaje

En el lapso de tiempo transcurrido entre la inoculación y la retirada de *Eisenia foetida* del sustrato orgánico su duración es variable dependiendo del tipo y las características de los residuos, la densidad de las lombrices inoculadas y otros factores como por ejemplo la temperatura y la humedad del residuo (Camiletti, 2016, p.22).

1.5.3.3. Etapa de maduración

Una vez que *Eisenia foetida* ha sido retirada es muy aconsejable, y por ello imprescindible que el sustrato orgánico madure para aumentar así aún más su estabilidad, su madurez misma y la calidad; de tal modo que se pueda reducir el contenido hídrico hasta límites aceptables para su comercialización. Un aspecto a tomar muy en cuenta en esta etapa de maduración es que al ser de naturaleza pasiva, no se le puede adicionar agua, y en ella únicamente actúan microorganismos que ayudan a la finalización de la descomposición de los residuos orgánicos utilizados en la etapa de vermicompostaje (Camiletti, 2016, p.22).

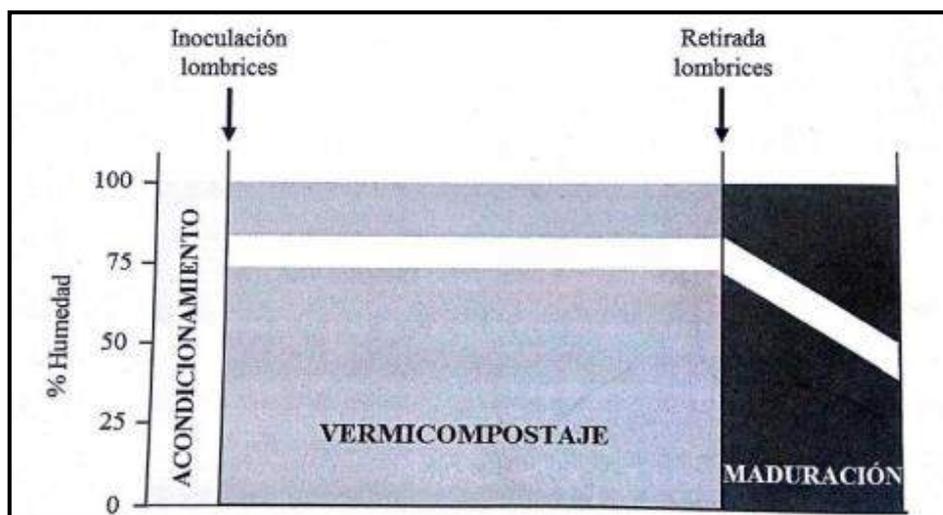


Figura 6-1:. Etapas del vermicompostaje

Fuente: (Camiletti, 2016, p.22).

1.5.4. Materia orgánica ideal para el vermicompostaje

La materia orgánica debe ser la adecuada para el desarrollo de la lombriz *Eisenia foetida*, caso contrario pueden parar su proceso y por ende puede existir una reducción en su número poblacional. El carbono y el nitrógeno son elementales, cuando existen anomalías con estos se puede desarrollar putrefacción, malos olores, y sustancias como el amoníaco y ácido sulfhídrico, estos compuestos son dañinos para las lombrices. Se puede usar fibra celulosa para acondicionar el espacio (hábitat) haciéndolo más aireado y esponjoso. Pueden añadirse varios elementos como: Cáscaras de huevo, café molido, bolsas de té, pelos (Mejía y Ramos, 2019, p.31).

Las cáscaras de huevos aportan calcio, el cual es ideal para las lombrices. Debe añadirse correctamente triturado para facilitar su absorción. Por su parte, las bolsas de té usadas y café, pueden usarse como materia orgánica, siempre y cuando sea en pequeñas cantidades para no modificar drásticamente el pH. En lo que respecta a los pelos, se degradan con total facilidad y

no provoca transmisión de enfermedades hacia las lombrices. Mientras más finos sean los gránulos de comida será mucho mejor para las lombrices (Mejía y Ramos, 2019, p.31).

Entre los materiales menos recomendables a utilizar como alimento para las lombrices se tiene: huesos de animales, carnes, pescado, queso, mantequilla, lácteos, aderezos, mayonesas, salsas, papel sanitario, plantas venenosas, acículas de pino, hojas frescas de roble y encinas, hojas de nogal y castaño, etc., (Mejía y Ramos, 2019, p.32).

Tabla 8-1: Relación Carbono/Nitrógeno de materiales para ser usados en el vermicompost

CARACTERÍSTICAS	MATERIAL	C:N (RANGO)	
		MENOR	MAYOR
VERDES: Alta velocidad de descomposición, ricos en nitrógeno, favorecen la producción de proteína de los microorganismos.	Humus	10	
	Pelo / piel	10	
	Recortes / restos vegetales, malezas frescas	11	25
	Alfalfa	12	
	Yerba (residuo)	12	
	Granos de café	14	25
	Desperdicios de cocina	15	
	Recortes de césped	17	25
	Algas marinas	19	
	Trébol	23	
	Residuos de fruta	25	49
Relación equilibrada	Cenizas de madera	25	
	Restos de jardín	30	35
	Hojas	35	40
	Cáscaras de nuez	35	
MARRONES: Baja velocidad de descomposición, aportan Carbono, componente de la Biomasa microbiana y fuente de energía para los	Compost de hongos	40	
	Periódico	50	200
	Mazorcas de maíz	56	123
	Tallos de maíz	60	73
	Hojas de pino	60	100
	Paja / heno	75	100
	Paja de trigo	100	150
	Papel de oficina	129	
	Corteza (madera blanda)	131	1285
Aserrín (degradado tres años)	142		
Papel	170		

microorganismos.	Astillas de madera blanda	226	
	Cartón (triturado)	350	
	Cartulina	378	
	Aserrín (fresco)	500	600
	Ramas (pequeñas)	500	

Fuente: (Mikolic et al. 2018, p.51).

Realizado por: Niama, Joffre, 2021.

1.5.5. Beneficios del vermicompostaje

Los beneficios del vermicompostaje se dan en diferentes niveles: económico, cultural y ciudadano. Este tipo de compostaje permite hacerse cargo de los propios residuos: cerrando el ciclo, minimizando impactos ambientales y reciclando la materia orgánica para la obtención del humus de lombriz (Mikolic et al. 2018, p.28). Entre los beneficios se tiene:

Obtención de productos con alta demanda: Gracias al vermicompostaje se puede obtener abono con un costo económicamente accesible, aparte de ser un producto 100% natural y rico en nutrientes, para de esta forma aportar al mejoramiento y fortalecimiento del suelo. La alta cantidad de lombrices que se obtienen durante el proceso de ejecución del vermicompostaje también sirven para la pesca o para la cría de aves u otras especies, e incluso se pueden implementar nuevos emprendimientos a partir del vermicompostaje (Mikolic et al. 2018, p.28).

Reducción de impactos ambientales de los residuos: Al reutilizar los residuos orgánicos generados cuya disposición final es un botadero se contribuye notoriamente en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y otra diversidad de gases con características tóxicas. En realidad, lo importante de todo este proceso es que los residuos al descomponerse de forma aeróbica, no emiten metano CH₄ (gas de efecto invernadero) cuya repercusión es 23 veces más severa en comparación al dióxido de carbono CO₂, por lo que se estaría aportando a la reducción del calentamiento global (Mikolic et al. 2018, p.28).

Manejo ambientalmente amigable de residuos: Como ya se ha dicho, permite reciclar los residuos del consumo alimentario, dándole continuidad y nueva utilidad a la materia orgánica que no se procesa como alimento. Por otra parte, una vez que ya se ha ejecutado el vermicompostaje el producto de todo el proceso (humus) contiene macro y micro nutrientes que es fácilmente asimilable por las plantas, pudiendo ser utilizado como fertilizante orgánico, lo cual aporta a la no utilización de fertilizantes químicos (Mikolic et al. 2018, p.29).

El humus obtenido es catalogado como un insumo fundamental para la producción agroecológica, pues se busca producir alimentos respetando en su totalidad a los ciclos naturales, sin la utilización de insumos químicos y fortaleciendo a las plantas frente a plagas y enfermedades, así como también en el crecimiento de sus frutos y mejorando sus propiedades

nutricionales. Este conjunto de acciones al no utilizar agroquímicos tiene un aporte positivo en la salud de las personas (Mikolic et al. 2018, p.29).

1.5.6. Problemas en el vermicompostaje

Mal olor: Se da cuando algún residuo se encuentra podrido, de tal forma que las lombrices no ingerirán estos materiales porque les disgusta.

Presencia de vectores: Lo que generalmente se evidencia es la presencia de moscas, debido a la presencia de materiales frescos. También se pueden hallar hormigas, lo cual puede ser un indicador de que el medio se encuentra seco, en esta circunstancia se recomienda humedecer correctamente el medio.

Falta de supervisión: Las lombrices pueden soportar un periodo de 28 días sin alimentación, sin embargo, lo más recomendado es dejar buenas proporciones de comida y controlar periódicamente su humedad.

Población de lombrices disminuida: Puede ocurrir por uno o varios de los problemas anteriormente mencionados, si la reducción ha sido significativa y notoria, se debe retirar y limpiar el material que no fue de agrado para las lombrices y añadir nuevo material fresco (Mejía y Ramos, 2019, p.32).

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Zona de estudio

La presente investigación consistió en realizar muestreos de lodos lixiviados de ganado bovino, ovino y porcino en el camal municipal de la ciudad de Riobamba, con el fin de evaluar si efectivamente la especie *Eisenia foetida* se logra adaptar a este medio, con lo cual se cooperará para futuras prácticas de vermicompostaje. El seguimiento realizado para evidenciar mencionada adaptación se realizó en el centro de acopio perteneciente a la Facultad de Ciencias y los análisis físicos y químicos fueron realizados en el laboratorio “TOX-CHEM”, ubicado en la Av. 21 de abril y Otto Arosemena en la ciudad de Riobamba.

2.2. Lugar de estudio

2.2.1. Datos generales del cantón Riobamba

Respecto al orden territorial de Ecuador, la provincia de Chimborazo y su cantón Riobamba se encuentran ubicados en la zona 3, en donde también se encuentran las provincias de Cotopaxi, Tungurahua y Pastaza.

Ubicación:

La ciudad de Riobamba se encuentra ubicada a 2.754 metros sobre el nivel del mar, al norte de la provincia de Chimborazo, a 1° 41' 46" latitud sur y a 0° 3' 36" longitud occidental del meridiano de Quito (EPEMAPAR, 2018, p.3). Ocupa parte de la hoya del río Chambo y de las vertientes internas de las cordilleras tanto Oriental como Occidental de Los Andes, lugar donde se encuentra ubicada la llanura Tapi, en la cual se asienta la ciudad. Por su ubicación geográfica su temperatura promedio rodea los 14° C (CONSEP, 2017, p.2).

Límites:

Norte: Cantones Guano y Penipe

Sur: Cantones Colta y Guamote

Este: Cantón Chambo

Oeste: Provincias de Bolívar y Guayas (CONSEP, 2017, p.2).

División política:

- ✓ **Parroquias urbanas:** Maldonado, Veloz, Lizarzaburu, Velasco y Yaruquíes.
- ✓ **Parroquias rurales:** San Juan, Licto, Calpi, Quimiag, Cacha, Flores, Punín, Cubijíes, San Luis, Pungalá y Licán (EPEMAPAR, 2018, p.3).



Figura 1-2:. Ubicación del cantón Riobamba en el contexto local

Realizado por: Niama, Joffre, 2021.

2.2.2. Unidad de estudio

2.2.2.1. Ubicación geográfica de muestreo

El muestreo se realizó en el camal municipal de la ciudad de Riobamba, ubicado en:

País: Ecuador

Provincia: Chimborazo

Cantón: Riobamba

Dirección: Se encuentra ubicado en el cantón en mención, en la parroquia Maldonado, con código postal EC060150, específicamente en las calles av. Leopoldo Freire y av. Edelberto Bonilla Oleas; sus vías de acceso son abiertas.



Figura 2-2:. Zona de muestreo – camal municipal Riobamba

Realizado por: Niama, Joffre, 2021.

2.2.2.2. Ubicación geográfica de la investigación

La investigación se realizó en el centro de acopio perteneciente a la Facultad de Ciencias, ubicado en:

País: Ecuador

Provincia: Chimborazo

Cantón: Riobamba

Dirección: Se encuentra ubicado en el cantón en mención, en la parroquia Lizarzaburu, con código postal EC060155, específicamente en la calle Panamericana Sur km 1½; sus vías de acceso son abiertas.



Figura 3-2:. Zona de investigación – centro de acopio de la facultad de Ciencias

Realizado por: Niama, Joffre, 2021.

2.3. Diseño experimental

2.3.1. Tipo de la investigación

La investigación según su método es mixta, analiza cualitativa y cuantitativamente el desarrollo progresivo de adaptabilidad de *Eisenia foetida*. Según su objetivo es aplicativo, a escala de laboratorio (pequeña escala). Debido a su nivel de profundización es explicativa, pues se menciona de forma detallada el comportamiento de la especie en este tipo de sustratos

orgánicos. Según la manipulación de variables es un trabajo experimental, en donde se han producido varios resultados conocidos como variables dependientes. De acuerdo al tipo de inferencia se aplica el método hipotético-deductivo, al existir una hipótesis a la investigación se la ha relacionado con la deducción (racional). Y finalmente según su período es transversal, ya que se ha llevado a cabo en un período de tiempo determinado (60 días).

2.3.2. *Unidad de análisis*

Se han realizado 4 experimentos, mismos que varían en función de la cantidad de aserrín y de la cantidad de lombrices, por cada experimento se han efectuado 3 repeticiones respectivamente. La unidad de análisis de la investigación como tal, corresponde a una porción representativa de lodos lixiviados provenientes del camal municipal de la ciudad de Riobamba, de forma que esta investigación pueda ser utilizada como base para proporcionar un tratamiento y reutilización a este tipo de residuos, mediante el tratamiento biológico de vermicompostaje.

2.3.3. *Población de estudio*

La población de estudio está conformada por la especie *Eisenia foetida* que ha sido analizada en base a su adaptabilidad empleando sustrato madre de las lombrices y lodos lixiviados del camal municipal de la ciudad de Riobamba.

2.3.4. *Tamaño de la muestra*

Se realizó un muestreo compuesto de lodos lixiviados del camal municipal de la ciudad de Riobamba, obteniendo así un total de 30 kg del sustrato en mención. De esta cantidad de sustrato se extrajo 1.5 kg para cada unidad experimental. Se han utilizado dos mezclas de sustratos, dos cantidades diferentes de pesos de organismos para cada mezcla y tres repeticiones por cada combinación, aparte de los blancos o también denominados testigos, en total se han empleado 14 unidades experimentales.

Tabla 1-2:. Códigos de unidades experimentales-sustrato 1

Unidades experimentales					
S1					
M1			M2		
R1	R2	R3	R1	R2	R3
S1M1R1	S1M1R2	S1M1R3	S1M2R1	S1M2R2	S1M2R3

Realizado por: Niama, Joffre, 2022.

Tabla 2-2: Unidades experimentales-sustrato 1

SUSTRATO 1 (S1): 1,5 kg de lodo lixiviado + 1 kg de humus + 500 g de aserrín	Masa de las lombrices: M1: 50 g	Repetición 1
		Repetición 2
		Repetición 3
	Masa de las lombrices: M2: 75 g	Repetición 1
		Repetición 2
		Repetición 3

Realizado por: Niama, Joffre, 2022.

Tabla 3-2: Códigos de unidades experimentales-sustrato 2

Unidades experimentales					
S2					
M1			M2		
R1	R2	R3	R1	R2	R3
S2M1R1	S2M1R2	S2M1R3	S2M2R1	S2M2R2	S2M2R3

Realizado por: Niama, Joffre, 2022.

Tabla 4-2: Unidades experimentales-sustrato 2

SUSTRATO 2 (S2): 1,5 kg de lodo lixiviado + 1 kg de humus + 250 g de aserrín	Masa de las lombrices: M1: 50 g	Repetición 1
		Repetición 2
		Repetición 3
	Masa de las lombrices: M2: 75 g	Repetición 1
		Repetición 2
		Repetición 3

Realizado por: Niama, Joffre, 2022.

2.3.5. Selección de la muestra

Para la selección de la muestra lo más homogénea posible se realizó el método del cuarteo, tomando en total 6 submuestras de diferentes ubicaciones de diferentes unidades experimentales, y así fue como se obtuvo una muestra representativa de 2 kilogramos para ser correctamente analizada en el laboratorio.

2.3.6. Técnicas de recolección de datos

Para la recolección de datos se realizó:

- ✓ Análisis inicial y final de los parámetros: pH, conductividad eléctrica, humedad, materia orgánica, nitratos, N-NO₃, fósforo, fosfatos, óxido de fosfato, amoníaco, amonio y N-NH₃.
- ✓ Control de temperatura cada tres días
- ✓ Muestreo representativo analizado.
- ✓ Análisis de laboratorio de las muestras.
- ✓ Registro y tabulación de resultados.

2.3.7. Tipo de diseño experimental

Se aplicó un análisis estadístico y de observación en cada una de las repeticiones teniendo en cuenta la cantidad de lodo, aserrín, y lombrices; de esta forma se conoció la existencia de una diferencia y comparación entre las diferentes repeticiones.

2.4. Metodología

2.4.1. Maquinaria, materiales, equipos y organismos utilizados durante el procedimiento de elaboración y monitoreo de las unidades experimentales

2.4.1.1. Materia prima

- Contenido ruminal
- Sangre
- Orina

2.4.1.2. Equipos

- Termómetro
- Balanza analítica
- pH metro
- Conductímetro
- Espectrofotómetro
- Estufa
- Mufla

2.4.1.3. *Materiales*

- Palas
- Baldes reciclados (4 galones)
- Bandejas plásticas (6 litros)
- Plástico
- Toldo
- Carpa
- Botas de caucho
- Guantes
- Casco
- Mascarillas
- Cofia
- Madera
- Clavos
- Bisagras
- Martillo

2.4.1.4. *Organismos*

- Lombrices (*Eisenia foetida*)

2.4.1.5. *Sustancias*

- Agua

2.4.2. *Técnicas*

2.4.2.1. *Toma de muestra para análisis inicial*

Al ser un único espacio en el que se realiza el proceso de faenamiento para los tres tipos de animales (ovinos, bovinos y porcinos), y sobre todo al no existir separadores ni planta de tratamiento se realizó un muestreo compuesto, es decir, se han tomado un conjunto muestras individuales la primera a las 04h00 am (porcinos), la segunda a las 08h00 am (bovinos) y la tercera a las 11h00 am (ovinos), dependiendo el tiempo de faenamiento de cada familia animal tal como se especifica por horas. De la muestra final obtenida, luego de un proceso de

homogenización, se ha extraído una muestra representativa de 2 kg, para los respectivos análisis.



Figura 4-2:. Recolección parcial de muestras
Realizado por: Niama, Joffre, 2021.

2.4.2.2. *Recolección y transporte de lodos lixiviados*

Los lodos lixiviados fueron tomados la primera semana del mes de noviembre del 2021 del camal municipal de la ciudad de Riobamba. En total fueron obtenidos 30 kg de lodos lixiviados, y han sido trasladados cuidadosamente a las calles Av. Chimborazo 09-21 y Asunción, posteriormente al centro de acopio de la Facultad de Ciencias ubicado en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

2.4.2.3. *Montaje del tratamiento biológico*

El tratamiento y seguimiento biológico se realizó inicialmente en la ciudad de Riobamba, específicamente en las calles Chimborazo y Asunción; posteriormente, se efectuó en una estructura cubierta del centro de acopio de la Facultad de Ciencias; estos lugares han sido los idóneos, puesto que se contaba con un amplio espacio físico, buena ventilación, rayos solares controlados y sobre todo agua.



Figura 5-2:. Conformación de unidades experimentales

Realizado por: Niama, Joffre, 2021.

2.4.2.4. Procedimiento

- a) Se muestrearon 30 kg de lodos lixiviados procedentes del camal municipal.
- b) Los lodos lixiviados (contenido ruminal, sangre y orina) fueron pre compostados, con la finalidad de estabilizar todos sus componentes y así permitir que el sustrato sea óptimo para la adaptación y desarrollo del ciclo de vida de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*).
- c) En total se han conformado unas 14 unidades experimentales, 12 mezclando los componentes anteriormente mencionados con sus respectivas repeticiones para cada proceso y adicional 2 blancos.
- d) En cada unidad experimental se han colocado 1.5 kg de lodo lixiviado, aserrín y la especie *Eisenia foetida* en diferentes proporciones y 1 kg de humus para iniciar el proceso de evaluación de adaptabilidad de la especie en este tipo de lodo.
- e) Se construyó una caja de madera con orificios laterales con la finalidad de proteger de rayos solares a las 14 unidades experimentales.
- f) Además, para evitar la presencia de moscas se tapó a las unidades experimentales con un toldo.



Figura 6-2:. Caja de madera

Realizado por: Niama, Joffre, 2021.

2.4.3. Control del proceso

- Una vez realizada la pila de pre – compostaje se controló el parámetro de la temperatura durante 30 días hasta que alcanzó un valor entre los 15 y 22 °C. Cabe recalcar que la pila se demoró este tiempo en estabilizarse por toda la sangre que los primeros días influía en el aumento de la temperatura.
- Los volteos que se efectuaron a la pila fueron cada día o pasando un día, mientras se verificaba el aumento o con los días la disminución de la temperatura. Así también, los volteos ayudaban a que toda la muestra se homogenice en su totalidad, ya que existía partes en que se contaba con la presencia de sangre coagulada.
- Una vez formadas las unidades experimentales se ha realizado un control cada tres días para conocer la evolución y adaptación de la lombriz roja californiana *-Eisenia foetida-*, durante cada control se verificaba la temperatura de las unidades, el volumen de especies.
- Además, con el pasar de los días existía una leve sequedad de las unidades experimentales, por lo cual se aprovechaba estos controles cada tres días para humedecer mediante el método de aspersión.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se exponen los resultados y la interpretación de los mismos que se han obtenido luego de la actividad que ha desarrollado la especie *Eisenia foetida* en los lodos lixiviados provenientes del camal municipal de la ciudad de Riobamba.

3.1. Análisis de resultados

3.1.1. Caracterización de parámetros iniciales

Tabla 1-3:. Caracterización físico-química inicial

PARÁMETRO	MÉTODO DE ANÁLISIS	UNIDAD	RESULTADO
Potencial Hidrógeno	Potenciometría	uni pH	7,39
Conductividad eléctrica	Conductimetría	us/cm	1183
Humedad	Espectrofotometría	%	80,69
Materia Orgánica	Gravimetría	%	72
NO ₃	Espectrofotometría Vis	mg/kg	1950
N-NO ₃	Espectrofotometría Vis	mg/kg	450
P	Espectrofotometría Vis	mg/kg	2450
PO ₄	Espectrofotometría Vis	mg/kg	7550
P ₂ O ₅	Espectrofotometría Vis	mg/kg	5650

NH ₃	Espectrofotometría Vis	mg/kg	695
NH ₄	Espectrofotometría Vis	mg/kg	735
N-NH ₃	Espectrofotometría Vis	mg/kg	570

Realizado por: Niama, Joffre, 2022.

3.1.2. Caracterización de parámetros finales

Tabla 2-3: Caracterización físico-química final

PARÁMETRO	MÉTODO DE ANÁLISIS	UNIDAD	RESULTADO
Potencial Hidrógeno	Potenciometría	uni pH	7,81
Conductividad eléctrica	Conductimetría	us/cm	777,9
Humedad	Espectrofotometría	%	55,45
Materia Orgánica	Gravimetría	%	24
NO ₃	Espectrofotometría Vis	mg/kg	1980
N-NO ₃	Espectrofotometría Vis	mg/kg	440
P	Espectrofotometría Vis	mg/kg	1890
PO ₄	Espectrofotometría Vis	mg/kg	5850
P ₂ O ₅	Espectrofotometría Vis	mg/kg	4350
NH ₃	Espectrofotometría Vis	mg/kg	160
NH ₄	Espectrofotometría Vis	mg/kg	190
N-NH ₃	Espectrofotometría Vis	mg/kg	84

Realizado por: Niama, Joffre, 2022.

La tabla 1-3 y la tabla 2-3 muestran los resultados de la caracterización físico-química inicial y final correspondiente, en donde se ha analizado a la fracción representativa de los lodos lixiviados del camal municipal de la ciudad de Riobamba antes y después de la acción que ha ejercido la especie *Eisenia foetida* sobre parámetros como el pH, conductividad eléctrica, humedad, materia orgánica, NO₃, Nitrógeno presente en NO₃, P, PO₄, P₂O₅, NH₃, NH₄ y Nitrógeno presente en NH₃ contenidos en las muestras.

3.2. Interpretación de resultados

3.2.1. Evaluación de la temperatura

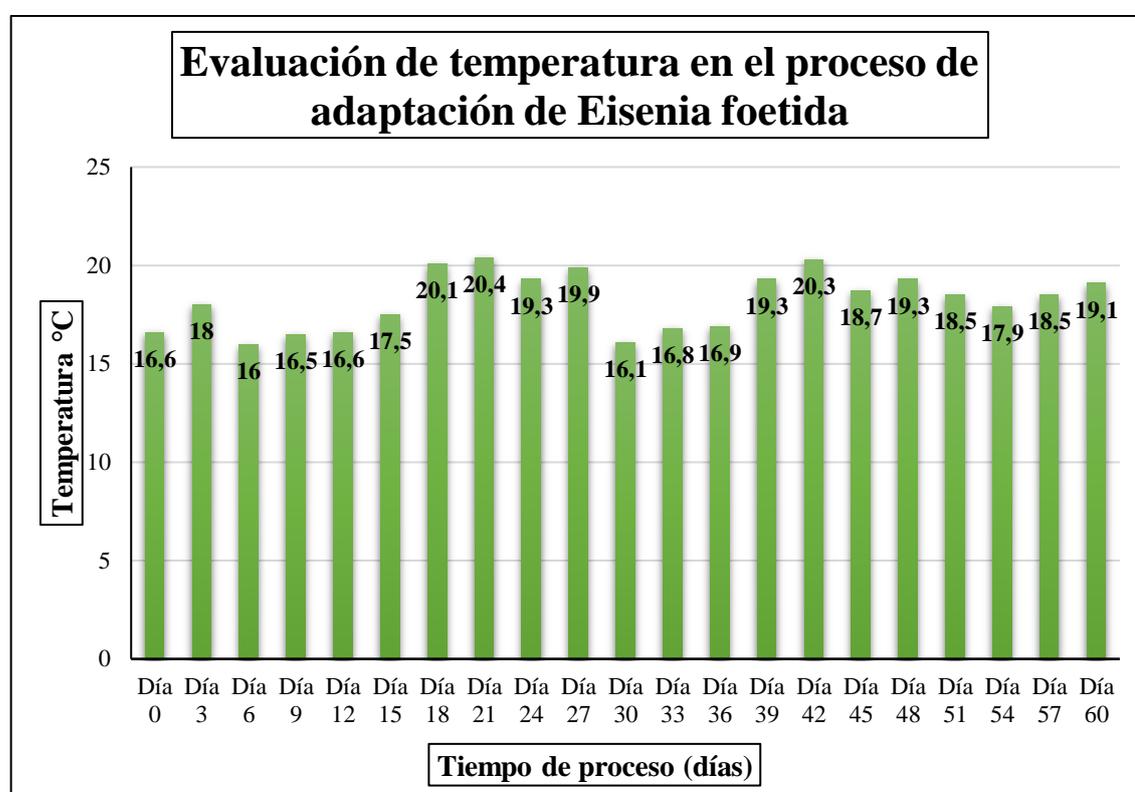


Gráfico 1-3:. Evaluación de temperatura

Realizado por: Niama, Joffre, 2022.

A través de los valores de temperatura que se han obtenido durante los 60 días de experimentación, tal como se muestra en la figura 1-3, se ha logrado evidenciar que estos fluctúan en una zona lateral entre los 16 °C y los 20,4 °C; la variación dentro de este rango ha dependiendo de factores externos como es el porcentaje de humedad y también de la temperatura ambiente que varía diariamente. Estos valores de temperatura obtenidos se acoplan de buena forma para el desarrollo de la especie *Eisenia foetida*, puesto que se ha verificado que se adaptan y logran desarrollar su ciclo de vida de forma exitosa.

3.2.2. Evaluación del pH

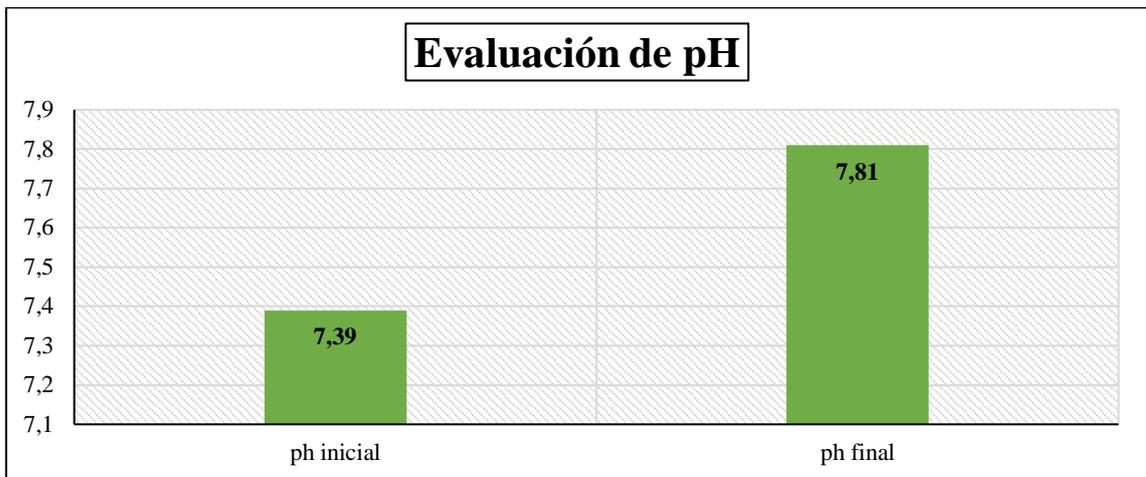


Gráfico 2-3:. Evaluación de pH

Realizado por: Niama, Joffre, 2022.

El pH en el procedimiento de adaptabilidad de *Eisenia foetida* ha iniciado con un valor de 7,39 y al cabo de la finalización de la experimentación se ha obtenido un valor de 7,81; lo cual denota que dentro de todo el proceso las lombrices se desarrollaron en un pH neutro tendiendo a la alcalinidad. Sin embargo, es menester hacer hincapié en que el contenido ruminal fue previamente pre compostado para evitar la acidez y por ende el fenecimiento de la especie a analizar. Estudios de similares características al actual mencionan la importancia de pre compostar este tipo de muestras, a fin de que este tipo de residuos sean aptos para este tipo de anélido (Lin et al.,2016, p.270).

3.2.3. Evaluación de conductividad eléctrica

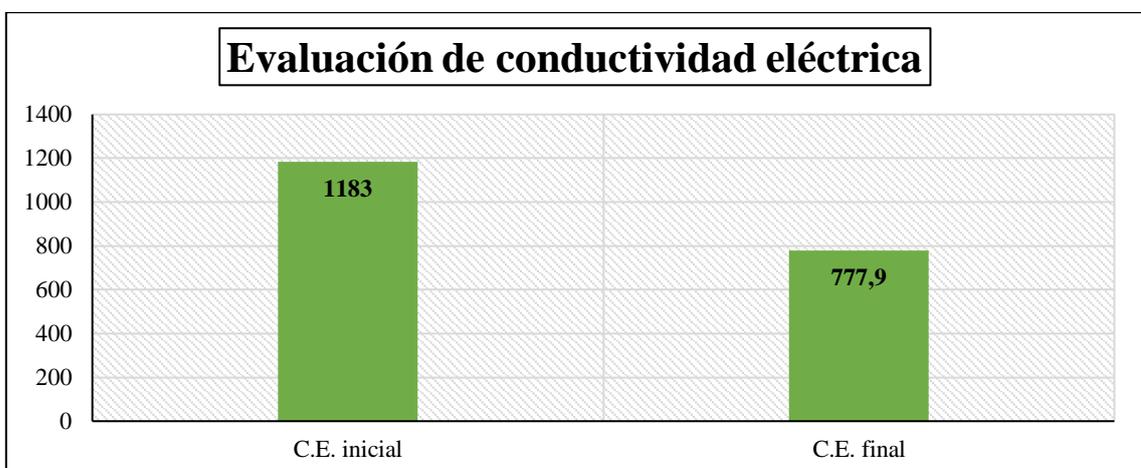


Gráfico 3-3:. Evaluación de conductividad eléctrica

Realizado por: Niama, Joffre, 2022.

La evaluación de la conductividad eléctrica tal como se muestra en la figura 3-3 ha tenido un descenso representativo en sus valores, es así que la conductividad eléctrica inicial presentó un valor de 1183 us/cm, y la conductividad eléctrica final presentó un valor de 777,9 us/cm. La reducción en cuanto a los valores de este parámetro hace notar el trabajo de la lombriz roja californiana en la disminución de sales presentes; también es importante realizar un análisis en cuanto a la cantidad de agua que se ha usado en el proceso de adaptación de la especie, pues se ha tenido que aplicar de forma considerable agua y por ende el sustrato se ha mantenido húmedo, misma acción que provoca una lixiviación de las sales.

3.2.4. Evaluación de la humedad

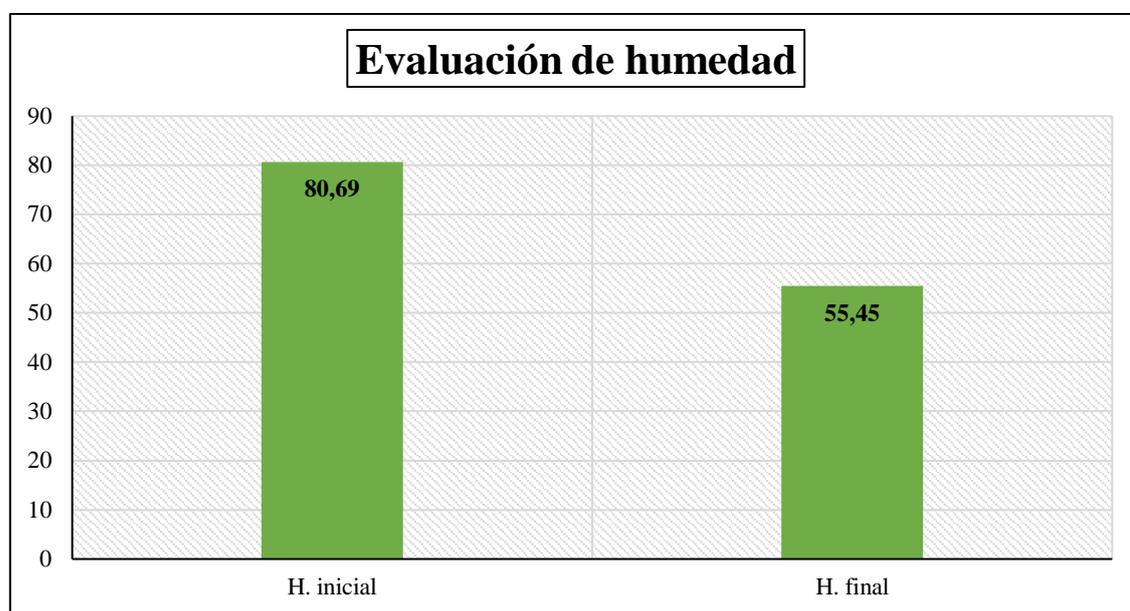


Gráfico 4-3:. Evaluación de humedad

Realizado por: Niama, Joffre, 2022.

Tabla 3-3:. Características biológicas y condiciones ambientales de las principales especies de lombrices de clima templado utilizadas en procesos de vermicompostaje.

Características	<i>Eisenia foetida</i>
Tamaño de adultos (mm)	50-100
Peso medio de adultos (g)	0,55
Ciclo de vida (días)	45-51
Tiempo de maduración (días)	28-30
Temperatura óptima (°C)	25
Humedad óptima	60-80

Fuente: (Villegas y Laines, 2017, p.398).

Realizado por: Niama, Joffre, 2022.

Al término del muestreo y de la homogenización de la muestra compuesta se realizó la prueba del puño, en donde se evidenció que al apretar con el puño la muestra, se escurría líquido, esto fue indicativo de que existía un exceso de humedad y por ende se aplicó aserrín como ya se explicó en el capítulo anterior para estabilizar la cantidad de líquido presente. Prueba de ello es la figura 4-3 en donde al realizar la prueba de humedad en el laboratorio se obtuvo 80,69; lo cual es bastante húmedo y se encontraba al límite como lo muestra la tabla 3-3 en el parámetro de humedad.

De forma progresiva una vez cada tres días se aplicaba 25 ml de agua, con el pasar de los días esta agua se evaporaba, pero las unidades experimentales al encontrarse cubiertas con plástico, permitían que un porcentaje de agua precipitara nuevamente dentro de las unidades experimentales.

En la finalización del experimento se ha obtenido un valor de 55,45 levemente por debajo del rango idóneo mostrado por la tabla 3-3, este valor de 55,45 no ha repercutido en el desarrollo del ciclo de vida de la especie analizada. Las lombrices deben desarrollarse en un medio húmedo, sin embargo, no se debe abusar de este parámetro, puesto que el exceso de humedad puede llegar a ser un problema, a tal punto de que puede repercutir en la respiración de las lombrices (Vermican, 2005, p.17).

3.2.5. Evaluación de materia orgánica

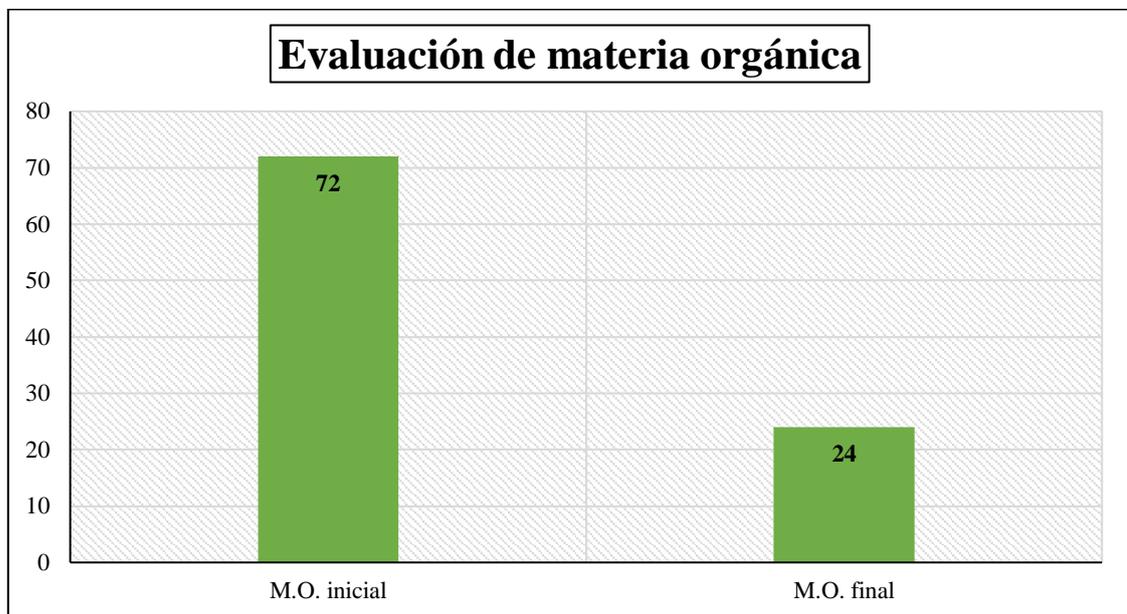


Gráfico 5-3:. Evaluación de materia orgánica

Realizado por: Niama, Joffre, 2022.

La materia orgánica conformada por el contenido ruminal, la sangre y la orina inicialmente se muestra con un valor de 72%, al término del experimento la materia orgánica ha tenido un descenso pronunciado hasta llegar al 24%, lo cual denota que efectivamente la especie *Eisenia foetida* logró desenvolverse y adaptarse de forma óptima en este conjunto de componentes a los cuales se los ha denominado lodos lixiviados, claro está, con la ayuda y la presencia de microorganismos que también tienen acciones directas en la degradación bioquímica de la materia orgánica.

3.2.6. Evaluación de NO_3

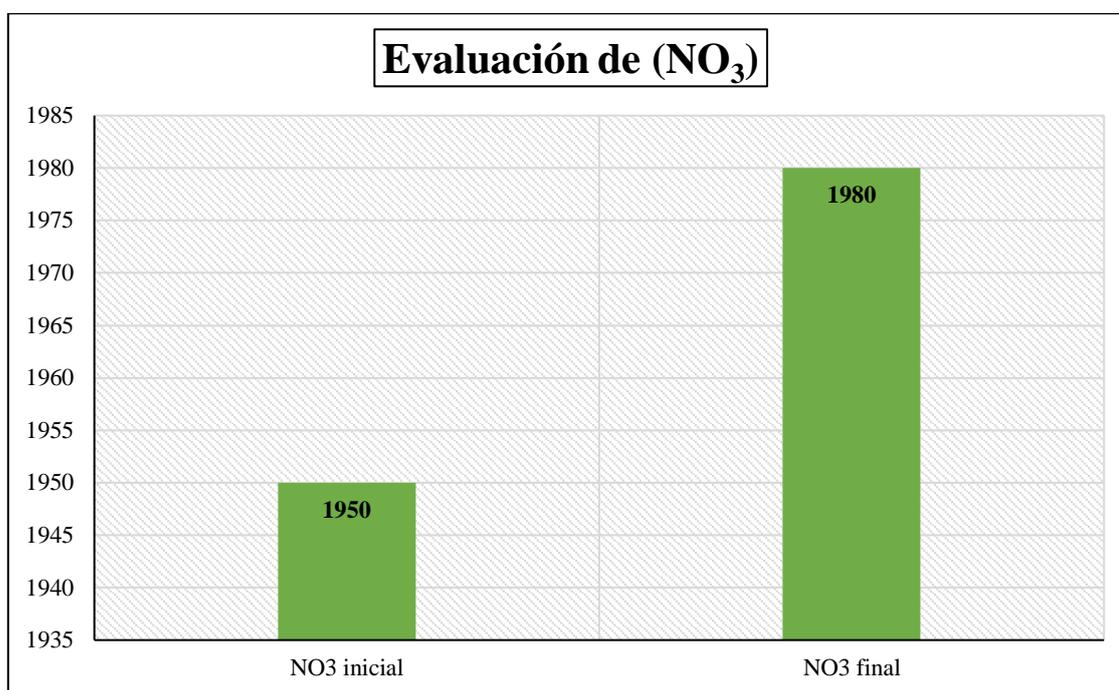


Gráfico 6-3:. Evaluación de NO_3

Realizado por: Niama, Joffre, 2022.

La presencia de nitratos en la muestra inicial fue de 1950 mg/kg, la muestra final tal como se señala en la figura 6-3 ayuda en la verificación de un leve aumento a 1980 mg/kg, su diferencia no es significativa. Por el contenido ruminal es que se ha logrado evidenciar gran cantidad de nitratos, sin embargo, se debe recordar que el agua también presenta pequeños porcentajes de nitratos, por lo que, al aplicar este líquido en las unidades experimentales, y por la acción misma y presencia de las lombrices en el proceso de vermicompostaje su cantidad mostrada inicialmente tiende a estabilizarse e incluso a incrementarse levemente tal como se demuestra.

3.2.7. Evaluación del nitrógeno del nitrato

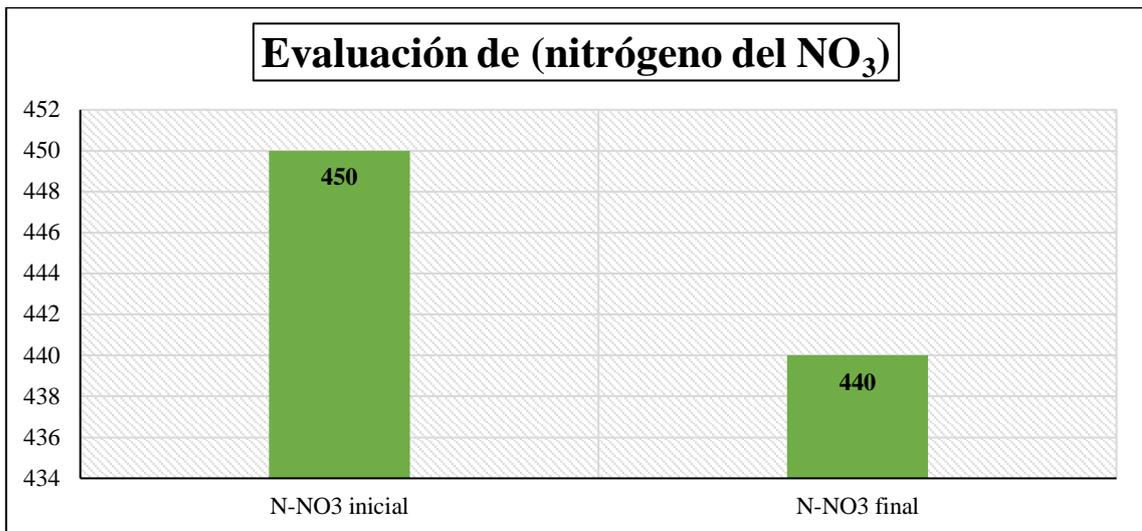


Gráfico 7-3:. Evaluación de nitrógeno del NO₃.

Realizado por: Niama, Joffre, 2022.

Ocurre algo muy similar en el Nitrógeno del Nitrato con lo ya explicado de los Nitratos, aquí de igual forma no existe una diferencia significativa, ahora en este parámetro no existe un leve ascenso, sino existe un leve descenso desde los 450 mg/kg hasta los 440 mg/kg, las razones son las mismas que en los Nitratos para que no haya existido un descenso notorio o significativo en este valor.

3.2.8. Evaluación del fósforo

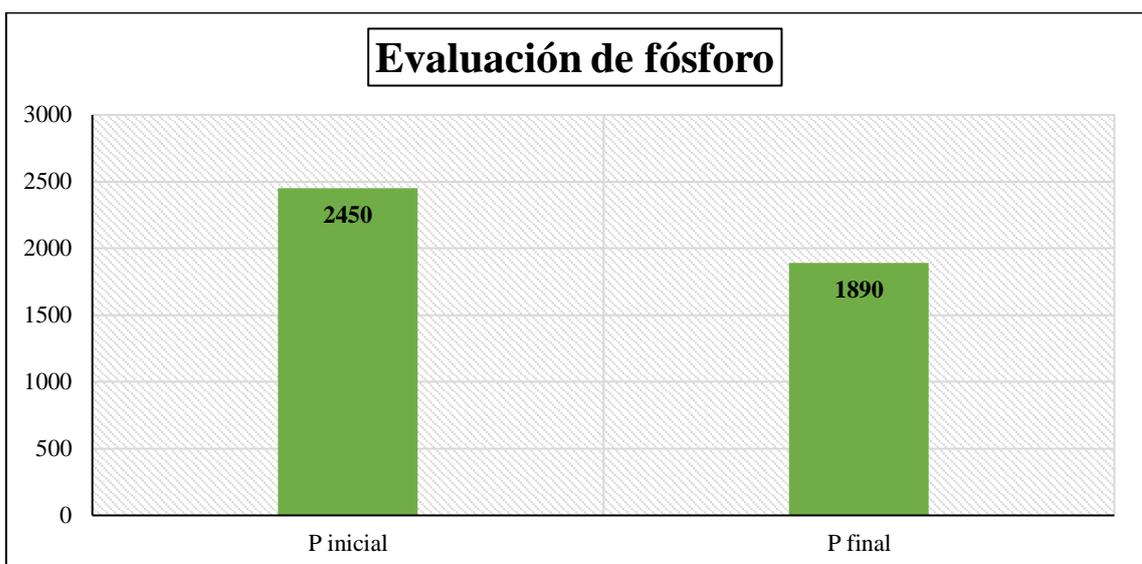


Gráfico 8-3:. Evaluación de fósforo

Realizado por: Niama, Joffre, 2022.

Ha sido aprovechado de manera exitosa el Fósforo presente en las unidades experimentales por parte de la especie *Eisenia foetida*. El análisis de laboratorio inicial dio como resultado total 2450 mg/kg, posteriormente al cabo de 60 días, se ha obtenido un resultado menorado en relación al inicial, dando un total de 1890 mg/kg. Este es un indicador positivo acerca de la acción que toma esta especie de anélidos con respecto al Fósforo. A mayor tiempo del trabajo de la especie, la cantidad de Fósforo menorará de forma representativa. Mientras se llevó a cabo el proceso de descomposición de la materia orgánica, los elementos en exceso como es el caso del Nitrógeno, Nitratos y lógicamente Fósforo se liberan y por ello se da la reducción parcial de sus valores en exceso (Rodríguez, 2011, p.2).

3.2.9. Evaluación de fosfato

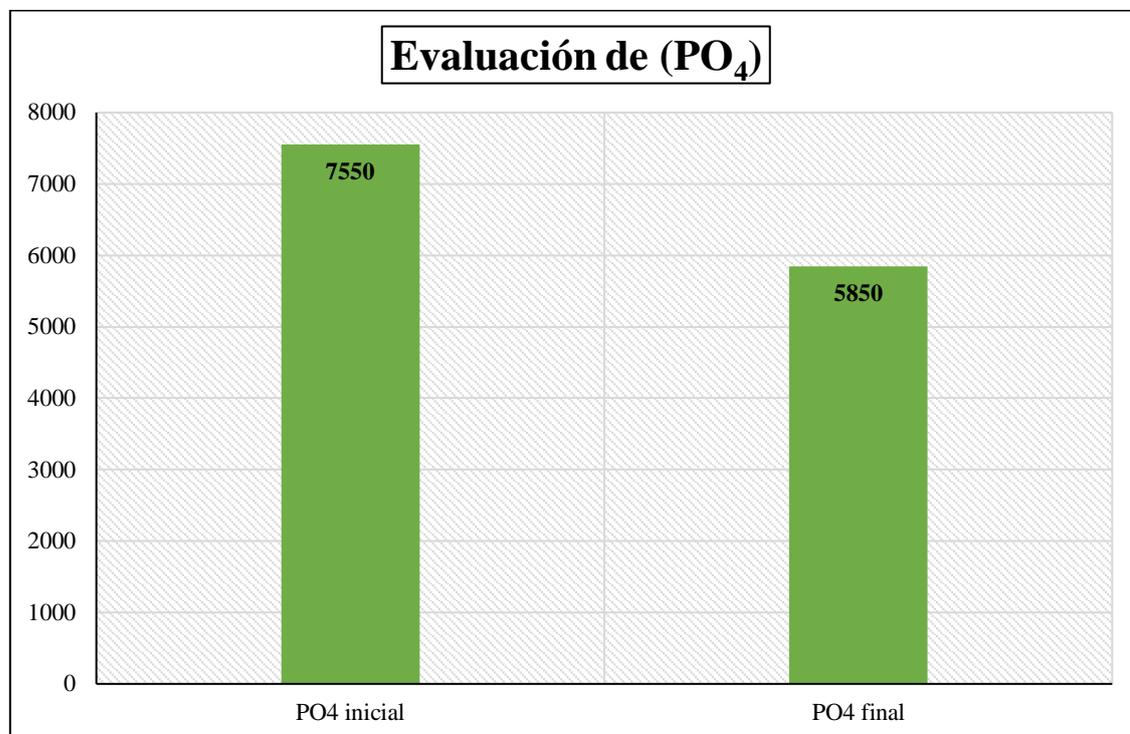


Gráfico 9-3:. Evaluación de PO₄.

Realizado por: Niama, Joffre, 2022.

En lo que respecta a la evaluación de PO₄, inicialmente se ha obtenido un valor de 7550 mg/kg, y a la finalización de la investigación este parámetro ha resultado con un valor de 5850 mg/kg, lo cual denota un descenso notorio en cuanto a este parámetro. Es importante manifestar que el fosfato se ve regularizado e inclusive puede llegar a incrementar sus valores luego del proceso de vermicompostaje, además, como se conoce, a través de valores idóneos de fosfatos, estos influyen de forma positiva en la capacidad hidrolítica del suelo y en la solubilización de fósforo no disponible (Ecovalia, 2019, p.2).

3.2.10. Evaluación de P_2O_5

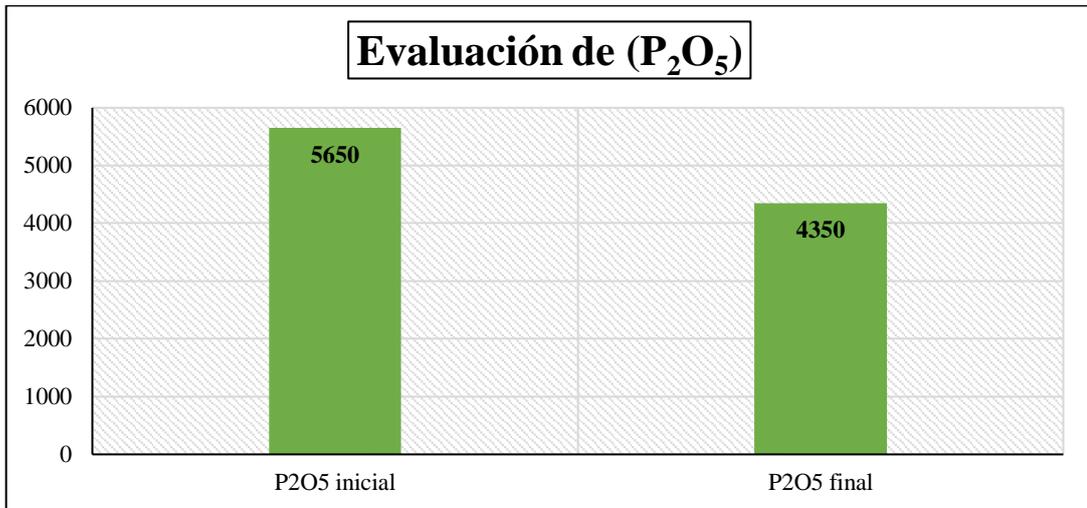


Gráfico 10-3:. Evaluación de P_2O_5

Realizado por: Niama, Joffre, 2022.

En la evaluación del Óxido fosfórico se evidencia una diferencia notoria pero no tan representativa entre el valor inicial que es igual a 5650 mg/kg y el valor final que es igual a 4350 mg/kg, al ser un derivado del Fósforo, tiene una relación directa con la evaluación del Fosfato y del Fósforo como tal que se ha explicado anteriormente. Posee una cantidad de concentración y biodisponibilidad aceptable de P_2O_5 , lo cual es bueno, puesto que el vermicompost debe ser rico en nutrientes derivados del Nitrógeno para que ayude a prácticas agrícolas.

3.2.11. Evaluación de NH_3

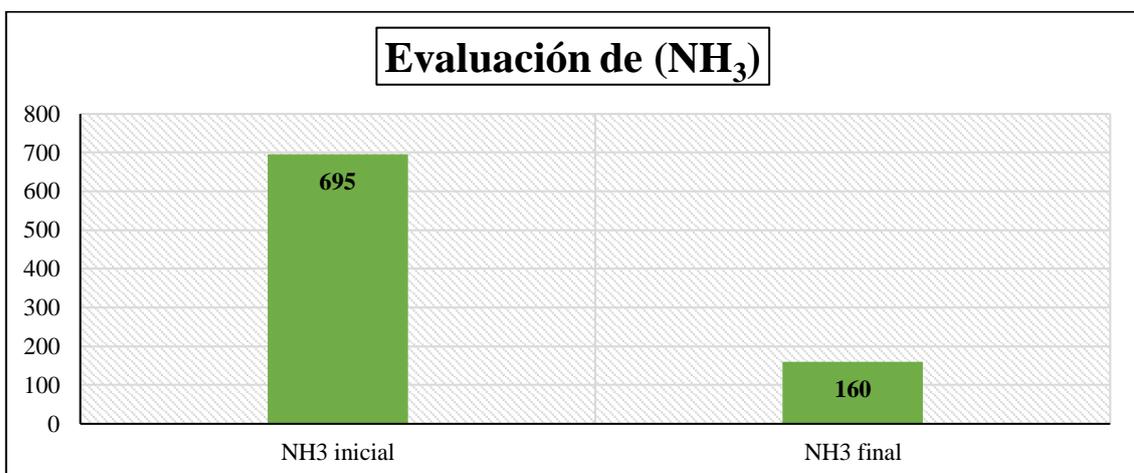


Gráfico 11-3:. Evaluación de NH_3

Realizado por: Niama, Joffre, 2022.

En relación a elementos y compuestos evaluados anteriormente, en lo que respecta al Amoniacio en la figura 11-3 si se puede observar una diferencia significativa, pues, al iniciar el proceso experimental se ha analizado la muestra dando un total de 695 mg/kg, y al final de la experimentación, al evaluar nuevamente la muestra da un total de 160 mg/kg, lo cual es una diferencia considerable. Una forma que adopta el nitrógeno gaseoso producido por el contenido ruminal es el Amoniacio, el cual es conocido por el gran daño que es capaz de producir a los sistemas de explotación pecuarios y al medio ambiente en forma general (Velasco et al., 2016, p.46). Este derivado del Nitrógeno ha sido bien aprovechado en el proceso de adaptabilidad de *Eisenia foetida*, por ello su reducción considerable.

3.2.12. Evaluación de $N-NH_3$

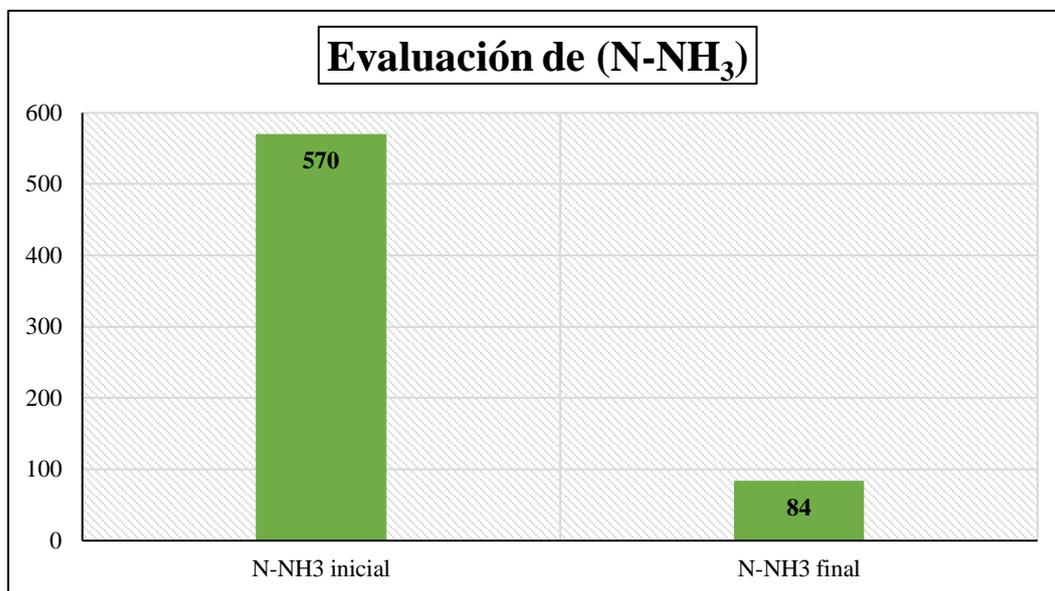


Gráfico 12-3: Evaluación de $N-NH_3$

Realizado por: Niama, Joffre, 2022.

El Nitrógeno presente en el Amoniacio tiene una relación directa con el análisis anterior que fue netamente del Amoniacio, la figura 12-3 expresa que la muestra inicial presentó 570 mg/kg, posteriormente la muestra final presenta un descenso muy significativo, pues da un valor de 84 mg/kg, lo cual continúa mostrando la incidencia de la lombriz roja californiana. En países tropicales y subtropicales el vermicompostaje ayuda a reducir el consumo de fertilizantes químicos, varios estudios muestran rangos de pérdida de Nitrógeno del Amoniacio entre un 4% y 60% de esta forma se lo usa al Nitrógeno y se reduce la contaminación de compuestos nitrogenados (Velasco et al., 2016, p.49).

3.2.13. Evaluación de NH₄

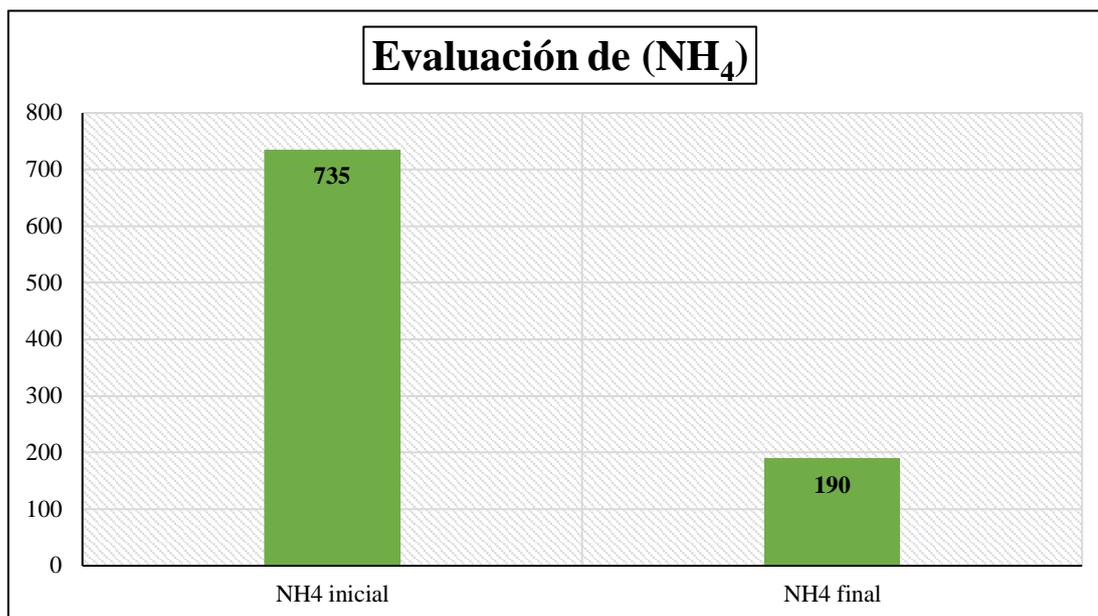


Gráfico 13-3:. Evaluación de NH₄

Realizado por: Niama, Joffre, 2022.

Por su parte, el Amonio al igual que el Amoniaco y el Nitrógeno presente en el Amoniaco demuestra una reducción significativa, desde los 735 mg/kg hasta los 190 mg/kg, lo cual continúa siendo un buen indicativo de que la lombriz roja californiana se encuentra en capacidad de cooperar para la reutilización del contenido ruminal, sangre y orina presente en camales. Cabe recalcar que la lombriz *Eisenia foetida* produce sustancias excretadas como urea y amonio, lo cual constituye una fuente de nutrientes asimilables por los microorganismos que actúan durante todo el proceso (Villegas y Laines, 2017, p.398).

3.3. Evolución de tamaño y color

Tabla 4-3:. Evolución de tamaño y color inicial y final de la lombriz roja californiana

Tamaño promedio	
Tamaño inicial	Tamaño final
3,5 cm	8 cm
Color	
Color inicial	Color final
Rojo	Café herrumbe

Realizado por: Niama, Joffre, 2022.

Tal como lo muestra la tabla 4-3, a las lombrices de la especie *Eisenia foetida* se las ha medido y se ha obtenido un valor promedio de 3,5 cm, esto en el momento que han sido adquiridas, es decir al inicio de la investigación, posteriormente, al final de la investigación han llegado a medir 8 cm (estos datos se han obtenido tomando datos representativos de cada unidad experimental).

En la misma tabla se especifica el tipo de color que tiene la especie al inicio y al final de la investigación, como su sobre nombre lo especifica: lombriz “roja” californiana, efectivamente el color de esta especie es rojo, sin embargo, algo curioso e importante de mencionar en este apartado es que transcurridos los días de experimentación este tipo de lombrices cambian de coloración, de color rojo a color café herrumbe, producto del consumo o alimentación de los lodos lixiviados.

3.4. Evolución de peso/número de lombrices

Tabla 5-3:. Peso de lombrices en las unidades experimentales del sustrato 1

S1	M1	R1	S1M1R1	Peso Inicial: 50 gramos	Peso Final: 65 gramos
		R2	S1M1R2	Peso Inicial: 50 gramos	Peso Final: 45 gramos
		R3	S1M1R3	Peso Inicial: 50 gramos	Peso Final: 50 gramos
	M2	R1	S1M2R1	Peso Inicial: 75 gramos	Peso Final: 75 gramos
		R2	S1M2R2	Peso Inicial: 75 gramos	Peso Final: 90 gramos
		R3	S1M2R3	Peso Inicial: 75 gramos	Peso Final: 95 gramos

Realizado por: Niama, Joffre, 2022.

El sustrato número 1 estuvo conformado por 1,5 kg de lodo lixiviado, 1 kg de humus, 500 gramos de aserrín y masas de lombrices de 50 y 75 gramos tal como lo muestra la tabla 2-2. Una vez que se ubicó todos los componentes mencionados en las bandejas plásticas y se procedió a la siembra de *Eisenia foetida* y transcurridos los 60 días del experimento se ha obtenido un leve incremento en el número de lombrices.

Es preciso mencionar que en las unidades experimentales S1M2R1, S1M2R2 y S1M2R3 aparte de la aspersión de agua se las removió tres veces por semana para que posean una mejor aireación, lo que no se realizó en las unidades experimentales S1M1R1, S1M1R2 y S1M1R3,

por ello se denota el incremento y el mejor desarrollo del ciclo de vida de las lombrices representadas por “M2”, tal y como se puede observar en la tabla 5-3.

Tabla 6-3: Peso de lombrices en las unidades experimentales del sustrato 2

S2	M1	R1	S2M1R1	Peso Inicial: 50 gramos	Peso Final: 85 gramos
		R2	S2M1R2	Peso Inicial: 50 gramos	Peso Final: 90 gramos
		R3	S2M1R3	Peso Inicial: 50 gramos	Peso Final: 80 gramos
	M2	R1	S2M2R1	Peso Inicial: 75 gramos	Peso Final: 140 gramos
		R2	S2M2R2	Peso Inicial: 75 gramos	Peso Final: 120 gramos
		R3	S2M2R3	Peso Inicial: 75 gramos	Peso Final: 200 gramos

Realizado por: Niama, Joffre, 2022.

Al igual que en el sustrato número 1, el sustrato número 2 está conformado por los mismos componentes, lo único que varía es la cantidad de aserrín, es así que se tiene 1,5 kg de lodo lixiviado, 1 kg de humus, 250 gramos de aserrín y masas de lombrices de 50 y 75 gramos tal como lo muestra la tabla 4-2. Una vez que se ubicó todos los componentes mencionados en las bandejas plásticas y se procedió a la siembra de *Eisenia foetida* y transcurridos los 60 días del experimento se ha obtenido un incremento representativo en el número de lombrices y por ende en el peso total de lombrices de cada una de las unidades experimentales.

Aparte de la aspersión de agua se removió tres veces por semana a las unidades experimentales S2M2R1, S2M2R2 y S2M2R3, lo que no ocurrió con las unidades con códigos S2M1R1, S2M1R2 y S2M1R3, por lo que si se observa la tabla 6-3 se verifica que las unidades experimentales “M2” nuevamente poseen un incremento muy representativo en comparación con las unidades experimentales “M1”. El sustrato 2 a diferencia del sustrato 1 posee una mayor reproducción de lombrices, lo cual denota que en este tipo de investigaciones no es aconsejable ubicar gran cantidad de aserrín.

3.5. Comparativa: unidades experimentales vs. blancos

Tabla 7-3: Comparación de unidades experimentales y blancos.

PARÁMETROS	Unidades experimentales	Blancos
Olor	En el transcurso de la investigación se presenta un olor pronunciado, debido al desprendimiento de compuestos derivados de Nitrógeno y Fósforo.	En el transcurso de la investigación presenta poco mal olor, debido a la sequedad.
Color	El lodo lixiviado húmedo, acompañado de aserrín y humus presenta un color negro.	Solamente el lodo lixiviado seco, sin ningún otro componente presenta un color amarillo.
Consistencia	Posee una consistencia suelta, como la tierra misma o como un abono sin compactar.	Posee una consistencia compacta.
Aireación	Por acción humana y de <i>Eisenia foetida</i> si existe una aireación adecuada, pues sus movimientos remueven la tierra.	Al no existir una remoción de la tierra por parte del investigador y por la ausencia de organismos la aireación es nula.
Permeabilidad	Al existir una buena aireación, de igual forma existe una buena permeabilidad para el agua.	Como presenta una compactación, la permeabilidad o filtración de agua se complica.
Textura	Las unidades experimentales poseen una textura fina, pues poseen una alta capacidad en cuanto a la retención de agua.	Los blancos poseen una estructura gruesa, por lo que no posee una capacidad idónea para retener el agua.

Realizado por: Niama, Joffre, 2022.

3.6. Observación de *Eisenia foetida* en lodos lixiviados

Tabla 8-3: Comportamiento de *Eisenia foetida* en lodos lixiviados (sustrato suministrado)

SEMANA	OBSERVACIÓN
1	<ul style="list-style-type: none"> • Las lombrices aún no se han adaptado con total normalidad en los lodos lixiviados. • Al término de la primera semana las lombrices empiezan a trasladarse hacia los lodos lixiviados, 4 días de la primera semana han permanecido en su sustrato madre.
2	<ul style="list-style-type: none"> • Las lombrices al no soportar la luz del día ni la claridad, empiezan a trasladarse y moverse de forma fluida por debajo de la superficie del sustrato. • No todas las lombrices logran adaptarse de forma adecuada al sustrato, un pequeño porcentaje intentan escapar de las unidades experimentales (se las debe tapar).
3	<ul style="list-style-type: none"> • Las lombrices que se han adaptado satisfactoriamente forman colonias, es decir se juntan entre ellas en cantidades considerables, lo que aporta para su proceso reproductivo. • El proceso en que las lombrices empiezan a integrarse a los lodos lixiviados es lento, pero poco a poco abandonan en su gran mayoría al sustrato madre.
4	<ul style="list-style-type: none"> • Durante el transcurso de los días, pocas lombrices (no todas) migran entre el sustrato madre y el sustrato experimental. • Las lombrices se encuentran integradas satisfactoriamente en las unidades experimentales, desarrollan su ciclo de vida con normalidad.
5	<ul style="list-style-type: none"> • En la finalización de la cuarta semana, e inicios de la quinta se verifica la presencia de pequeñas lombrices recién nacidas, lo cual es un indicador de la fructífera adaptación de la especie. • El alimento, que en este caso son los lodos lixiviados se presentan de una forma suelta, no compacta, esto se debe a la acción misma de las lombrices.

6	<ul style="list-style-type: none"> • Pocas lombrices continúan transportándose entre el sustrato madre y el sustrato experimental, en su gran mayoría (90%) se encuentran únicamente en el sustrato experimental. • Se continúa verificando la presencia de lombrices pequeñas, recién nacidas dentro de todas las unidades experimentales.
7	<ul style="list-style-type: none"> • Así como las semanas anteriores se verifica el nacimiento de nuevas lombrices, también se empieza a observar la muerte de varias lombrices, lo cual es normal ya que han cumplido con su ciclo de vida.
8	<ul style="list-style-type: none"> • Continúan naciendo nuevas lombrices, y muriendo las más adultas. Se ha verificado la exitosa adaptabilidad.

Realizado por: Niama, Joffre, 2022.

Un aspecto de completa importancia es el análisis del comportamiento de *Eisenia foetida* mediante la observación directa, es decir una técnica cualitativa y no cuantitativa; de esta forma se evidenció que los lodos lixiviados si cumplen con los parámetros necesarios para que sirvan como alimento para las lombrices. Tal como se muestra en la Tabla 8-3 existió una buena integración progresiva de estas en el sustrato en mención, cabe recalcar que la temperatura ha sido importante, como se muestra en la Figura 1-3 se ha mantenido entre los 16 °C y los 20,4 °C. El mejoramiento del sustrato se evidenció gracias al pre compostaje que se efectuó durante cuatro semanas previas al inicio del experimento.

Además, ha existido una buena reproducción de la lombriz roja californiana en este tipo de sustrato, pues como muestran la Tabla 5-3 y la Tabla 6-3 ha existido un incremento leve y un incremento significativo en cuanto al peso y por ende al número de especies respectivamente. La adaptación a este sustrato ha sido exitosa, lo cual abre camino a realizar un vermicompostaje ya no únicamente a nivel de laboratorio, sino a gran escala.

DISCUSIÓN

La utilidad que se le puede dar y a su vez las ventajas que puede proporcionar *Eisenia foetida* o también llamada “lombriz roja californiana” son múltiples, en este sentido y gracias a la actual investigación se conoce que ayuda de gran forma a la descontaminación de lodos lixiviados, y a su vez al aprovechamiento a través del vermicompostaje de una economía circular, en donde se impide que estos lodos lleguen a fuentes de agua superficial y subterránea, y así también puede ser un emprendimiento en el cual se genere recursos económicos a través del expendio de humus producto del vermicompostaje gracias a estos anélidos.

A esta especie se la encuentra en América, Europa, Asia, África y Oceanía, por lo que es muy conocida, siendo así este tema de interés no solo nacional, sino mundial; en donde se puede y se debe aprovechar al máximo el grado de adaptabilidad que posee *Eisenia foetida*, puesto que existen miles de lombrices de tierra cercanas a esta, pero ninguna con su capacidad de adaptación a diferentes medios, de esta manera se ayuda de forma contundente a la reducción de contaminación mundial, en donde se puede llegar a mitigar en gran medida a los recursos agua y suelo, por ejemplo.

En el presente trabajo investigativo se monitoreó a los lodos lixiviados, mismos que fueron extraídos del camal municipal de la ciudad de Riobamba, el conjunto de muestras de ovinos, bovinos y porcinos fueron divididas en 12 unidades experimentales más 2 blancos, en donde se evaluó su adaptabilidad. Aquí se evidenció su óptima adaptabilidad al sustrato utilizado, por su incremento de población en comparación a la población inicial utilizada, y a su vez se evaluaron diversos parámetros como el pH, conductividad eléctrica, humedad, materia orgánica, NO_3 , Nitrógeno presente en NO_3 , P, PO_4 , P_2O_5 , NH_3 , NH_4 y Nitrógeno presente en NH_3 contenidos en las muestras; en la mayoría de parámetros, excepto el NO_3 y el N- NO_3 se notó un descenso significativo de estos parámetros que en grandes cantidades son un problema para el ambiente y sus componentes.

En el proceso de adaptación de este tipo de lombriz, dentro de las unidades experimentales fue importante ubicarlas en su sustrato madre, para que posteriormente ellas se adapten progresivamente a los lodos lixiviados y lo asimilen como su nuevo medio de vida y así también como su alimento; en una primera experimentación se ubicó de forma directa a las lombrices en los lodos lixiviados, y el resultado que se obtuvo fue su muerte en menos de 24 horas; en la segunda experimentación se ha ubicado el sustrato madre de las lombrices y el lodo lixiviado, y es en esta ocasión en donde se han logrado adaptar de forma óptima.

CONCLUSIONES

- Se evaluó la adaptabilidad de *Eisenia foetida* en lodos lixiviados del camal municipal de la ciudad de Riobamba, la especie se ha adaptado de forma óptima en las unidades experimentales, ha mostrado comportamientos de una adaptabilidad progresiva, más no agresiva, lo cual indica según la investigación y la transversalidad del proyecto que en un período mínimo de 25 días y máximo de 45 días se logra alcanzar la deseada adaptación de toda la población de lombrices en este medio, lo cual es importante conocer para investigaciones y aplicaciones a gran escala.
- Se caracterizó los lodos lixiviados, en la etapa inicial de la parte experimental todos los parámetros analizados mostraron cantidades muy elevadas, lo cual muestra a estos parámetros como potenciales contaminantes; posteriormente, al finalizar la parte experimental, la mayoría de los parámetros analizados expresaron resultados de cantidades inferiores, excepto el Nitrato (NO_3) y el Nitrógeno del Nitrato (N-NO_3); este un indicativo positivo, hablando del favorable trabajo y acción descontaminante que desempeña *Eisenia foetida* en la mayoría de parámetros analizados en este tipo de sustrato.
- Se cultivó *Eisenia foetida* en los sustratos experimentales, esta especie ha logrado desarrollar su ciclo de vida de forma satisfactoria en este tipo de sustratos previamente pre compostados, por el contrario, mediante pruebas realizadas se avala que si se cultiva a *Eisenia foetida* en este tipo de lodos sin pre compostar el cultivo se anula, verificando así la muerte de un 100% de la población. El cultivo de la especie en cada unidad experimental funciona en forma de colonias, no de forma dispersa, hasta su adaptación, posteriormente ellas solas se desenvuelven y transportan en el medio.
- Se ensayó la adaptabilidad de *Eisenia foetida*, dentro del procedimiento de adaptación se aplicó aserrín, lo cual fue importante para menorar el exceso de humedad, sin embargo, en las unidades experimentales que se ha añadido 250 gramos de aserrín existió un mejor desenvolvimiento de la especie y una mejor reproducción específicamente. Cabe mencionar que al ser seres vivos todas las lombrices no lograron adaptarse con total facilidad y en tiempos determinados al medio, de tal modo que varias lombrices intentan escapar, al no lograrlo y con el pasar de los días se han adaptado. La forma en la cual se comprobó la adaptación ha sido con la medición del peso, número y tamaño de las lombrices.

RECOMENDACIONES

- Una vez muestreado el contenido ruminal, la sangre y orina, se deben pre compostar todos estos residuos, durante al menos un período de entre 20 a 30 días, con el fin de estabilizar mencionados componentes (específicamente la sangre), puesto que este líquido se encarga de subir la temperatura de toda la muestra, lo cual es perjudicial para el desarrollo de *Eisenia foetida*, y por ende de todo el proceso de vermicompostaje.
- Al momento en que se realice la dispersión de agua a las muestras en que ya se encuentre ejecutado el proceso de vermicompostaje, se debe esparcir agua sin clorar, se puede utilizar sin problema agua embotellada o hervida, puesto que, al aplicar el agua clorada de forma directa, se puede llegar a evidenciar una disminución en la cantidad de la población.
- Al efectuarse el vermicompostaje bajo los lineamientos de este trabajo de investigación, puede añadirse de ser el caso, residuos vegetales de cocina, con lo cual se ayudará a las lombrices a tener diferentes fuentes de alimentación, y de una forma más amplia, como ya se ha explicado en capítulos anteriores se ayudará a obtener una economía circular local.
- Durante el proceso de volteo de la muestra (pila) inicial se debe utilizar todas las medidas y materiales de bioseguridad posibles, puesto que estos al encontrarse en un estado fresco, emanan gran cantidad de gases tóxicos y olores desagradables, lo cual puede repercutir en el sistema respiratorio, piel, e incluso cuero cabelludo de las personas encargadas de futuros trabajos íntimamente relacionados a este.
- Se recomienda la aplicación del modelo experimental a mediana y grande escala, ya no únicamente a escala de laboratorio como en el presente trabajo, teniendo como referencia los resultados favorables del mismo.
- A la empresa pública “Camal Municipal de la Ciudad de Riobamba” mediante el arduo proceso investigativo llevado a cabo, se recomienda primero implementar una correcta planta de tratamiento de aguas residuales, y a su vez utilizar el vermicompostaje no como un método de prevención, sino más bien como un método de mitigación y correctivo, ya que de esta forma se cooperará a generar menos impactos ambientales negativos.

GLOSARIO

Amoniaco: Es un compuesto nitrogenado que proviene específicamente de la descomposición de excretas tanto sólidas, como líquidas. Posee un fuerte olor, además es irritante, incoloro y muy soluble en el agua. Sus disoluciones al ser alcalinas tienen efectos corrosivos frente a metales y a tejidos, es así que puede provocar quemaduras y necrosis en la piel (Velasco et al., 2016, p.40).

Amonio: Es un compuesto de carácter inorgánico, proviene del Nitrógeno, puede llegar a ser altamente tóxico y está constituido de Nitrógeno e Hidrógeno ($\text{NH}_4\text{-N}$), si no es eliminado puede llegarse a concentrar en la sangre (Esper et al., 2008, p.209).

Bilis: Es un líquido isosmótico, está formado por componentes inorgánicos entre los que se tiene: sodio, cloruro y bicarbonato; por su parte los ácidos biliares son los principales compuestos orgánicos, es decir, la bilis está compuesta por un 90% y un 95% de agua, adicional a los electrolitos inorgánicos y compuestos orgánicos (Gómez, 2007, p.50).

Biooxidación: Es un pretratamiento que se aplica antes de la extracción de metales, este pretratamiento parte de minerales sulfurados, con la presencia y utilización de microorganismos. Este proceso puede ser aplicado a escala de laboratorio e industrial, en este último se aplica de manera continua debido a su alta productividad volumétrica (Jaramillo y Aguirre, 2015, p.157).

Calcio: Es un elemento imprescindible que requiere todas las células vivas para efectuar una serie de funciones estructurales y reguladoras especializadas; de esta forma el calcio está intrínsecamente relacionado con el mantenimiento de orgánulos, gránulos de secreción, membranas celulares y estructuras nucleares (Martinez, 2016, p.27).

Conductimetría: Es una técnica instrumental utilizada para medir la conductividad y así lograr determinar la concentración que presenta una sustancia en una muestra patrón, esta necesariamente deberá ionizarse en la solución para permitir el paso de la corriente eléctrica (Suárez, 2017, p.1).

Conductividad eléctrica: Es una propiedad que poseen ciertas soluciones acuosas para conducir de forma eficiente la corriente eléctrica, esto depende de la presencia de iones, su concentración, movilidad, valencia y temperatura. Las soluciones de compuestos inorgánicos son buenas conductoras, lo que no favorece a las moléculas orgánicas (Sanabria, 2016, p.2).

Contenido ruminal: O también denominado con el nombre de ruminaza, es todo aquel material que al momento del sacrificio de los animales no logró ser procesado adecuadamente en el sistema digestivo por el factor tiempo, posee gran cantidad de flora y fauna microbiana y productos de fermentación ruminal (Ríos y Ramírez, 2014, p.57).

Deyecciones ganaderas: Se refiere a las deyecciones líquidas y sólidas, es decir a los purines y al estiércol, estos dependen de diversos factores, entre los que se tiene: alimentación, estado fisiológico, tipo de abrevaderos, prácticas de limpieza a animales, entre otras (Pineda, 2011, p.27).

Eisenia: Es un género de anélidos, es decir de lombrices de tierra, poseen un sistema digestivo sencillo, una boca, faringe, bulbo, esófago, buche, molleja muscular y un intestino (Narro 2010, p.9).

Eisenia foetida: Esta especie del género *Eisenia* también conocida como lombriz roja californiana, es generadora de abono orgánico convirtiendo casi todos los desechos orgánicos en un producto final denominado como lombricompost, el cual es ampliamente utilizado para mejorar las características del suelo en la agricultura (Durán y Henríquez, 2009, p.276).

Espectrofotometría: Es una técnica analítica en la que al proyectar un haz de luz a través de una muestra se conoce su absorbancia (proporción de luz absorbida por la muestra) y su transmitancia (proporción de luz que pasa a través de la muestra) (García, 2013, p.79).

Estiércol: Es todo residuo orgánico de especies animales que provee de nutrientes y aporta nitrógeno al suelo, este es un abono ecológico, ayuda a mejorar las propiedades biológicas, físicas y químicas de los suelos, así también resulta de gran importancia para los diferentes ecosistemas edáficos puesto que les aporta energía y nutrientes (Cairo y Hernández, 2017, p.37-38).

Faenar: Es la ejecución de una muerte digna a los animales, sin sufrimiento, su sacrificio debe ser realizado en lugares adecuados y bien implementados, para lo cual se han desarrollado centros de faenamamiento o mataderos (Quishpe et al., 2020, p.60).

Fosfato: Se genera por oxidación y reducción de compuestos de fósforo por transferencia de electrones, en las plantas se conoce que es el encargado de madurar y promover la producción de semillas, y es fundamental en el metabolismo vegetal, como la biosíntesis de glúcidos, biosíntesis de lípidos y síntesis de clorofila (Villegas y Mixquititla, 2016, p. 56).

Fósforo: El fósforo es un macronutriente, pues es uno de los más importantes y requeridos por todos los organismos vivos para su desarrollo, sin embargo, es escaso en la rizósfera. El fósforo puede ser absorbido y asimilado por las plantas, es un elemento muy móvil en la planta y sus diferentes traslocaciones se dan mediante el floema (Villegas y Mixquititla, 2016, p.56).

Gravimetría: Es una técnica analítica que se enmarca en determinar el contenido de analito en una muestra mediante operaciones de pesada, existen dos métodos gravimétricos: precipitación y volatilización. Los análisis gravimétricos brindan resultados con gran exactitud (UTP, 2016, p.1-8).

Izado: Es la acción de colgar a los animales de los cuartos traseros, en un gancho relativamente adherido o sujetado a una riel, de esta manera se facilita su movilidad durante todo el proceso de desangrado de los animales y posteriores pasos del faenamiento (Bartolome, 2018, p.5).

Lixiviado: Es la mezcla o combinación de residuos de tipo orgánico e inorgánico, abarcan gran cantidad de grupos de contaminación conocidos como contaminación provocada por: patógenos, por materia orgánica, por nutrientes y por sustancias tóxicas (Martinez et al., 2014, p.37).

Magnesio: Es conocido como el catión extracelular más abundante, es muy conocido por su importancia para la transferencia, almacenamiento y utilización de la energía como regulador y catalizador (González et al., 2009, p.518-520).

Materia orgánica: Está compuesta por cerca del 5% del Nitrógeno total del suelo, sin embargo, contiene diversos elementos de vital importancia para las plantas, como, por ejemplo: fósforo, magnesio, calcio, azufre, entre otros. En todo el procedimiento en que evoluciona la materia orgánica se puede verificar dos fases: humidificación y mineralización (Julca et al., 2006, p.49-50).

Metales pesados: Son conocidos como un conjunto de elementos químicos, cuya principal característica es su elevado peso atómico, son catalogados como altamente tóxicos y por lo general son utilizados en procesos industriales, por ejemplo se tiene: Cadmio, Cobre, Plomo, Mercurio, Níquel, entre otros (Rodríguez, 2017, p.3372).

Nitratos: Se forma a partir del Nitrógeno, en el suelo y en las aguas logran generarse por la descomposición natural de microorganismos de materiales nitrogenados orgánicos, como las proteínas de las plantas, animales y excretas de humanos y de animales (Pacheco et al., 2002, p.73).

Nitrógeno: Es un elemento diatómico que se presenta en la naturaleza en estado gaseoso, a temperatura y presión común, por su cambio en su estado de oxidación se encuentra presente en seres vivos, principalmente este cambio lo realizan las bacterias, lo cual puede ser positivo o negativo (Pacheco et al., 2002, p.73).

Óxido de fósforo: Es un compuesto químico, cuya fórmula química es (P₂O₅), presenta una apariencia de polvo o cristal blanco, este puede reaccionar de forma violenta con el agua dando lugar al ácido fosfórico, es corrosivo para la piel y para el aparato respiratorio (Formulación Química, 2021, p.1).

Potencial hidrógeno: Se lo conoce como una variable de tipo química que facilita la medición de los diversos grados de acidez que pueden llegar a tener las sustancias. Para su medición se utiliza un pH-metro, en donde se utiliza un electrodo sensible (H⁺), este siempre debe ser correctamente calibrado antes de su uso (García, 2019, p.6).

Potenciometría: Es un método analítico electroquímico que tiene como objetivo medir la diferencia de potencial entre electrodos sumergidos en una solución, en donde uno de estos electrodos es el encargado de medir la concentración de determinados iones presentes en la solución (Trujillo et al., 2014, p.1).

Purín: Es un residuo de tipo orgánico generado por las explotaciones ganaderas, siendo este una mezcla de las deyecciones sólidas y líquidas conjuntamente con los desperdicios de alimentos, aguas de abrevaderos, aguas de lavado e incluso aguas de lluvia (Muelas, 2015, p.101).

Residuos zoonos sanitarios: Son los residuos o desechos utilizados para tratamientos de tipos sanitarios a los animales, es decir, se refiere a restos de medicamentos, jeringas, envases, objetos cortantes, etc., (CCOO Aragón, 2006, p.25).

BIBLIOGRAFÍA

ACEVEDO MONTOYA, Diana y BUITRAGO ARTEAGA, Luisa, *Evaluación del contenido ruminal como suplemento alimenticio para el consumo de ganado bovino ensilándolo con *Lactobacillus casei**. [en línea]. S.l.2008. : EAFIT. [Consulta: 23 diciembre 2021]. 2008. Disponible en: https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/403/Diana_AcevedoMontoya_2008.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

ACUERDO MINISTERIAL 061, *Reforma del libro VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA* [en línea]. Quito2015. : 4 - 05 - 2015. [Consulta: 05 diciembre 2021]. 2015. Disponible en: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155124.pdf>.

AGENCIA EXTREMEÑA DE LA ENERGÍA, Los residuos ganaderos. *Agensex* [en línea], vol. 1, pp. 12- 19. [Consulta: 08 diciembre 2021]. 2010. Disponible en: <https://www.agenex.net/images/stories/deptos/los-residuos-ganaderos.pdf>.

ÁLVAREZ SOLÍS, J., GÓMEZ VELASCO, D., LEÓN MARTÍNEZ, N. y GUTIÉRREZ MICELI, F., Manejo integrado de fertilizantes y abonos orgánicos en el cultivo de maíz. *Agrociencia* [en línea], vol. 44, no. 5, pp. 575-586. 2010. ISSN 14053195. [Consulta: 02 diciembre 2021]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952010000500007.

BARTOLOME, Konishi, Planta de faenamiento de ganado vacuno. [en línea]. La Paz. [Consulta: 10 febrero 2022]. 2018. : Disponible en: http://www.mades.gov.py/wp-content/uploads/2018/07/R0712.16_PLANTA-DE-FAENAMIENTO-DE-GANADO-VACUNO_197121.15_KONISHI-MIJUDE-BARTOLOME-HIROYUKI.pdf.

BELTRÁN, Catalina y PERDOMO, William, *Aprovechamiento de la sangre de bovino para la obtención para la obtención de harina de sangre y plasma sanguíneo en el matadero Santa Cruz de Malambo Atlantico* [en línea]. S.l.2007. : Universidad de La Salle. [Consulta: 22 diciembre 2021]. 2007. Disponible en: https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1106&context=ing_alimentos.

BENAVIDES, Lilia, *Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la central de sacrificio de Túquerres (Nariño)* [en línea]. S.l.2006. : Universidad Nacional de Colombia. [Consulta: 22 diciembre 2021]. 2006. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/2712/lilianadelpilarbenavidesbenavides.2006.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

CAIRO, Pedro y HERNÁNDEZ, Ubaldo, Efecto del estiércol en el suelo y en el cultivo de la soya [*Glycine max (L.) Merr.*]. *SciELO* [en línea], vol. 40, no. 1, pp. 37-42. 2017. ISSN 0864-0394. [Consulta: 09 febrero 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2691/269150990005.pdf>.

CAMILETTI, Justin, *Estudio del vermicompostaje de compost de residuos orgánicos distinta naturaleza* [en línea]. S.l.2016. : Escuela Politécnica Superior de Orihuela. [Consulta: 03 diciembre 2021]. 2016. Disponible en: [http://dspace.umh.es/bitstream/11000/2820/1/TFM Camiletti Morales%2C Justin.pdf](http://dspace.umh.es/bitstream/11000/2820/1/TFM%20Camiletti%20Morales%20Justin.pdf).

CASTRILLÓN QUINTANA, Olivia y PUERTA ECHEVERRI, Silvia, Impacto del manejo integral de los residuos sólidos en la Corporación Universitaria Lasallista. *Revista Lasallista de Investigación* [en línea], vol. 1, no. 1, pp. 15-21. 2004. ISSN 1794-4449. [Consulta: 04 diciembre 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69511003>.

CCANAUIRE, Jose y CHUCTAYA, Yull, *Análisis de la técnica del Vermicompostaje para obtener abono orgánico contribuyendo al mejoramiento de los suelos* [en línea]. S.l.2020. : Universidad Católica San Pablo. [Consulta: 10 diciembre 2021]. 2020. Disponible en: http://repositorio.ucsp.edu.pe/bitstream/20.500.12590/16406/1/CCANAUIRE_MAZA JOS_VER.pdf.

CCOO ARAGÓN, *Programa de Residuos Ganaderos de Aragón* [en línea]. Aragón. [Consulta: 10 diciembre 2021]2006. : s.n. 2006. Disponible en: https://www.aragon.es/documents/20127/674325/RESIDUOS_GANADEROS.pdf/f5dc13c0-abbb-ee37-a493-b782d693d58e#:~:text=Residuos zoonosanitarios%3A son los restos,Cadáveres de los animales.

CHÁVEZ PORRAS, Álvaro y RODRÍGUEZ GONZÁLEZ, Alejandra, Aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas y forestales en Iberoamérica. *Academia y Virtualidad* [en línea], vol. 9, no. 2, pp. 90-107. 2016. ISSN 2011-0731. DOI 10.18359/ravi.2004. [Consulta: 12 diciembre 2021]. Disponible en: <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/ravi/article/view/2004/1988>.

COA, *Código Orgánico Del Ambiente* [en línea]. Quito2017. : 12 - 04 - 2017. 2017. ISBN 8909820179. [Consulta: 05 diciembre 2021]. Disponible en: http://gobiernoabierto.quito.gob.ec/Archivos/Transparencia/2017/07julio/A2/ANEXOS/PROCU_CODIGO_ORGANICO_ADMINISTRATIVO.pdf.

CONSEJO MUNICIPAL RIOBAMBA, *Ordenanza 005-2017* [en línea]. Riobamba. [Consulta: 05 diciembre 2021]2017. : s.n. 2017. Disponible en: http://www.gadmriobamba.gob.ec/phocadownload/lotaip2017/abril/Ordenanza_005_2017_Regula_Utilización_y_Control_Centro_Faenamiento.pdf.

CRE, *Constitución de la República del Ecuador* [en línea]. Quito2008. : 13 - 07 - 2011. [Consulta: 05 diciembre 2021]. 2008. Disponible en: <https://n9.cl/hd0q>.

CUSTODE, Fernando, *Manual de Reciclaje* [en línea]. Escuela Po. Quito2017. : s.n. 2017. ISBN 9789978383216. [Consulta: 5 diciembre 2021]. Disponible en: www.re-cicla.com.

DIER, Christian, *El proceso de faenamiento y las características organolépticas de la carne en el ganado vacuno del camal municipal de Ambato* [en línea]. S.l.2007. : Universidad Técnica de Ambato. [Consulta: 22 diciembre 2021]. 2007. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/3415/3/PAL127.pdf>.

DOMÍNGUEZ, Jorge y GÓMEZ, María, Ciclos de vida de las lombrices de tierra aptas para el vermicompostaje. *Acta Zoológica Mexicana (N.S.)* [en línea], vol. 26, no. 2, pp. 309-320. 2010. ISSN 0065-1737. DOI 10.21829/azm.2010.262896. [Consulta: 03 diciembre 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/azm/v26nspe2/v26nspe2a23.pdf>.

DURÁN, Lolita y HENRÍQUEZ, Carlos, Crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense* [en línea], vol. 33, no. 2, pp. 275- 281. [Consulta: 08 febrero 2022]. 2009a. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43613279011>.

- DURÁN, Lolita y HENRÍQUEZ, Carlos**, CRECIMIENTO Y REPRODUCCIÓN DE LA LOMBRIZ ROJA (*Eisenia foetida*) EN CINCO SUSTRATOS ORGÁNICOS. *Agronomía Costarricense* [en línea], vol. 33, no. 2, pp. 275-281. 2009b. ISSN 2215-2202. [Consulta: 04 diciembre 2021]. Disponible en: http://www.mag.go.cr/rev_agr/v33n02_275.pdf.
- ECOVALIA**, 2019. Efecto del manejo del vermicompost sobre la biodisponibilidad de fósforo. *La asociación profesional española de la producción ecológica* [en línea]. Disponible en: <https://www.ecovalia.org/index.php/component/content/article/29-resumen-premios-np/271-efecto-del-manejo-del-vermicompost-sobre-la-biodisponibilidad-de-fosforo>.
- PEMAPAR**, Plan estratégico de Desarrollo Cantonal Riobamba 2025. [en línea]. Riobamba. [Consulta: 07 enero 2022]2018. : Disponible en: <https://www.epemapar.gob.ec/wp-content/uploads/2017/03/plandesarrollocantonal.pdf>.
- ESPER, Raúl, NORIEGA, María y GARCÍA, Rogelio**, Amonio e hiperamonemia. Su significado clínico. *Revista de Investigación Médica Sur, México* [en línea], vol. 15, no. 3, pp. 209- 213. [Consulta: 08 febrero 2022]. 2008. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/medsur/ms-2008/ms083f.pdf>.
- EUSKO JAURLARITZA**, *Estrategia de Economía Circular de Euskadi 2030* [en línea]. Vitoria-Gasteiz. [Consulta: 31 enero 2022]2019. : s.n. 2019. Disponible en: https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/economia_circular/es_def/adjuntos/EstrategiaEconomiaCircular2030.pdf.
- FAO**, *Guía de buenas prácticas para la Gestión y uso sostenible de los suelos* [en línea]. Bogotá2018. : s.n. 2018. ISBN 9789251304259. [Consulta: 20 diciembre 2021]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/i8864es/I8864ES.pdf>.
- FORMULACIÓN QUÍMICA**,. Óxido de fósforo. *Formulación y nomenclatura online*. 2021 [Consulta: 11 febrero 2022] [en línea]. Disponible en: <https://www.formulacionquimica.com/P2O5/>.
- GARCÍA, Déborah**, ¿Qué es el pH? *Cuaderno de Cultura Científica*. 2019 [Consulta: 10 febrero 2022] [en línea]. Disponible en: <https://culturacientifica.com/2019/11/28/que-es-el-ph/>.

GARCÍA, Roberto, Instrumentos que revolucionaron la química: la historia del espectrofotómetro. *Conicet Digital* [en línea], vol. 6, no. 8, pp. 11- 19. [Consulta: 08 febrero 2022]. Disponible en: [https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/87008/CONICET_Digital_Nro.14279992-2fa1-48b5-93d6-7674ea150cf9_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y#:~:text=El espectrofotómetro es un instrumento,la absorban- cia\)7](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/87008/CONICET_Digital_Nro.14279992-2fa1-48b5-93d6-7674ea150cf9_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y#:~:text=El%20espectrofot%C3%B3metro%20es%20un%20instrumento,la%20absorban-20cia)7).

GÓMEZ, Adela, Litiasis biliar. *Elsevier* [en línea], vol. 21, no. 10, pp. 48-54. 2007. ISSN 16365410. DOI 10.1016/s1636-5410(99)70033-4. [Consulta 08 febrero 2022]. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-farmacia-profesional-3-articulo-litiasis-biliar-actualizacion-13112868>.

GONZÁLEZ, Elena, RODRÍGUEZ, F. y GARCÍA, E., Homeostasis del magnesio. Etiopatogenia, clínica y tratamiento de la hipomagnesemia. A propósito de un caso. *Scielo* [en línea], vol. 29, no. 6, pp. 518-524. 2009. ISSN 02116995. DOI 10.3265/Nefrologia.2009.29.6.5534.en.full. [Consulta: 09 febrero 2022]. Disponible en: [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0211-69952009000600004#:~:text=El magnesio es el catión,más de 300 sistemas enzimáticos](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0211-69952009000600004#:~:text=El%20magnesio%20es%20el%20cati%C3%B3n,m%C3%A1s%20de%20300%20sistemas%20enzim%C3%A1ticos).

GUTIÉRREZ, Angel, SOLÍS, Brayan, PANCA, Rosmery y QUISPE, Bessy, Crianza De Eisenia Foetida (Lombriz Roja) En Diferentes Sustratos De Desarrollo Biológico Breeding Of Eisenia Foetida (Red Worm) In Different Substrates Of Biological Development. *Scielo* [en línea], vol. 19, no. 2, pp. 87- 92. [Consulta: 04 diciembre 2021]. 2020. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v19n2/1726-2216-ecol-19-02-87.pdf>.

INEC, Cantón Riobamba. *Plan estratégico cantonal Riobamba* [en línea]. Riobamba. [Consulta: 07 enero 2022]2017. Disponible en: [http://www.cicad.oas.org/fortalecimiento_institucional/savia/PDF/Cantón de Riobamba.pdf](http://www.cicad.oas.org/fortalecimiento_institucional/savia/PDF/Cant%C3%B3n%20de%20Riobamba.pdf).

JARAMILLO, Katherine y AGUIRRE, Paulina, Efecto del tiempo de residencia sobre la biooxidación de un mineral aurífero refractario. *Maskana* [en línea], vol. 5, no. 0, pp. 157-163. 2015. ISSN 2477-8893. [Consulta: 08 febrero 2022]. Disponible en: <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/maskana/article/view/563/488>.

JULCA, Alberto, MENESES, Liliana, BLAS, Raúl y BELLO, Segundo, La nateria orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *Idesia (Arica)* [en línea], vol. 24, no. 1, pp. 49-61. 2006. ISSN 0718-3429. DOI 10.4067/s0718-34292006000100009. [Consulta: 09 febrero 2022]. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292006000100009.

LIN, Su, HWEE, Leong y YEONG, Ta, Sustainability of using composting and vermicomposting technologies for organic solid waste biotransformation: Recent overview, greenhouse gases emissions and economic analysis. *S* [en línea], vol. 111, pp. 262-278. 2016. ISSN 09596526. DOI 10.1016/j.jclepro.2015.08.083. [Consulta: 19 febrero 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652615011749>.

LOS, Ley organica de salud del Ecuador [en línea]. Quito2015. : 18 - 12 -2015. [Consulta: 05 diciembre 2021]. 2015. Disponible en: <https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2017/03/LEY-ORGÁNICA-DE-SALUD4.pdf>.

MAFLA TAPIA, Telmo, *Funcionamiento del camal municipal de rastro, propuestas para el mejoramiento en la higiene y salubridad* [en línea]. S.l.2010. : Universidad Técnica del Norte. [Consulta: 16 diciembre 2021]. 2010. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/3533/1/04 TSA 012 TESIS.pdf>.

MARTINEZ, A., PADRÓN, W., RODRÍGUEZ, O., CHIQUITO, O., ESCAROLA, M., HERNÁNDEZ, J., ELVIRA, E., MÉNDEZ, G., TINOCO, J. y MARTÍNEZ, J., Alternativas actuales del manejo de lixiviados. *Avances en Química* [en línea], vol. 9, no. 1, pp. 37- 47. [Consulta: 09 febrero 2022]. 2014. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/933/93330767005.pdf>.

MARTINEZ, Emilio, Calcium, essential for health. *Scielo* [en línea], vol. 33, no. 4, pp. 26-31. 2016. ISSN 0212-1611. DOI 10.20960/nh.341. [Consulta: 08 febrero 2022]. Disponible en: [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112016001000007#:~:text=El calcio \(Ca\) es un,del esqueleto y los dientes](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112016001000007#:~:text=El calcio (Ca) es un,del esqueleto y los dientes).

- MEJÍA, Estalin y RAMOS, Steven**, *Aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos de la empresa Mancomunada de aseo de los cantones Colta, Alausi y Guamote, mediante tratamientos biológicos, compostaje, co- compostaje, vermicompostaje y Takakura*. [en línea]. S.l.2019. : Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. [Consulta: 07 diciembre 2021]. 2019. Disponible en: <http://dspace.esoch.edu.ec/handle/123456789/10799>.
- MIKOLIC, Carlos., ANDREONI, Isabel., RUFFINELLI, Silvia., GÓMEZ, Alberto., DÁRDANO, Beatriz., BASILE, Daniel. y ESCUDERO, Gabriella.**, Manual De Vermicompostaje: Cómo reciclar nuestros residuos orgánicos. *Montevideo Ambiente* [en línea], vol. 1, pp. 1- 208. [Consulta: 09 diciembre 2021]. 2018. Disponible en: <https://montevideo.gub.uy/sites/default/files/biblioteca/imvermicompostajeinterior.pdf>.
- MIRANDA, Roberto, LASCANO, Milenka, CABALLERO, Aylin y BOSQUE, Hugo**, Influencia de la dosis de estiércol ovino y bioinsumo en la mineralización del nitrógeno. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales* [en línea], vol. 1, no. 1, pp. 92- 98. [Consulta: 13 diciembre 2021]. 2014. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-16182014000100012.
- MORENO AYALA, Luis y CADILLO CASTRO, José**, Uso del estiércol porcino sólido como abono orgánico en el cultivo del maíz chala. *Anales Científicos* [en línea], vol. 79, no. 2, pp. 415- 419. [Consulta: 04 diciembre 2021]. 2018. Disponible en: https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/view/914/pdf_120.
- MUELAS, Virginia**, Purines. Su impacto medioambiental en España. *Vida Científica* [en línea], vol. 1, no. 10, pp. 101- 105. [Consulta: 10 febrero 2022]. 2015. Disponible en: <http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:revista100cias-2017-numero10ne-5165/Purines.pdf>.
- NARRO, Antonio**, *Dinámica poblacional de la lombriz Eisenia foetida en lodos residuales de Met-Mex- Peñoles* [en línea]. S.l.2010. : Universidad autónoma agraria "Antonio Narro". [Consulta: 08 febrero 2022]. 2010. Disponible en: http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2601/LOIDA_EUNICE_MORALES_MORALES.pdf?sequence=1.

NCAT ATTRA, Estiércol en Sistemas de Producción Orgánica. *ATTRA Agricultura Sustentable* [en línea], pp. 1- 4. [Consulta: 13 diciembre 2021]. 2015. Disponible en: https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/FINAL_Estiércol_en_Sistemas_de_Produccion_Organica.pdf.

PACHECO, Julia, PAT, Roberto y CABRERA, Armando, Análisis del ciclo del Nitrógeno en el medio ambiente con relación al agua subterránea y su efecto en los seres vivos. *Ingeniería-Revista Académica* [en línea], vol. 6, no. 3, pp. 73-81- [Consulta: 10 febrero 2022]. 2002. ISSN 1665-529X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/467/46760308.pdf>.

PACO, Gabriel, LOZA, Manuel, MAMANI, Francisco y SAINZ, Humberto, Efecto de la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*) durante el composteo y vermicomposteo en predios de la Estación Experimental de la Unidad Académica Campesina Carmen Pampa. *Journal of the Selva Andina Research Society* [en línea], vol. 2, no. 2, pp. 2-16. 2011. ISSN 2072-9294. [Consulta: 04 diciembre 2021]. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2072-92942011000200004&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

PINEDA, Carmen, *Evaluación de diagramas de flujo de sistemas de tratamiento de deyecciones ganaderas que incluyan codigestión anaerobia* [en línea]. S.I.2011. : Politécnica de Cataluña. [Consulta: 10 febrero 2022]. 2011. Disponible en: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/12866/INFORME_FINAL.pdf?sequence=7&isAllowed=y.

QUISHPE, J., LLIGUICOTA, J., SARDUY, L. y DIÉGUEZ, K., La producción más limpia , como estrategia de valorización (coeficiencia) del centro de faenamiento , Puyo , Pastaza , Ecuador. *Revista Científica de la USCA* [en línea], vol. 7, pp. 59- 71. [Consulta: 09 febrero 2022]. 2020. Disponible en: <http://scielo.iics.una.py/pdf/ucsa/v7n3/2409-8752-ucsa-7-03-59.pdf>.

RÍOS, Milton y RAMÍREZ, Luis, Aprovechamiento del contenido ruminal bovino para ceba cunicola, como estrategia para diezmar la contaminación generada por el matadero en San Alberto. *Prospectiva* [en línea], vol. 10, no. 2, pp. 56. 2014. ISSN 16928261. DOI 10.15665/rp.v10i2.234. [Consulta: 08 febero 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4962/496250734008.pdf>.

- RODRÍGUEZ, Claudia**, Residuos ganaderos. [en línea]. Córdoba. [Consulta: 09 diciembre 2021]2002. : Disponible en: https://www.produccion-animal.com.ar/sustentabilidad/05-residuos_ganaderos.pdf.
- RODRÍGUEZ, Dunia**, Intoxicación ocupacional por metales pesados. *Scielo* [en línea], vol. 21, no. 12, pp. 3372- 3385. [Consulta: 10 febrero 2022]. 2017. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192017001200012.
- RODRÍGUEZ, L.**, Conservación de los recursos naturales para una Agricultura sostenible. Materia orgánica y actividad biológica. [en línea]. [Consulta: 21 febrero 2022]2011. : Disponible en: [https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-104576/1. Materia orgánica y actividad biológica.pdf](https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-104576/1.Materia%20org%C3%A1nica%20y%20actividad%20biol%C3%B3gica.pdf).
- SALAZAR SOSA, Enrique, TREJO ESCAREÑO, Héctor, LÓPEZ MARTÍNEZ, José, VÁZQUEZ VÁZQUEZ, Cirilo, SERRATO CORONA, J., ORONA CASTILLO, Ignacio y FLORES MÁRGEZ, Juan**, Efecto residual de estiércol bovino sobre el rendimiento de maíz forrajero y propiedades del suelo. *Scielo* [en línea], vol. 28, no. 4, pp. 381- 390. [Consulta: 13 septiembre 2021]. 2010. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792010000400010.
- SALINAS, Felipe, SEPÚLVEDA, Leslie y SEPÚLVEDA, Germán**, Evaluación de la calidad química del humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) elaborado a partir de cuatro sustratos orgánicos en Arica. *Idesia* [en línea], vol. 32, no. 2, pp. 95- 100. [Consulta: 01 diciembre 2021]. 2014. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/idesia/v32n2/art13.pdf>.
- SANABRIA, Doris**, Conductividad eléctrica del agua por el Método Electrométrico. *Ideam* [en línea], vol. 2, pp. 1- 7. [Consulta: 08 febrero 2022]. 2016. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Conductividad+Eléctrica.pdf/f25e2275-39b2-4381-8a35-97c23d7e8af4>.
- SINGH, Rajeev, SINGH, Pooja, IBRAHIM, Hakimi y SULAIMAN, Othman**, Gestión de residuos sólidos urbanos: vermicompostaje una opción sostenible. *Science Direct* [en línea], vol. 55, no. 7, pp. 2-3. 2011. DOI <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.02.005>. [Consulta: 07 diciembre 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344911000371?via%3Dihub>.

- SOMARRIBA REYES, Ricardo y GUZMÁN GUILLÉN, Fidel**, Guía de Lombricultura. *Lombricultura una alternativa de producción* [en línea], no. 4, pp. 9- 11. [Consulta: 30 noviembre 2021]. 2012. Disponible en: <https://repositorio.una.edu.ni/2409/1/nf04s693.pdf>.
- SUÁREZ, Alex**, *Diseño de una aplicación informática para la titulación conductimétrica* [en línea]. S.l.2017. : Universidad Central del Ecuador. [Consulta: 10 febrero 2022]. 2017. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/11536/1/T-UCE-0017-0032-2017.pdf>.
- TREJO ESCAREÑO, Héctor, SALAZAR SOSA, Enrique, LÓPEZ MARTÍNEZ, José y VÁZQUEZ VÁZQUEZ, Cirilo**, Impacto del estiércol bovino en el suelo y producción de forraje de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* [en línea], vol. 4, no. 5, pp. 727-738. 2018. ISSN 2007-0934. DOI 10.29312/remexca.v4i5.1171. [Consulta: 13 diciembre 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v4n5/v4n5a6.pdf>.
- TRUJILLO, Ana, VEGA, Patricia y BARAJAS, Leticia**, Potenciometría: Usos y Aplicaciones. *CienciAcierta* [en línea], vol. 1, no. 38, pp. 1- 11. [Consulta: 10 febrero 2022]. 2014. Disponible en: <http://www.cienciacierta.uadec.mx/2014/06/05/potenciometria-usos-y-aplicaciones/#:~:text=En definición%2C la potenciometría es,iones presentes en la solución>.
- UICAB, L. y SANDOVAL, C.**, Uso del contenido ruminal y algunos residuos de la industria cárnica en la elaboración de composta. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* [en línea], vol. 2, no. 2, pp. 45- 63. [Consulta: 23 diciembre 2021]. 2003. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/939/93912118001.pdf>.
- UTP**, 2016. Análisis Gravimétrico. *Curso de Análisis Químico - Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales*. [Consulta: 09 febrero 2022] [en línea]. Disponible en: https://www.uv.es/baeza/Tema_4_Análisis gravimétrico_2016.pdf.
- VELASCO, J., ALVARADO, H., HERNÁNDEZ, A., GÓMEZ, F., NARCISO, C. y MISSELBROOK, T.**, Buenas prácticas de manejo y emisiones de Amoniac en explotaciones avícolas. *Agro Productividad* [en línea], vol. 9, no. 8, pp. 38-44. 2016. ISSN 01887394. [Consulta: 07 febrero 2022]. Disponible en: <https://mail.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/799/664>.

VELASCO, J., FERRERA, R., ALMARAZ, J. y PARKINSON, R., Emisión de amoníaco durante los procesos de compostaje y vermicompostaje: aspectos prácticos y aplicados. *Agroproductividad* [en línea], vol. 9, no. 8, pp. 45-51. 2016. DOI [Consulta: 24 febrero 2022]. Disponible en: <https://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/801/665>.

VERMICAN,. Manual De Vermicompostaje. 2005 [Consulta: 21 febrero 2022]. [en línea]. Disponible en: <https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/campus/doc/htmls/sostenibilidad/ManualVermicompostaje.pdf>.

VILLEGAS CORNELIO, Víctor y LAINES CANEPA, José, Vermicompostaje: I avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* [en línea], vol. 8, no. 2, pp. 393-406. 2017. ISSN 2007-0934. [Consulta: 03 diciembre 2021]. DOI 10.29312/remexca.v8i2.59. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v8n2/2007-0934-remexca-8-02-393-en.pdf>.

VILLEGAS, Óscar y MIXQUITITLA, Gabriela, Importancia de los fosfatos y fosfitos en la nutrición de cultivos. *Acta Agrícola y Pecuaria* [en línea], vol. 2, no. 3, pp. 55-61. 2016. ISSN 2395-874X. [Consulta: 09 febrero 2022]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6201359>.

YACELGA, Sonia Magdalena, *Aprovechamiento de los residuos sólidos y líquidos de faenamiento del camal municipal y su incidencia en la disminución de la contaminación del río Tejar del cantón Otavalo* [en línea]. S.l.2020. : Universidad Técnica de Cotopaxi [Consulta: 21 diciembre 2021]. 2020. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6898/1/UTC-PIM-000246.pdf>.

ANEXOS

ANEXO A. FOTOGRAFÍAS DE FASE DE MUESTREO



Fotografía 1. Desembarcadero



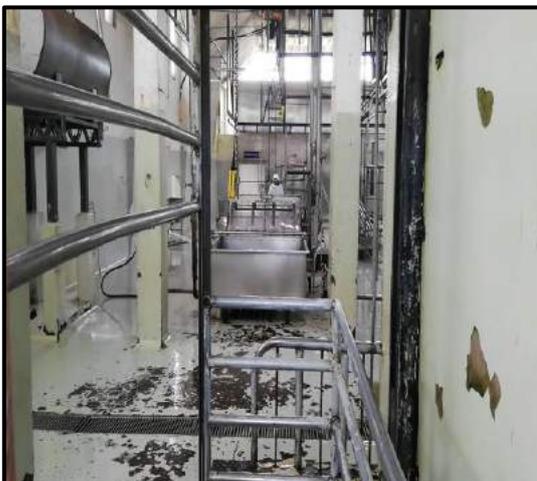
Fotografía 2. Corral de bovinos



Fotografía 3. Corral de porcinos



Fotografía 4. Corral de ovinos



Fotografía 5. Planta de faenamiento



Fotografía 6. Faenado



Fotografía 7. Zona de aturdimiento



Fotografía 8. Aplicación de agua hervida



Fotografía 9. Descuerado



Fotografía 10. Lavado del contenido ruminal



Fotografía 11. Área de chamuscado



Fotografía 12. Procesador de residuos

ANEXO B. FOTOGRAFÍAS DE FASE EXPERIMENTAL



Fotografía 13. Acondicionamiento de lugar



Fotografía 14. Mezcla progresiva de muestra



Fotografía 15: Prueba del puño



Fotografía 16: Prueba del puño



Fotografía 17. Volteo de pila



Fotografía 18. Volteo de pila



Fotografía 19. Pre composteo



Fotografía 20. Temperatura – Pre composteo



Fotografía 21. Conformación de U.E.



Fotografía 22. Siembra de *Eisenia foetida*



Fotografía 23. Siembra de *Eisenia foetida*



Fotografía 24. Pesaje de U.E



Fotografía 25. Finalización de siembra en U.E



Fotografía 26. Desarrollo de *Eisenia foetida*



Fotografía 27. Desarrollo de *Eisenia foetida*



Fotografía 28. Desarrollo de *Eisenia foetida*



Fotografía 29. Desarrollo de *Eisenia foetida*



Fotografía 30. Desarrollo de *Eisenia foetida*



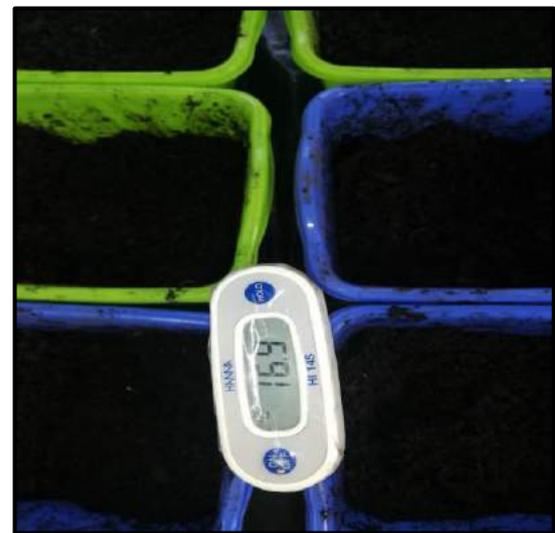
Fotografía 31. Control de Temperatura



Fotografía 32. Control de Temperatura



Fotografía 33. Control de Temperatura



Fotografía 34. Control de Temperatura



Fotografía 35. Desarrollo de *Eisenia foetida*



Fotografía 36. Desarrollo de *Eisenia foetida*



Fotografía 37. Desarrollo de *Eisenia foetida*



Fotografía 38. Desarrollo de *Eisenia foetida*



Fotografía 39. Pesaje de aserrín

ANEXO C. FOTOGRAFÍAS DE FASE EN LABORATORIO



Fotografía 40. Pesaje de humedad



Fotografía 41. Estufa a 105 °C



Fotografía 42. pH metro y conductímetro



Fotografía 43. Mufla – Materia Orgánica



Fotografía 44. Espectrofotometría Nitrógeno



Fotografía 45. Espectrofotometría Nitratos



Fotografía 46. Espectrofotometría Nitratos



Fotografía 47. Espectrofotometría Fósforo



Fotografía 48. Espectrofotometría Fósforo



Fotografía 49. Espectrofotometría Fosfato



Fotografía 50. Espectrofotometría NH₃-H



Fotografía 51. Espectrofotometría NH₃-H



Fotografía 52. Espectrofotometría Amoniaco

ANEXO D. DOCUMENTOS DE VALIDACIÓN



ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

VICERRECTORADO ACADÉMICO
DIRECCIÓN DE DESARROLLO ACADÉMICO



Riobamba, 29 de octubre del 2021

Ing. William Luzuriaga
GESTOR DE PROCESOS DE FAENADO

De mi consideración. -

Quien suscribe el presente Oficio Ing. Juan Carlos González en calidad de docente de la carrera de Ingeniería en Biotecnología Ambiental, de la facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y tutor de Tesis del señor Joffre Alexander Niama Barreto hago extensivo mi saludo y reconocimiento en su campo laboral.

Debo indicarle que mi alumno realizará su tesis de grado en el campo ambiental, es así que su investigación irá encaminada a la obtención de resultados de adaptabilidad de *Eisenia foetida*, para lo cual es necesaria la toma de muestras de lodos lixiviados procedentes del camal municipal de la ciudad de Riobamba.

Por esta razón **SOLICITO** a usted, de la manera más comedida se digne autorizar a quien corresponda el ingreso y obtención de muestras de lodos lixiviados de contenido ruminal del ganado porcino, ovino y bovino a mi dirigido con CI N° 0604942680 y una ayudante la Sra. Blanca Flores con CI N° 0602915910 el día viernes 05 de noviembre del presente año.

Por la atención que se digne dar a la presente. Me suscribo de usted.

Atentamente,



JUAN CARLOS
GONZALEZ
GARCIA

Ing. Juan Carlos González García
DOCENTE - ESPOCH

MATRIZ: QUÍMICOS**Empresa**

-

Atención

Joffre Niama

Dirección

Av. Leopoldo Freire y Av. Edelberto Bonilla

Teléfono

09060404340

Tipo de muestra

Contenido ruminal

Código de la empresa

M-01

Punto de muestreo

Camal Municipal-GAD Riobamba

Oferta No 48

Fecha de muestreo

2021/10/11

Fecha de Ensayo

2021/11/04 - 2021/11/08

Fecha de Emisión

2021/11/09

Condiciones ambientales

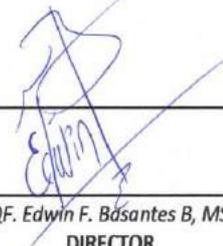
Tmin: 15 °C T max: 25 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS

PARÁMETRO	MÉTODO DE ANÁLISIS	UNIDAD	RESULTADO
Potencial Hidrógeno	Potenciometría	uni pH	7,39
Conductividad eléctrica	Conductimetría	us/cm	1183
Humedad	Espectrofotometría	%	80,69
Materia orgánica	Gravimetría	%	72
NO ₃			1950
N-NO ₃	Espectrofotometría Vis	mg/Kg	450
P			2450
PO ₄	Espectrofotometría Vis	mg/Kg	7550
P ₂ O ₅			5650
NH ₃			695
NH ₄	Espectrofotometría Vis	mg/Kg	735
N-NH ₃			570

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada por el cliente y receptada en el laboratorio.
- Los resultados del presente informe corresponden únicamente a la muestra analizada.
- Se prohíbe la reproducción total o parcial sin autorización del laboratorio.
- TOX-CHEM Libera su responsabilidad por la información proporcionada por el cliente y el uso que se le dará a los resultados.

Documento aprobado por:
BQF. Edwin F. Basantes B, MSc.
DIRECTOR

MATRIZ: QUÍMICOS**Empresa**

-

Atención

Joffre Alexander Niama Barreto

Dirección

Av. Leopoldo Freire y Av. Edelberto Bonilla

Teléfono

09060404340

Tipo de muestra

Contenido ruminal

Código de la empresa

M-01

Punto de muestreo

Producto final

Oferta No 05

Fecha de muestreo

2022/02/03

Fecha de Ensayo

2022/02/03 - 2022/02/10

Fecha de Emisión

2022/02/10

Condiciones ambientales

Tmin: 15 °C T max: 25 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS

PARÁMETRO	MÉTODO DE ANÁLISIS	UNIDAD	RESULTADO
Potencial Hidrógeno	Potenciometría	uni pH	7,81
Conductividad eléctrica	Conductimetría	us/cm	777,9
Humedad	Espectrofotometría	%	55,45
Materia orgánica	Gravimetría	%	24
NO ₃			1980
N-NO ₃	Espectrofotometría Vis	mg/Kg	440
P			1890
PO ₄	Espectrofotometría Vis	mg/Kg	5850
P ₂ O ₅			4350
NH ₃			160
NH ₄	Espectrofotometría Vis	mg/Kg	190
N-NH ₃			84

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada por el cliente y receptada en el laboratorio.
- Los resultados del presente informe corresponden únicamente a la muestra analizada.
- Se prohíbe la reproducción total o parcial sin autorización del laboratorio.
- TOX-CHEM Libera su responsabilidad por la información proporcionada por el cliente y el uso que se le dará a los resultados.

Documento aprobado por:


BQF. Edwin F. Basantes B, MSc.

DIRECTOR



epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO
Y DOCUMENTAL**

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 27 / 04 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: <i>Joffre Alexander Niama Barreto</i>
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: <i>Ciencias</i>
Carrera: <i>Ingeniería en Biotecnología Ambiental</i>
Título a optar: <i>Ingeniero en Biotecnología Ambiental</i>
f. Analista de Biblioteca responsable: <i>Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.</i>

LEONARDO
FABIO MEDINA
NUSTE

Firmado digitalmente por LEONARDO
FABIO MEDINA NUSTE
Nombre de reconocimiento (DN): c=EC,
o=BANCO CENTRAL DEL ECUADOR,
ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE
INFORMACION-ECIBCE, l=QUITO,
serialNumber=0000621485,
cn=LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE
Fecha: 2022.04.27 09:11:42 -05'00'



0788-DBRA-UTP-2022