

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

### **PROYECTO INTEGRADOR**

#### **ELABORACIÓN DE UN MANUAL PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS POR EL CAMAL METROPOLITANO DE QUITO EN EL PROCESO DE FAENAMIENTO**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
TECNÓLOGAS EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL**

**KENIA LETICIA FUEL MENDOZA**

**kenia.fuel@epn.edu.ec**

**DAYANA CAROLINA GUALOTUÑA BARAHONA**

**dayana.gualotuna@epn.edu.ec**

**DIRECTOR ING. SANTIAGO STALIN GUERRA SALCEDO**

**santiago.guerra@epn.edu.ec**

**CODIRECTOR ING. LUIS ÁNGEL JARAMILLO SÁNCHEZ**

**Quito, septiembre 2018**

## **CERTIFICACIÓN**

Como responsables del trabajo de titulación “Elaboración de un manual para el manejo de los residuos sólidos generados por el Camal Metropolitano de Quito en el proceso de faenamiento” desarrollado por Kenia Leticia Fuel Mendoza y Dayana Carolina Gualotuña Barahona, estudiantes de la Carrera de Agua y Saneamiento Ambiental, habiendo supervisado la realización de este trabajo y realizado las correcciones correspondientes, damos por aprobada la redacción final del documento escrito para que prosiga con los trámites correspondientes a la sustentación de la Defensa oral.

---

**Ing. Santiago Guerra Salcedo MSc.**  
**DIRECTOR**

---

**Ing. Luis Jaramillo. MSc.**  
**CODIRECTOR**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

Nosotras, Kenia Leticia Fuel Mendoza y Dayana Carolina Gualotuña Barahona, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

Kenia Leticia Fuel Mendoza

---

Dayana Carolina Gualotuña Barahona

## **DEDICATORIA**

A Dios por su bendición, su fuerza y por permitirme llegar a esta etapa de mi vida.

A mis padres Consuelo y Raúl por su amor, esfuerzo, dedicación y constancia en cada uno de mis pasos, por formarme como una mujer de valores y porque gracias a ellos este logro ha sido posible.

A mi hermana Sandra, por su apoyo incondicional y por ser un ejemplo en mi vida.

A mi sobrino Sebastián, por ser mi motivo de seguir adelante.

A mis amigas y amigos que me apoyaron en todo y sobre todo a Dayana por ser una excelente amiga, compañera y por toda su paciencia a lo largo de toda nuestra carrera.

Al amor de mi vida.

Kenia

## **DEDICATORIA**

A Dios por bendecirme, guiarme y darme la sabiduría necesaria para cumplir con esta etapa de mi vida.

A mis padres, Luzmila y Miguel que siempre han sido mi apoyo incondicional y me han impulsado a llegar hasta aquí.

A mi hermano, Cristian quien ha sido mi ejemplo a seguir y la persona en la que conseguí apoyo en las noches de desvelos durante la elaboración de este proyecto.

A mi enamorado, Cristian quien de manera tan comprensible ha sido ese empujoncito necesario para llegar hasta aquí.

A mi querida amiga, Kenia quien fue la mejor compañera de clases, la mejor compañera de tesis y sobretodo la mejor compañía en cualquier momento.

Dayana

## **AGRADECIMIENTO**

A la Escuela Politécnica Nacional y la Escuela de Formación de Tecnólogos por la formación académica brindada.

A nuestro Tutor, Ing. Santiago Guerra e Ing. Melania Intriago docentes de la Escuela de Formación de Tecnólogos por su apoyo, tiempo y dedicación brindada en la elaboración de este proyecto.

A la Empresa Pública Metropolitana de Rastro Quito por permitirnos desarrollar nuestro trabajo de titulación.

Kenia Fuel y Dayana Gualotuña

## CONTENIDO

CERTIFICACIÓN.....	1
DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	2
DEDICATORIA .....	3
DEDICATORIA .....	4
AGRADECIMIENTO .....	5
ÍNDICE DE TABLAS.....	9
ÍNDICE DE FIGURAS.....	10
GLOSARIO.....	12
ABREVIATURAS.....	13
RESUMEN.....	15
ABSTRACT .....	16
1. INTRODUCCIÓN.....	17
1.2 Justificación.....	18
1.3 Objetivos .....	19
1.3.1 Objetivo general .....	19
1.3.2 Objetivos específicos.....	19
1.4 Alcance del proyecto .....	19
1.5 MARCO TEÓRICO .....	21
1.5.1 Definición de camal .....	21
1.5.2 Situación actual de los camales en el Ecuador.....	21
1.5.3 Descripción del Camal Metropolitano de Quito .....	21
1.5.4 Información General del Camal Metropolitano de Quito .....	21
1.5.4.1 Servicios.....	21
1.5.4.2 Subproductos generados en el Camal Metropolitano de Quito .....	22
1.5.5 Definición de residuo .....	23
1.5.6 Clasificación de Residuos.....	23
1.5.6.1 Por sus características físicas o especiales.....	23
1.5.6.2 Clasificación de los residuos según su origen.....	23

1.5.6.3	Clasificación de los residuos según su composición.....	24
1.5.6.4	Materia orgánica.....	24
1.5.7	Fuentes y generación de los residuos sólidos.....	24
1.5.8	Gestión Integral de Residuos Sólidos o Manejo Integral de Residuos Sólidos.....	26
1.5.9	Etapas de la Gestión Integral de Residuos Sólidos MIRS o GIRS .....	27
	Compostaje .....	28
1.5.10	Base legal.....	31
2.	METODOLOGÍA.....	33
2.1	Tipo de investigación .....	33
2.1.1	Coordinación de la Logística.....	33
2.1.2	Evaluación de la situación actual del proceso de faenamiento del Camal Metropolitano de Quito concerniente a la generación de residuos sólidos .....	34
2.1.3	Caracterización de los residuos sólidos generados en el proceso de faenamiento.....	34
2.1.4	Determinación de las medidas ambientalmente adecuadas .....	37
2.1.5	Elaboración el manual de manejo de residuos sólidos en función de la evaluación previa realizada.....	37
2.2	Métodos y técnicas .....	44
2.2.1.1	Observación .....	44
2.2.1.2	Medición .....	44
2.2.1.3	Bibliográfica .....	44
2.2.1.4	Recolección de datos .....	44
3.	RESULTADOS .....	45
3.1	Situación actual del proceso de faenamiento del Camal Metropolitano de Quito concerniente a la generación de residuos sólidos. ....	45
3.1.1	Principales fuentes de generación de residuos sólidos en cada uno de los procesos del faenamiento.....	48
3.1.2	Gestión de residuos sólidos previo a la elaboración de este proyecto ...	57
3.2	Caracterización de los residuos sólidos generados en el proceso de faenamiento del Camal Metropolitano de Quito.....	60



3.3	Usos o alternativas para la gestión del estiércol y contenido ruminal.....	63
3.3.1	Usos o alternativas para la gestión de decomisos .....	64
3.3.1.1	Usos o alternativas para la gestión de huesos.....	64
3.3.1.2	Usos o alternativas para la gestión de cuernos.....	66
3.3.1.3	Usos o alternativas para la gestión de patas o pezuñas .....	67
3.3.2	Medidas ambientalmente adecuadas para el manejo de residuos producidos en el proceso de faenamiento del Camal Metropolitano de Quito.....	68
CONCLUSIONES .....		78
RECOMENDACIONES.....		80
BIBLIOGRAFÍA.....		81
Anexos fotográficos .....		87
Anexos presentación: Entrega del Plan de Manejo al Camal Metropolitano de Quito.		96
Anexo .....		103
Plan de Manejo de residuos sólidos para el Camal Metropolitano de Quito generados en el proceso de faenamiento.....		103

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Registro de estiércol generado en el mes de mayo y junio. ....	35
<b>Tabla 2.</b> Cantidad de estiércol generado por animal al día. ....	35
<b>Tabla 3.</b> Contenido ruminal generado en el mes de mayo y junio. ....	36
<b>Tabla 4.</b> Registro de decomisos generados en el mes de mayo y junio. ....	36
<b>Tabla 5.</b> Kilogramos de decomisos generados al mes. ....	37
<b>Tabla 6.</b> Animales faenados en los meses de mayo y junio (EMRAQ-EP, 2018). ....	47
<b>Tabla 7.</b> Factores utilizados para la evaluación de la situación actual del Camal Metropolitano de Quito. ....	58
<b>Tabla 8.</b> Total de estiércol generado en los meses de mayo y junio en el proceso de faenamiento (EMRAQ-EP, 2018). ....	61
<b>Tabla 9.</b> Total de volumen de contenido ruminal generado en los meses de mayo y junio en el proceso de faenamiento (EMRAQ-EP, 2018). ....	61
<b>Tabla 10.</b> Contenido ruminal (m3) generado en el mes de mayo y junio (EMRAQ-EP, 2018). ....	61
<b>Tabla 11.</b> Total de decomisos generados en los meses de mayo y junio en el proceso de faenamiento (EMRAQ-EP, 2018). ....	62
<b>Tabla 12.</b> Decomisos generados (kg) por animal faenado en el mes de mayo y junio. ....	63
<b>Tabla 13.</b> Escala y criterios de evaluación para las alternativas propuestas. ....	71
<b>Tabla 14.</b> Comparación de alternativas para estiércol y contenido ruminal. ....	72
<b>Tabla 15.</b> Datos utilizados para la elaboración del compostaje y lombricultura. ....	73
<b>Tabla 16.</b> Datos utilizados para la elaboración del compostaje y lombricultura. ....	74
<b>Tabla 17.</b> Comparación de alternativas para pezuñas – decomisos. ....	74
<b>Tabla 18.</b> Comparación de alternativas para huesos – decomisos. ....	75
<b>Tabla 19.</b> Comparación de alternativas para cuernos – decomisos. (FAO, 2013). ....	76

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Esquema de las principales fuentes de generación de residuos sólidos en cada uno de los procesos del faenamiento (EMRAQ-EP, 2015). .....	25
<b>Figura 2.</b> Etapas Gestión Integral de Residuos Sólidos.....	27
<b>Figura 3.</b> Fases del compostaje (FAO, 2013). .....	30
<b>Figura 4.</b> Registro que lleva la empresa para estiércol y contenido ruminal (EMRAQ-EP, 2018).....	45
<b>Figura 5.</b> Registro de decomisos generados en el 2018 hasta el mes de junio EMRAQ-EP, 2018).....	46
<b>Figura 6.</b> Porcentaje de animales faenados en el mes de mayo (EMRAQ-EP, 2018). 47	
<b>Figura 7.</b> Porcentaje de animales faenados en el mes de junio (EMRAQ-EP, 2018).. 47	
<b>Figura 8.</b> Recepción de animales (EMRAQ-EP, 2015). .....	48
<b>Figura 9.</b> Corralaje de animales – ganado bovino. (FUEL & GUALOTUÑA, 2018). ....	49
<b>Figura 10.</b> Duchado de animales (EMRAQ-EP, 2015).....	49
<b>Figura 11.</b> Proceso de noqueo – ovinos (FUEL & GUALOTUÑA, 2018).....	50
<b>Figura 12.</b> Izado de animales (FUEL & GUALOTUÑA, 2018).....	50
<b>Figura 13.</b> Desangrado y degüello (FUEL & GUALOTUÑA, 2018). .....	51
<b>Figura 14.</b> Corte de patas y cabeza del animal (FUEL & GUALOTUÑA, 2018). .....	52
<b>Figura 15.</b> Proceso de desollado (FUEL & GUALOTUÑA, 2018). .....	52
<b>Figura 16.</b> Proceso de eviscerado (FUEL & GUALOTUÑA, 2018). .....	53
<b>Figura 17.</b> Proceso de fisurado (FUEL & GUALOTUÑA, 2018). .....	53
<b>Figura 18.</b> Inspección veterinaria post mortem (EMRAQ-EP, 2015). .....	54
<b>Figura 19.</b> Aplicación de agua a presión en el proceso de higiene y desinfección (FUEL & GUALOTUÑA, 2018). .....	54
<b>Figura 20.</b> Almacenamiento de contenido ruminal (FUEL & GUALOTUÑA, 2018). ....	55
<b>Figura 21.</b> Almacenamiento de estiércol y contenido ruminal a cielo abierto (FUEL & GUALOTUÑA, 2018). .....	55

<b>Figura 22.</b> Almacenamiento de decomisos, disposición en fundas (FUEL & GUALOTUÑA, 2018). .....	56
<b>Figura 23.</b> Incinerador (FUEL & GUALOTUÑA, 2018).....	56

## GLOSARIO

**Agrocalidad:** Entidad técnica de derecho público, con personalidad jurídica, patrimonio y fondos propios, desconcentrada, con independencia administrativa, económica, financiera y operativa (Ley de Mataderos, 2017).

**Biogás:** Es aquel gas el cual se obtiene producto de la descomposición de residuos de tipo orgánico por vía anaerobia. Este proceso es desarrollado por bacterias (Andino & Martínez, 2015).

**Carne:** Son todas aquellas partes de un animal que son aptas para el consumo humano (EMRAQ-EP, 2015).

**Compostaje:** Es un producto que se obtiene mediante la fermentación de residuos orgánicos, entre ellos el estiércol. El compostaje se produce por la interacción de agentes microscópicos, así como bacterias, protozoos y hongos (FAO, 2013).

**Contenido ruminal:** Producto de la digestión realizada por el animal y compuesto únicamente por el alimento o pasto que haya ingerido que permanece hasta el faenamiento (Draker, 2014).

**Decomiso:** Parte de un animal sacrificado y calificado como tal por una autoridad competente como riesgoso para el consumo humano y que debe ser desechado apropiadamente (Fundación NEXUS, 2012).

**Desangrado:** Ruptura de los vasos sanguíneos del cuello o el pecho (MSP-ECUADOR).

**Faena:** Proceso que se lleva a cabo en el interior de un matadero, a partir de un animal vivo, se obtiene carne, subproductos comestibles y no comestibles (DÁVILA, 2011).

**Faenamiento de emergencia:** Es el faenado que se realiza a los animales por cuestiones de higiene o prevenir la prolongación de una enfermedad (EMRAQ-EP, 2015).

**Residuos No peligrosos:** Son aquellos residuos que al manipularlos no producen riesgo a la salud o al ambiente (Aburrá, 2006).

**Residuos Peligrosos:** Son aquellos residuos que por sus características pueden ocasionar riesgos a la salud o al ambiente (Colombia, 2007).

## ABREVIATURAS

Área base de la pila o lecho:	$A_b$
Área base de la pila o lecho:	$A_p$
Altura de la pila o lecho:	$h$
Altura total de la compostera o lombricultivo:	$h_t$
Área del último pasillo:	$A_{pas}$
Área total de un paralelepípedo:	$A$
Área total de las pilas o lechos:	$A_t$
Área total de la compostera o lombricultivo:	$A_T$
Base de la pila o lecho:	$b$
Base del último pasillo:	$b_{pas}$
Base total de la compostera o lombricultivo:	$b_t$
Densidad:	$\rho$
Densidad contenido ruminal:	$\rho_{cr}$
Densidad de estiércol:	$\rho_{es}$
Densidad de restos de poda:	$\rho_{rp}$
Densidad total:	$\rho_T$
Distancia entre pilas o lechos:	$d$
Largo:	$l$
Masa:	$m$
Masa de contenido ruminal:	$m_{cr}$
Masa de estiércol:	$m_{es}$
Masa de restos de poda:	$m_{rp}$
Masa total:	$m_T$

Masa o cantidad de sustrato a utilizar por pila o lecho	$m_p$
Número de pilas:	$N_p$
Número de pasillos:	$N_{pas}$
Porcentaje de masa de contenido ruminal:	$\%m_{cr}$
Porcentaje de masa de estiércol:	$\%m_{es}$
Porcentaje de masa de restos de poda:	$\%m_{rp}$
Relación Carbono/Nitrógeno de contenido ruminal :	$C/N_{cr}$
Relación Carbono/Nitrógeno de estiércol:	$C/N_{es}$
Relación Carbono/Nitrógeno de restos de poda:	$C/N_{rp}$
Relación Carbono/Nitrógeno total:	$C/N_T$
Volumen:	$v$
Volumen de estiércol:	$v_{es}$
Volumen de contenido ruminal:	$v_{cr}$
Volumen de restos de poda:	$v_{rp}$
Volumen total:	$v_T$

## RESUMEN

El presente proyecto consiste en la elaboración de un manual para el manejo de los residuos sólidos generados por el Camal Metropolitano de Quito en el proceso de faenamiento, con la finalidad de minimizar los residuos sólidos generados y reducir la contaminación al ambiente.

La metodología de investigación se desarrolló mediante la evaluación de la situación actual relacionada a la generación de residuos sólidos a través de visitas de campo y recolección de datos en el sitio de trabajo de cada uno de los procesos de faenamiento del Camal Metropolitano de Quito.

Se identificaron las principales fuentes de contaminación en el proceso de faenamiento y se realizó una estimación y determinación en cuanto al tipo, peso y volumen de los residuos generados en un período determinado. Posterior a esto se cuantificaron los residuos en tablas de registro y control donde constan las cantidades generadas con una frecuencia mensual. Finalmente se realizó la clasificación de los mismos para su correcta disposición final.

Gracias a la estimación de la cantidad de residuos sólidos y la determinación del tipo de cada uno de ellos se logró identificar que los residuos sólidos de mayor generación en cada uno de los procesos del faenamiento fueron contenido ruminal, estiércol y decomisos.

Con los datos obtenidos se determinaron medidas ambientalmente adecuadas para el manejo de residuos producidos para reducir el consumo de recursos y la contaminación del ambiente, así como también de la gestión y disposición final de cada uno de los mismos.

Después de varias observaciones, se determinó que se producen varios residuos durante el proceso de faenamiento, sin embargo para este proyecto se propondrán medidas ambientalmente adecuadas para aquellos que representan el mayor volumen y para los cuales se plantean dos alternativas para su gestión.

Al final se elaboró un manual básico para el manejo de residuos sólidos en función de la evaluación previa realizada con características técnicas y ambientalmente viables.



## **ABSTRACT**

The present project consists on the preparation of a manual to manage solid waste generated by “Camal Metropolitano de Quito” in the slaughter process, in order to minimize the solid waste generated and to reduce pollution to the environment.

The research methodology was carried out by evaluating the current situation related to the generation of solid waste through field visits and data collection at the work site of each of the slaughter processes in “Camal Metropolitano de Quito”.

The main sources of contamination in the slaughter process were identified and the characterization was made regarding the type, weight and volume of the waste generated in a given period. After this, the waste was quantified record and control tables the quantities generated with a monthly frequency are collected. Finally, the classification of them was made to assure a correct final disposal.

Thanks to the characterization it was possible to determine that the solid wastes of greater generation in each one of the processes of the slaughter were ruminal content, manure and seizures.

With the data obtained, environmentally appropriate measures were determined for the management of waste produced was determinate, thus it is expected that the slaughter will reduce the consumption of resources and environmental pollution, as well as the management and final disposal of each one of them.

After several observations, it was determined that several wastes are produced during the slaughter process, however for this project environmentally adequate measures will be proposed for those that represent the largest volume and for which two alternatives are proposed for their management.

In the end, a basic manual for solid waste management was prepared based on the previous evaluation carried out with technical and environmentally viable characteristics.

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Planteamiento del problema**

El desarrollo y crecimiento de la población en el Ecuador ocasiona una gran demanda de consumo alimenticio para satisfacer sus necesidades, lo que provoca generación de residuos, los cuales, en gran medida, son depositados a la intemperie y afectan el agua, suelo, aire y a la sociedad en general (Medina Roos & Jiménez Yáñez, 2001)

La provincia de Pichincha se encuentra en un constante aumento poblacional, económico y agroindustrial, motivo por el cual las ferias de comercialización de ganado porcino, bovino, caprino y camélido han crecido rápidamente. Es por eso que es importante implementar técnicas ambientales adecuadas para ofrecer un servicio de calidad a la sociedad y de tal manera evitar impactos y contaminación ambiental (MAGAP, 2010).

De forma ecológica y en relación a la industria alimentaria se debe tomar en cuenta que las cargas contaminantes provenientes de dichos lugares no se previenen o controlan adecuadamente, lo cual puede causar problemas ambientales y sociales. La contaminación afectará de manera negativa a los ecosistemas ya establecidos en estos lugares, por lo cual se debe minimizar los residuos y mitigar impactos que puedan causar problemas en el ecosistema (Berkowitz, 1998).

Es por esto que la polución atmosférica originada por la industria alimentaria se concentra en los olores desagradables producto de las emisiones. El retiro o alejamiento de estos lugares de las ciudades o sectores ya poblados, es una manera apropiada de reducir los reclamos de la comunidad cercana con respecto a la generación de olores, pero es necesario adecuar medidas de control, como la instalación de absorbentes o depuradores para la resolución de estos problemas (Berkowitz, 1998).

Cada uno de los residuos generados en la industria alimentaria podrían causar impactos perjudiciales para el ambiente, así como: contaminación del agua, suelo, aire, además de presencia de enfermedades en la población aledaña.

Se debe considerar que varios residuos sólidos producidos en industrias alimentarias pueden ser reutilizados, lo que lograría reducir de manera considerable la cantidad generada.

## 1.2 Justificación

En países en crecimiento, los residuos sólidos generados en camales producen elevados niveles de contaminación. Esta situación es difícil de manejar debido a las restricciones técnicas y económicas que pueden evitar el adecuado funcionamiento de las medidas de manejo ambiental que resuelvan estos problemas de manera definitiva. No obstante la aplicación de medidas preventivas simples y de bajo valor económico minimiza el problema de manera eficiente al necesitar menor cantidad de recursos y con la posibilidad de generar réditos con los residuos tratados (MAGAP, 2010).

El incremento de población en el país y en el mundo en general demandan el consumo de productos de primera necesidad incluyendo productos cárnicos, por lo cual la Empresa Metropolitana de Rastro Quito (o el Camal Metropolitano de Quito como se lo conoce generalmente) ofrece un servicio a la comunidad y la sociedad en general que garantice carne segura y que cumpla con la normativa tanto del proceso de faenamiento como el tratamiento final de los residuos generados diariamente (Salas & Quesada, 2006).

Por lo antes mencionado las empresas son responsables de tomar acciones ambientales para evitar:

- Establecer centros infecciosos por la presencia de organismos generados por los residuos y que puedan generar reclamos por parte de la comunidad.
- Contar con un ambiente no laboral a causa de la concentración o almacenamiento de residuos dentro de la empresa.
- Intranquilidad en comunidad por tener un centro de aglomeración de residuos cerca de sus hogares (Salas & Quesada, 2006).

Los camales o rastros deben contar con un método de separación diferenciada de sus residuos de origen orgánico e inorgánico, los cuales deben estar almacenados de manera temporal en un sitio adecuado y cerrado, cumpliendo con las características de infraestructura según las indicaciones de normas para facilitar su recolección o tratamiento posterior (INEN, 2013).

La rentabilidad ambiental de elaborar un manual de manejo de residuos sólidos se refleja en la reducción de recursos utilizados para su tratamiento o disposición final o la reducción de la carga contaminante mediante el uso de medidas apropiadas económicas para su reutilización y aprovechamiento (PROARCA, 2004).

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Elaborar un manual para el manejo de los residuos sólidos generados por el Camal Metropolitano de Quito en el proceso de faenamiento.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Evaluar la situación actual del proceso de faenamiento del Camal Metropolitano de Quito concerniente a la generación de residuos sólidos.
- Caracterizar los residuos sólidos generados en el proceso de faenamiento del Camal Metropolitano de Quito.
- Determinar medidas ambientalmente adecuadas para el manejo de residuos producidos en el proceso de faenamiento del Camal Metropolitano de Quito.
- Elaborar el manual de manejo de residuos sólidos en función de la evaluación previa realizada.

#### **1.4 Alcance del proyecto**

La finalidad de este proyecto es la minimización de impactos ambientales producidos por los residuos sólidos generados en el proceso de faenamiento del Camal Metropolitano de Quito, mediante las alternativas propuestas en el mismo. Esto incluye actividades como:

- Evaluar la situación actual del proceso de faenamiento del Camal Metropolitano de Quito concerniente a la generación de residuos sólidos.
- Caracterizar los residuos sólidos generados en el proceso de faenamiento del Camal Metropolitano de Quito según el tipo, peso y volumen.
- Determinar medidas ambientalmente adecuadas para el manejo de residuos producidos en el proceso de faenamiento del Camal Metropolitano de Quito.
- Elaborar el manual de manejo de residuos sólidos en función de la evaluación previa realizada.

Hay que mencionar que el manual elaborado será de uso y entendimiento de todas aquellas personas relacionadas con los procedimientos realizados en la empresa y para todo aquel que trabaje en la entidad donde se realizó este proyecto. De la misma manera, solo se tomarán en cuenta los residuos sólidos generados en el proceso de faenamiento desde la recepción del animal hasta su salida. Se descartan residuos de oficinas y residuos administrativos. No se tomarán en cuenta aquellos residuos que se

puedan producir en el transporte de los animales a faenar antes de llegar al Camal Metropolitano de Quito.

Cabe señalar que durante el proceso de faenamiento varios operarios y trabajadores traen consigo materiales que son utilizados para limpieza, para el trabajo que realizan como cuchillos afiladores o chairas, o equipo de protección personal, mismos que no forman parte de la gestión y análisis del presente proyecto.

Además, dentro del Camal Metropolitano de Quito, se clasifican a los decomisos (un tipo de residuo) en grupos: residuos patológicos y no patológicos, residuos de cenizas después de la incineración y decomisos útiles para hacer harina de sangre.

Es por eso que en el presente proyecto se determinaron alternativas para aquellos residuos considerados como útiles para hacer harina de sangre es decir que no pueden ocasionar daños en la salud o en su uso después de obtener el producto final, entre ellos: patas, cuernos y huesos. Mismos que no pudieron ser clasificados debido a que por logística de la empresa los decomisos fueron pesados por personal autorizado, ya que estos poseen características microbiológicas que pueden ser perjudiciales para la salud.

Por otra parte las medidas ambientales propuestas en este proyecto son fáciles de realizar, sin costos elevados, ni el requerimiento de personal estrictamente capacitado para su implementación, de la misma manera pueden ser utilizadas en grande o pequeña escala ya sea en empresas, fincas, jardines, etc.

Es importante mencionar que en el Camal Metropolitano de Quito se construyeron biodigestores para el aprovechamiento del contenido ruminal que se produce en el proceso de faenamiento. Todo esto con la finalidad de calentar el agua utilizada en los procesos ligados al camal y por ende tener un ahorro del combustible que se utiliza en la empresa (gas licuado de petróleo).

Lamentablemente, se tuvo que suspender este sistema debido a que sus resultados fueron peligrosos, además que la implementación y mantenimiento de los biodigestores implicaban tener personal capacitado para su control. Por tal razón no se consideró como una alternativa en este proyecto.

## **1.5 MARCO TEÓRICO**

### **1.5.1 Definición de camal**

Se define como mataderos (camales o rastros) a los lugares en donde se sacrifican y preparan los animales destinados al consumo humano, los cuales están sometidos a examinación sanitaria constante para proteger la salud pública. Los camales o rastros están abastecidos de instalaciones completas que facilitan el adecuado sacrificio y faenamamiento de los animales (Roberto Bobenrieth, 1985).

### **1.5.2 Situación actual de los camales en el Ecuador**

El Ecuador tiene una población aproximada de 4,5 millones de ganado bovino dividido en todo el territorio nacional, en áreas de pastoreo designadas para la producción de carne y leche (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2000).

En la actualidad el Ecuador tiene más de 200 mataderos, repartidos en todas las regiones del país, donde el 45% del total de los camales están ubicados en la región Sierra, el 38% en la Costa y el 17% en la Amazonía y Galápagos (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2000).

### **1.5.3 Descripción del Camal Metropolitano de Quito**

La Empresa Pública Metropolitana de Rastro Quito, EMRAQ-EP, es la encargada de ejecutar el sistema municipal de faenamamiento y comercialización de animales para el consumo humano en el Distrito Metropolitano de Quito y de la evaluación y seguimiento de mataderos municipales.

La empresa cuenta con una planta potabilizadora que capta agua subterránea de un pozo y abastece a la empresa de este recurso para que se puedan llevar a cabo las actividades operativas de la misma.

### **1.5.4 Información General del Camal Metropolitano de Quito**

#### **1.5.4.1 Servicios**

Según la EMRAQ-EP, el Camal Metropolitano de Quito presta a la comunidad los siguientes servicios:

**Faenamamiento Bovinos:** Es el proceso ordenado sanitariamente para el sacrificio de un animal bovino, con el objeto de obtener su carne en condiciones óptimas para el

consumo humano. El faenamiento se debe llevar a cabo siguiendo las normas técnicas y sanitarias.

**Faenamiento Porcinos:** Es el proceso ordenado sanitariamente para el sacrificio de un animal porcino, con el objeto de obtener su carne en condiciones óptimas para el consumo humano.

**Faenamiento Ovinos:** Es el proceso ordenado sanitariamente para el sacrificio de un animal ovino, con el objeto de obtener su carne en condiciones óptimas para el consumo humano.

**Inspección de Carnes:** El objetivo de la inspección de carnes es determinar que los productos y subproductos cárnicos cumplan con estándares de inocuidad y de descartar aquellos que representen riesgo para la salud humana, salud animal, medio ambiente, fauna silvestre y animales domésticos. Este servicio ayuda a identificar enfermedades parasitarias.

**Control Veterinario:** El departamento veterinario, conformado por profesionales médicos desarrolla actividades técnicas de inspección veterinaria tanto ante mortem y post mortem. También realizan una supervisión sanitaria de los procesos operativos relacionados con el faenamiento de las diferentes especies en los centros de faenamiento asentados en el Distrito Metropolitano de Quito y fuera de éste.

Además que dentro del Camal Metropolitano de Quito se genera y se cuenta productos y equipos útiles para brindar un mejor servicio a la comunidad y generar réditos extras en la empresa como son los siguientes:

#### **1.5.4.2 Subproductos generados en el Camal Metropolitano de Quito**

**Harina de sangre, derivado de la recopilación de la sangre de los animales faenados:** Producto final obtenido de la separación y deshidratación de la sangre de los animales procesados, posee propiedades proteicas (75%), que la hace de esta una fuente única de proteína disponible, sobre todo para la alimentación avícola. La harina de sangre tiene alto valor nutritivo, en comparación con las demás, principalmente en lo que se refiere a proteína (75–85%), en donde la harina de pescado (96-97%), harina de carne y huesos (87-89%) o con la harina de plumas (53-55%). La harina de sangre es rica en aminoácidos importantes para el desarrollo humano y animal. Para resaltar más aun la importancia de la sangre como alimento, se puede decir que se obtiene la

misma cantidad de proteínas de un kg de ella, que de un kg de carne. (EMRAQ-EP, 2015).

**Alquiler de Equipamiento:** Para mejor control de higiene, inocuidad y cumplimiento a regulaciones sanitarias se exige a los usuarios la utilización de bandejas y recipientes de acero inoxidable, para la colocación de vísceras y cárnicos posterior al servicio de faenamiento (EMRAQ-EP, 2015).

#### **1.5.5 Definición de residuo**

Los residuos son el producto generado en actividades de producción en el transcurso del tiempo y el espacio, y que no poseen un valor económico por ausencia de tecnología o acciones de recuperación. Se debe considerar que un residuo puede convertirse en materia prima al ser reciclable, reutilizable, renovable o tratable y ser de gran provecho para generar valores extras en sentido económico. (Metropolitana, 2008).

#### **1.5.6 Clasificación de Residuos**

##### **1.5.6.1 Por sus características físicas o especiales**

##### **Residuos peligrosos**

Son aquellos residuos que por sus características pueden ocasionar un riesgo para el ser humano y el medio ambiente (RECYTRANS, 2013).

##### **Residuos no peligrosos**

Son aquellos residuos que no poseen características de peligrosidad, así como: plástico, papel, cartón, metal (RECYTRANS, 2013).

##### **1.5.6.2 Clasificación de los residuos según su origen**

##### **Residuos comerciales**

Son aquellos residuos generados por actividades comerciales, así como de restaurantes, bares, oficinas y de los mercados y del resto del sector de servicios.

##### **Residuos industriales**

Son aquellos residuos generados de los procesos de producción, transformación, uso, consumo, limpieza o mantenimiento.



## **Subproductos animales**

Subproductos son todos aquellos cuerpos o partes de animales, generados en la industria de alimentos, que no pueden ser utilizados para el consumo humano por motivos sanitarios, ya que consigo traen presencia de patógenos o enfermedades (Delgado, 1995).

### **1.5.6.3 Clasificación de los residuos según su composición**

#### **Residuo orgánico**

Residuo de origen biológico, que formó parte de un ser vivo o estuvo vivo, así como: hojas, ramas y residuos de alimentos, cáscaras de fruta o vegetales, etc.

#### **Residuo inorgánico**

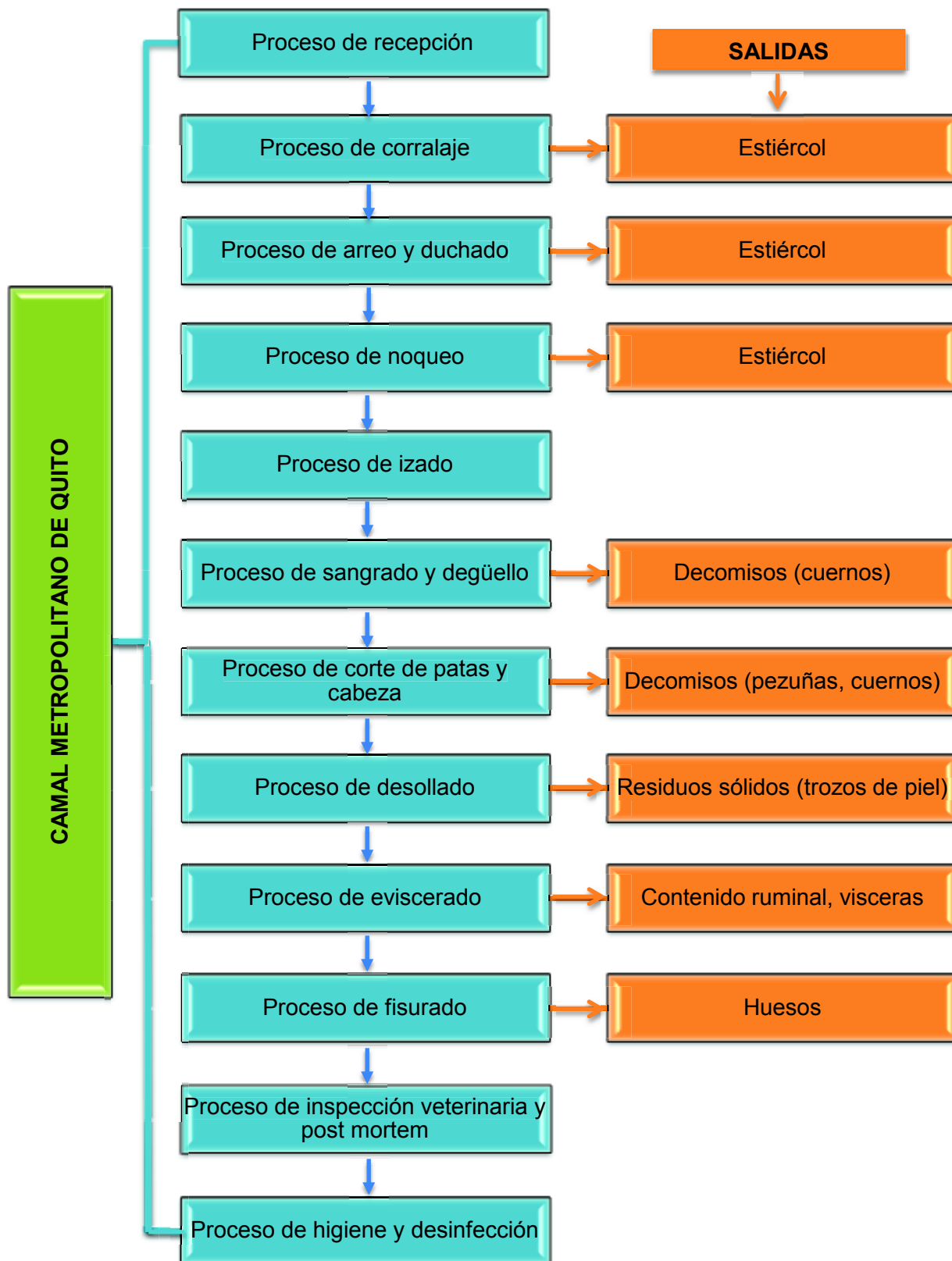
Es todo desecho sin origen biológico, generado por actividades industriales, así como: plásticos, telas sintéticas, botellas, etc. (Delgado, 1995).

### **1.5.6.4 Materia orgánica**

Es tipo de material de origen vegetal o animal que retorna al suelo después de un proceso de descomposición y transformación realizada por microorganismos, insectos o lombrices y que contribuye al suelo con sustancias orgánicas beneficiosas como nutrientes para ser aprovechados (Román, Martínez, & Pantoja, 2013).

### **1.5.7 Fuentes y generación de los residuos sólidos**

En la Figura 1 se puede observar cada uno de los procesos o etapas que se llevan a cabo en el faenamiento de animales y las principales fuentes de generación de residuos sólidos.



**Figura 1.** Esquema de las principales fuentes de generación de residuos sólidos en cada uno de los procesos del faenamiento (EMRAQ-EP, 2015).

Como se observa en la Figura 1 los residuos que se generan en varios de los procesos del faenamiento son los siguientes:

- Estiércol, es el residuo generado en el proceso de corralaje, arreo, duchado y noqueo en el proceso de faenamiento.
- Contenido ruminal, es el residuo que es generado en el proceso de eviscerado en el faenamiento.
- Decomisos (cuernos, patas y huesos) que son en su mayoría incinerados por estar en mal estado y presentar enfermedades infecciosas o contagiosas para las personas. Los decomisos que son útiles para hacer harina de sangre pueden tener otra alternativa o uso, razón por la cual se presenta alternativas que eviten problemas ambientales.

Los residuos sólidos representan un 20 a 50% del peso total del animal, la mayor parte de estos residuos son biodegradables y deben ser tratados cuidadosamente para evitar los malos olores y propagación de enfermedades, además todos estos residuos pueden reducir de manera considerable si se los reutiliza o trata de manera adecuada (INTEC-CHILE, 1998).

#### **1.5.8 Gestión Integral de Residuos Sólidos o Manejo Integral de Residuos Sólidos**

El Manejo o Gestión Integral de Residuos (MIRS o GIRS) como lo dice el Ministerio del Ambiente del Perú, 2016 es un conjunto de actividades y planes que se aplican a los residuos sólidos desde el momento de su generación según la viabilidad económica que se tenga. Además que se encuentra ampliamente relacionado con la implementación de medidas necesarias a través de actividades de prevención, minimización, separación en la fuente, almacenamiento, transporte, aprovechamiento, tratamiento o disposición final, y que pueden estar relacionadas y realizarse en condiciones que garanticen la salud humana y del ambiente (Aburrá, 2006).

### 1.5.9 Etapas de la Gestión Integral de Residuos Sólidos MIRS o GIRS

En la Figura 2 se puede observar las etapas para la gestión integral de residuos sólidos:



**Figura 2.** Etapas Gestión Integral de Residuos Sólidos.

#### **Generación**

Esta es la etapa inicial que comprende la producción de residuos sólidos. Adicionalmente, en la generación se determina el volumen composición, cantidad, características y calidad de los residuos, mediante una caracterización para permitir una proyección o evaluación de los mismos (SAM, 2003).

#### **Separación en la fuente y almacenamiento**

Es depositar los residuos sólidos del mismo tipo, con características iguales, y según el tratamiento a recibir, posterior a su generación, en contenedores o recipientes diferenciados y considerar que estos residuos podrían reciclarse o reutilizarse en la siguiente etapa de recolección, clasificación y procesamiento (Timm, 2013).

## **Recolección y transporte**

Este procedimiento consiste en el acopio y carga de los residuos sólidos en vehículos recolectores. Esta recolección puede realizarse de manera diferenciada debido a que en la etapa anterior se separaron los residuos según su tipo. El traslado consiste en mover los residuos según rutas, personal capacitado y equipo necesario para evitar la dispersión en el ambiente (SAM, 2003).

## **Transferencia**

Es el almacenamiento momentáneo de los residuos sólidos para su transporte a centros de acopio o estaciones de transferencia donde residuos sólidos húmedos y secos que no pueden ser reciclados o reutilizados son preparados para ser trasladados en vehículos con mayor capacidad de carga a rellenos sanitarios o sitios de tratamiento para su disposición final (Timm, 2013).

## **Tratamiento**

Esta etapa se realiza en lugares acondicionados para el tratamiento de los residuos sólidos mediante métodos como los que se mencionan a continuación además de la incineración, producción de energía, etc., según su aprovechamiento y las limitaciones tanto económicas como sociales (Timm, 2013).

## **Compostaje**

Es el proceso aeróbico (en presencia de oxígeno) en el cual microorganismos actúan sobre la materia y la degradan rápidamente para permitir la formación del compost el cual es un producto que se obtiene mediante la fermentación de residuos orgánicos, entre ellos el estiércol bajo el control de ciertas condiciones.

El producto de este proceso mejora la calidad del suelo en sus propiedades físicas, como reducir la densidad aparente, aumento de la permeabilidad y porosidad, y así obtener suelos con mayor retención de agua.

Mejora la calidad en sus propiedades químicas como el aumento de nitrógeno y carbono y también almacena nutrientes para los cultivos.

## **Fases del compostaje**

El compostaje presenta varias fases que son:

### **Fase mesófila de descomposición o de latencia**

En esta etapa y a una temperatura ambiente el material de fácil degradación empieza el proceso de compostaje y la temperatura aumenta hasta 45 °C producto de la actividad microbiana y de su aclimatación al nuevo medio así como de su multiplicación (FAO, 2013).

Esta fase dura de 2 a 4 días desde el inicio del proceso, se observa la emanación de vapor de agua sobre la materia vegetal de la pila (MARINO, 2004).

### **Fase termófila o de higienización**

El material aumenta a temperaturas superiores a los 45 °C cuando los microorganismos que han logrado adaptarse al medio sobreviven, conocidos como organismos termófilos, que en su mayoría son bacterias y hongos que ayudan a la degradación del material más complejo como aquellos compuestos con altas cantidades de carbono. La temperatura en esta fase ayuda a la higienización y eliminación de patógenos (FAO, 2013).

Esta etapa puede durar entre una semana a dos meses según la aceleración de descomposición del sistema, después de este tiempo la actividad biológica disminuye y el medio se estabiliza (MARINO, 2004).

### **Fase Mesófila II o de enfriamiento**

Cuando ya no existen fuentes de carbono y nitrógeno en el material a compostar la temperatura baja hasta 40 °C. En esta fase la degradación continúa y pueden aparecer hongos visibles. Los organismos mesofílicos existentes dominan esta fase hasta que toda la energía presente sea utilizada (FAO, 2013).

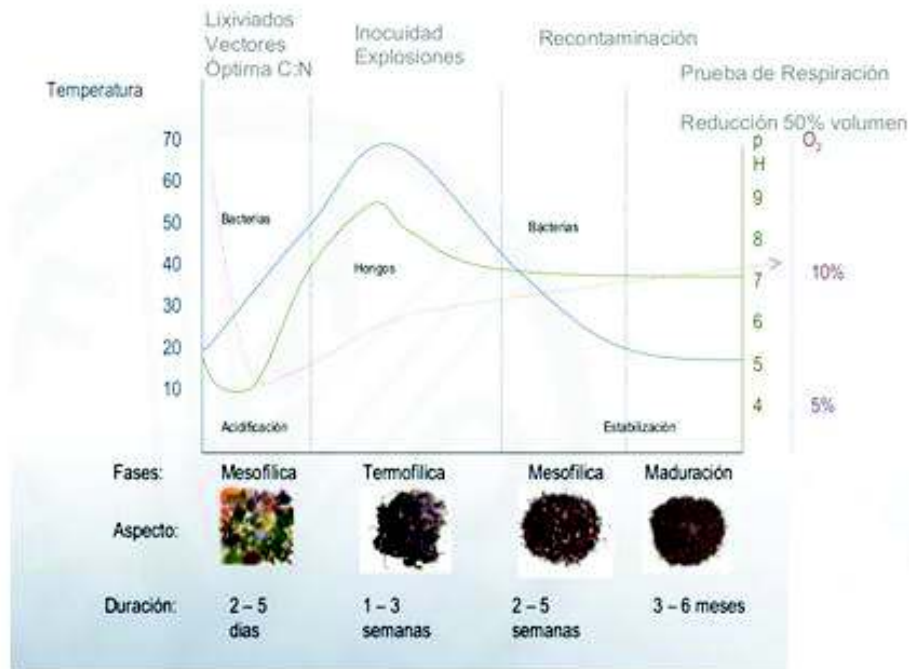
Al disminuir la temperatura los organismos mesofílicos se reactivan e inician su actividad.

Esta fase puede durar varias semanas y por la similitud con la fase de maduración puede confundirse con la misma (MARINO, 2004).

### **Fase de maduración**

Esta etapa puede durar hasta 3 meses donde la temperatura y el pH se estabilizan. Si el pH es ácido también puede indicar que el compost aún no está maduro. También la parte menos biodegradable de la materia se degrada por la colonización de organismos y microorganismos que ayudan a este proceso. El aspecto final del

compost tiene un color negro y un olor particular a tierra y por ende no se debe reconocer el material inicial (MARINO, 2004).



**Figura 3.** Fases del compostaje (FAO, 2013).

### Lombricultura

La lombricultura es un procedimiento realizado en cajones elevados (sobre el suelo), que se encarga de reciclar y transformar los residuos orgánicos en abono natural, para enriquecer las condiciones físico-químicas de los suelos. Este abono es aprovechado por las plantas y transforma los suelos áridos o secos en suelos fértiles (López, 2010).

Esta tecnología se basa en la crianza de lombrices para la elaboración de abono o humus a partir de un sustrato orgánico como son los residuos sólidos orgánicos. Se realiza mediante un proceso de descomposición natural muy similar al compostaje, en el cual todo el material orgánico utilizado es transformado por microorganismos (hongos, bacterias, actinomicetos, levaduras, etc.) que ya se encuentran en el medio, y adicionalmente por el sistema digestivo de la lombriz (VALLE, 2010).

Además Ángel Godofredo Sermeño, 2012 menciona que en este tipo de tratamientos de residuos sólidos existen depredadores directos habituales de los lechos de lombricultura como los pájaros, debido a que estos excavan el sustrato con sus patas y pico. Una manera de controlar este problema es cubrir el lecho con ramas, y además evitar la evaporación y mantener la humedad.

Otras plagas notables son las hormigas y ciempiés, puesto que compiten por los alimentos o atacan a las lombrices. Para controlar plagas de hormigas es recomendable ubicar trampas de agua o residuos de café en el lecho y para evitar la presencia de ciempiés se los debe quitar de forma manual. Por ello este tipo de alternativa debe ser elevada para evitar también que las lombrices salgan de los lechos. (AGROFLOR, 2009)

## **Disposición final**

Este procedimiento es el último en la gestión integral de residuos sólidos y consiste en depositar de manera permanente los residuos sólidos. Esto se lo realiza en sitios adecuados que reciben el nombre de centros de disposición final o rellenos sanitarios (SAM, 2003).

### **1.5.10 Base legal**

A continuación se detallan las normativas a las cuales el Camal Metropolitano de Quito se encuentra sujeto, se debe tomar en cuenta que existe un marco legal amplio que regula las actividades operativas del camal, sin embargo estos no son pertinentes ya que este proyecto analiza únicamente los residuos sólidos.

- **Acuerdo Ministerial 061, Reforma del libro VI del TULSMA:** En donde se establecen principios, directrices y procedimientos para mantener la calidad ambiental del entorno, es decir, para mantener las características del ambiente y la naturaleza (Ministerio del Ambiente, 2015).
- **Acuerdo Ministerial 026:** Establece los principios, directrices y procedimientos para el registro de generadores de residuos peligrosos, su gestión y transporte, previo al licenciamiento (Ministerio del Ambiente, 2008).
- **Ley de Gestión Ambiental N° 99-37:** Establece principios y directrices de política ambiental en donde se determinan obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental, así como sanciones, límites y controles ambientales (EMRAQ-EP, 2016).
- **TULSMA, libro VI Anexo 6: Norma de Calidad Ambiental para el Manejo y Disposición Final de Residuos Sólidos no Peligrosos:** Esta Norma establece los criterios para el manejo de los residuos sólidos no peligrosos, desde su generación hasta su disposición final.



- **Ordenanza Metropolitana N° 332:** Ordenanza que establece y regula el funcionamiento del Sistema de Gestión Integral de los Residuos Sólidos del Distrito Metropolitano de Quito.
- **Ordenanza Metropolitana N° 001 del Código Municipal para el DMQ:** Ordenanza que crea la Empresa Pública Metropolitana de Rastro Quito, en donde se establece los procedimientos para la gestión de residuos sólidos generados en cada uno de sus departamentos.
- **Código Orgánico Ambiental (COA):** Norma que establece las políticas, lineamientos y regula relacionados con todos aquellos temas necesarios para la gestión ambiental adecuada, así como asegurar la calidad ambiental, gestión de residuos, entre otros.

## **2. METODOLOGÍA**

### **2.1 Tipo de investigación**

Este proyecto fue de tipo investigativo, debido que mediante revisión bibliografía y observación se recolectó información y datos. Posteriormente se determinaron las medidas para la gestión y disposición final de los residuos sólidos para que sean adecuadas en al área de estudio, reduzcan la cantidad de sólidos generados y la contaminación de los mismos.

De igual forma se consideró el análisis de la situación actual del proceso de faenamiento y se realizó una valoración o estimación de residuos sólidos generados de tipo cuantitativo y cualitativo, lo cual sustentará la investigación.

Los pasos metodológicos utilizados para el cumplimiento de los objetivos fueron los siguientes:

1. Coordinación de la logística
2. Evaluación de la situación actual
3. Estimación de residuos sólidos
4. Determinación de las medidas ambientalmente adecuadas para el manejo de residuos.

#### **2.1.1 Coordinación de la Logística**

Como primer punto fue necesario coordinar el trabajo dos meses antes, en los cuales se enviaron solicitudes al Camal Metropolitano de Quito para lograr el acceso a la empresa y la obtención información de los procedimientos realizados en el proceso de faenamiento, así como datos necesarios para la elaboración de este proyecto. Además fue necesario firmar una carta de confidencialidad en donde se detalla que los datos e imágenes obtenidas de la empresa no sean utilizados para algún otro fin que no sea académico.

De igual manera se establecieron períodos de tiempo para realizar diversas actividades, así como: observación del proceso de faenamiento, visitas a las diferentes etapas del proceso, estimación y determinación de residuos en cuanto a la cantidad y tipo de los mismos, especificación de alternativas ambientales adecuadas para el manejo de residuos y revisión de la literatura.

### **2.1.2 Evaluación de la situación actual del proceso de faenamiento del Camal Metropolitano de Quito concerniente a la generación de residuos sólidos**

La primera etapa que concierne a la evaluación de la situación actual del proceso de faenamiento del Camal Metropolitano de Quito se realizó mediante observación y análisis de la información con la que cuenta la empresa para determinar e identificar los residuos sólidos generados.

La empresa cuenta con formatos para el registro de cantidad y volúmenes de residuos sólidos tales como estiércol, contenido ruminal y decomisos generados diariamente los cuales son archivados en el Departamento de Gestión Ambiental y el Departamento de Producción para su respaldo, como se muestran en la Figura 3.

Estos datos fueron analizados y se utilizaron para complementar el siguiente paso metodológico.

### **2.1.3 Caracterización de los residuos sólidos generados en el proceso de faenamiento**

Para este proyecto no se pudo realizar una caracterización de residuos sólidos adecuada por razones de logística. Pero si se estimó y determinó el tipo y cantidad de residuos sólidos generados mensualmente, por lo cual se los clasificó en:

- **Contenido ruminal:** Al considerar que la empresa lleva registros, se cuantificó el número de viajes por cada volqueta realizados en el día, las cuales tienen una capacidad de  $6\text{m}^3$  y  $8\text{m}^3$ . La volqueta de  $8\text{m}^3$  es utilizada los días lunes, miércoles y viernes durante el proceso de faenamiento, sin embargo, cuando dicha volqueta no se encuentra disponible o presenta algún desperfecto se cuenta con un plan secundario que es la utilización de una volqueta de  $6\text{m}^3$ .

La empresa mezcla este residuo con el estiércol (sin embargo se considera que una medida apropiada de manejo ambiental es su separación para la adecuada disposición), de tal manera que la cantidad y volumen del contenido ruminal se consideró junto al volumen de estiércol y se propuso medidas para el producto mezclado.

- **Estiércol:** Las cantidades de estiércol producidas en el Camal Metropolitano de Quito se determinaron a partir del número de cabezas de ganado faenadas mensualmente.

Un bovino con un peso aproximado de 600 a 800 kg defeca entre 18 a 30 veces por día y genera entre 4 a 6 kg de estiércol por día y según la edad, raza, ambiente, dieta habitual, si produce leche o no etc. Para este estudio se determinó un valor aproximado de 5 kg de estiércol por día debido a que la mayor producción de estiércol se produce en vacas lecheras y los bovinos faenados en el Camal Metropolitano no son lecheras (Draker, 2014).

- **Decomisos:** De estos residuos se determinó el peso en (kg) de generación en el mes de mayo y junio. Las características del residuo son identificadas con anterioridad para ser dispuesto en cualquier grupo de decomisos mencionados en el paso anterior.

En la Tabla 1 se muestra el formato utilizado para el registro de la cantidad de estiércol generado.

**Tabla 1.** Registro de estiércol generado en el mes de mayo y junio.

<b>ESTIÉRCOL</b>				
<b>AÑO 2018</b>				
<b>MES</b>	<b>BOVINOS FAENANOS</b>	<b>ESTIERCOL GENERADO POR CABEZA DE GANADO BOVINO (kg)</b>	<b>TOTAL DE ESTIERCOL GENERADO (kg)</b>	<b>kg/ ANIMAL</b>
<b>MAYO</b>				
<b>JUNIO</b>				
		<b>TOTAL</b>		

En la Tabla 2 se muestra el formato utilizado para el cálculo de la cantidad de estiércol producido por animal al día.

**Tabla 2.** Cantidad de estiércol generado por animal al día.

<b>ESTIÉRCOL</b>			
<b>CANTIDAD DE ESTIÉRCOL AL DÍA (kg/ANIMAL*DÍA)</b>	<b>ANIMALES FAENADOS</b>		<b>ESTIERCOL AL DÍA * ANIMALES FAENADOS (kg/ANIMAL*DÍA)</b>
	<b>MAYO</b>		
	<b>JUNIO</b>		
<b>TOTAL</b>			

Se determinó que una vaca (bovino) genera un valor promedio aproximado de estiércol al día. Este valor de generación de estiércol al día se lo multiplicó por la cantidad de animales faenados tanto en el mes de mayo como en el mes de junio.

En la Tabla 3 se muestra el formato utilizado para el registro de la cantidad de contenido ruminal.

**Tabla 3.** Contenido ruminal generado en el mes de mayo y junio.

<b>CONTENIDO RUMINAL</b>			
<b>AÑO 2018</b>			
<b>MES</b>	<b>MAYO</b>	<b>JUNIO</b>	<b>TOTAL</b>
<b>VOLUMEN (m3)</b>			

Para determinar la cantidad de contenido ruminal generado por cada animal, se consideró la cantidad de ganado bovino y ovino faenado en los meses de mayo y junio (solo rumiantes), con el valor dado de contenido ruminal generado por cada mes. El procedimiento realizado fue: dividir el valor de contenido ruminal generado para la cantidad de ganado bovino y ovino faenado en el mes.

En la Tabla 4 se muestra el formato utilizado para el registro de la cantidad de decomisos.

**Tabla 4.** Registro de decomisos generados en el mes de mayo y junio.

<b>MESES</b>	<b>Total de decomisos patológicos y no patológicos incinerados (kg)/mes</b>	<b>Total residuos de ceniza (kg)/mes</b>	<b>Decomisos útiles para hacer harina (kg)/mes</b>
<b>MAYO</b>			
<b>JUNIO</b>			
<b>TOTAL</b>	<b>kg</b>	<b>kg</b>	<b>kg</b>

En la Tabla 5 se muestra el formato utilizado para el cálculo posterior de la cantidad de decomisos generados en kg al mes por cada animal faenado. El procedimiento fue el siguiente:

1. Suma de la cantidad de animales faenados por mes.

$$\text{Animales faenados total} = \text{Bovino} + \text{ovinos} + \text{porcinos}$$

2. Dividir la cantidad de decomisos generados al mes para la cantidad de animales faenados.

$$\text{kg de decomisos al mes} \left( \frac{\text{kg}}{\text{mes}} \right) = \frac{\text{Cantidad de decomisos generados al mes}}{\text{Animales faenados por mes total}}$$

**Tabla 5.** Kilogramos de decomisos generados al mes.

MES	ANIMALES FAENADOS / MES				DECOMISOS GENERADOS (kg)	kg GENERADOS / MES
	Bovino	Ovino	Porcino	Total		
MAYO						
JUNIO						

#### 2.1.4 Determinación de las medidas ambientalmente adecuadas

Para esto se realizó una revisión bibliográfica, recolección de datos y una estimación en cuanto a la cantidad y determinación del tipo de residuo sólido generado, previa a la especificación de las medidas ambientales adecuadas para el manejo de residuos producidos en el proceso de faenamiento del Camal Metropolitano de Quito. Para esto se realizó una matriz donde se evaluaron e identificaron las opciones más factibles y amigables con el ambiente para la gestión de los residuos sólidos producidos en el proceso de faenamiento del Camal Metropolitano de Quito. Para esta evaluación se determinó factores y sus correspondientes ponderaciones en base a la bibliografía utilizada según los estudios realizados por (Draker, 2014), (FAO, 2013), (López, 2010), y (VALLE, 2010), y el criterio técnico de las autoras. (La matriz mencionada se puede observar en la parte de resultados del presente proyecto).

#### 2.1.5 Elaboración el manual de manejo de residuos sólidos en función de la evaluación previa realizada.

Para la elaboración del manual se consideraron las primeras dos alternativas con más alta ponderación según la matriz de evaluación realizada en el paso anterior como se observa en la Tabla 13. Estas alternativas se desarrollan y adaptan a la realidad del Camal Metropolitano de Quito y se presentan en el Manual adjunto a este proyecto.

Para estas opciones existen criterios y parámetros técnicos los cuales requieren cálculos (desarrollados en el manual adjunto) que se presentan a continuación:

### **2.1.5.1 Dimensiones y especificaciones para la construcción de las pilas de la compostera y de los lechos para lombricultura.**

Dimensiones y especificaciones para la construcción de la compostera y de los lechos para la lombricultura.

Para la elaboración de las pilas o lechos, el tamaño y la altura afectan a la humedad, a la cantidad de oxígeno y a la temperatura. La altura debe ser la adecuada para que el calor producido por los microorganismos no se pierda. El tamaño de la pila o lecho está determinado por la cantidad de material que se va utilizar y el área disponible para realizar este proceso (FAO, 2013).

#### **Densidad del contenido ruminal, estiércol y restos de poda**

Para determinar la densidad del residuo se debe utilizar un recipiente con un volumen y peso conocido.

Se llena de material el recipiente y posterior a ello se pesa la cantidad de material restando el peso del recipiente para evitar errores y datos erróneos.

Para calcular el valor de la densidad se divide la masa (m) en kilogramos obtenida por el volumen (v) conocido del recipiente en metros cúbicos, con la siguiente fórmula.

$$\rho = \frac{m \text{ (kg)}}{v \text{ (m}^3\text{)}}$$

Ecuación 1. Densidad

#### **Masa total a utilizar en la mezcla de contenido ruminal, estiércol y restos de poda**

Para calcular la masa total de la mezcla de los materiales a utilizar primero se debe sumar el peso de cada uno con ayuda de la Ecuación 2 y de antemano conocer el valor en masa que se va agregar a la mezcla total de cada uno de los materiales que para este proyecto son estiércol, contenido ruminal y restos de poda.

$$m_T = m_{es} + m_{cr} + m_{rp}$$

Ecuación 2. Masa total

### **Densidad total de la mezcla de contenido ruminal, estiércol y restos de poda**

Para el cálculo de la densidad total del contenido ruminal, estiércol y restos de poda, se debe utilizar la siguiente fórmula:

$$\rho_T = \frac{mes+mcr+mrp}{ves+vcr+vrp}$$

Ecuación 3. Densidad total

### **Volumen de sustrato o materia a utilizar**

Para el cálculo del volumen total de la pila se debe utilizar la siguiente fórmula al saber que  $m_T$  es el valor de la masa total de la mezcla y que  $\rho_T$  es la densidad total de la misma.

$$V_T = \frac{m_T}{\rho_T}$$

Ecuación 4. Volumen total de la pila

### **Masa de sustrato o materia por pila o lecho a utilizar**

La cantidad de material a utilizar por pila o lecho se lo obtendrá al dividir la masa total obtenida semanalmente para el número de pilas a construir utilizando la siguiente fórmula:

$$m_p = \frac{m_T}{N_p}$$

Ecuación 5. Masa o cantidad total de materia a utilizar por pila o lecho

### **Longitud de la pila o lecho**

Para calcular la longitud de la pila se utilizó la siguiente fórmula que determina el volumen de la pila o lecho según la cantidad de material a utilizar de la misma que se despeja la longitud:

$$V_T = \frac{b \times h}{2} \times l$$

Ecuación 6. Volumen de un paralelepípedo



### Área total de la pila o lecho

El área de la pila o lecho se determina a partir de su base, longitud y altura, con la fórmula de cálculo del área de un paralelepípedo para esto se ha designado letras: a, b y c para cada uno de los lados de la pila o lecho como se observa en los datos siguientes:

$$A = ((2 (a \times b)) + ((2 (a \times c)) + ((2(b \times c)))$$

Ecuación 7. Área de un paralelepípedo

- Base (a)
- Longitud (b)
- Alto (c)

### Área base de la pila o lecho

Para el cálculo del área base de la pila o lecho se debe utilizar la siguiente fórmula:

$$A_b = l \times b$$

Ecuación 8. Área base

### Área total de las pilas o lechos

Para el cálculo del Área total de las pilas se debe utilizar la siguiente fórmula:

$$A_t = A \times N_p$$

Ecuación 9. Área total de las pilas o lechos

### Número de pasillos

Es necesario contar con un espacio entre cada una de las pilas o lechos los mismos que son denominados como pasillos. Estos pasillos están dimensionados según el tipo de sistema ya sea manual o mecánico, y para este proyecto el sistema es tipo manual y por lo mismo la dimensión se realiza en función al número, longitud y ancho de cada pila o lecho.

El primer paso es determinar el número de pasillos con la siguiente fórmula:

$$N_{pas} = N_p - 1$$

Ecuación 10. Número de pasillos

### **Distancia entre pilas o lechos**

La distancia entre cada pila o lecho se calculó con la siguiente fórmula:

$$d = \frac{b}{2} \times 2$$

Ecuación 11. Área de los pasillos

### **Base del último pasillo**

La base del último pasillo se calculó con la siguiente fórmula:

$$B_{pas} = \frac{b}{2}$$

Ecuación 12. Área último pasillo

### **Área del último pasillo**

El área del último pasillo se calculó con la siguiente fórmula:

$$A_{pas} = \frac{l}{2}$$

Ecuación 13. Altura del último pasillo

### **Área total de la compostera o lombricultivo**

Para calcular el área total de la compostera se utilizó la siguiente fórmula según los datos obtenidos:

$$A_T = b_t + h_t$$

Ecuación 14. Área total de la compostera o lombricultivo

### **Porcentaje de cada material en la mezcla total**

El porcentaje de cada material en la mezcla, se calcula al saber que la masa total es el 100 % de la mezcla de los materiales, de tal manera que la masa de cada material se debe dividir para masa total. Después se debe multiplicar por el 100% para obtener un valor en %. Para este cálculo se debe utilizar las siguientes fórmulas:

$$\% m_{es} = \frac{m_{es}}{mT}$$

Ecuación 15. Porcentaje de estiércol

$$\% m_{cr} = \frac{m_{cr}}{mT}$$

Ecuación 16. Porcentaje de Contenido ruminal

$$\% m_{rp} = \frac{m_{rp}}{mT}$$

Ecuación 17. Porcentaje de restos de poda

### **Relación Carbono/Nitrógeno Total (Estiércol, contenido ruminal y restos de poda)**

Las relaciones Carbono - Nitrógeno (C:N) utilizadas para los cálculos de este proyecto fueron:

- **Relación Carbono – Nitrógeno (C:N) del estiércol:** Según la FAO, 2013 y Home Composting, 2016, la relación C:N es de 25:1, para obtener como resultado un buen producto tanto en el proceso de compostaje como en la lombricultura.  
Según la Gestión Integral de Residuos Ganaderos como Fertilizantes, 2012, la relación carbono nitrógeno de bovinos se encuentra entre 20-30:1.
- **Relación Carbono – Nitrógeno (C:N) del contenido ruminal:** El valor de la relación C:N ideal para el contenido ruminal es de 21.32, mismo que ayudará a obtener un buen producto de compostaje y lombricultura. (Lucas, 2017).
- **Relación Carbono – Nitrógeno (C:N) de restos de poda:** Según Home Composting, 2016, el rango ideal para la relación C:N, es de 17:1 a 30:1, ya que dependerá del tiempo que tiene los restos de poda, es decir, si los restos de poda están frescos la relación C:N será más baja, mientras que sí los restos de poda se encuentran más secos la relación C:N será mayor.

Es importante mencionar que para obtener un buen producto en el proceso de compostaje y lombricultura es ideal mantener una relación C:N que se encuentre en un rango de 15:1 a 35:1, debido a que si mantenemos este rango, el material a compostar mantendrá un balance en cuanto a los parámetros que son importantes para la elaboración del mismo. (FAO, 2013).

Para calcular la relación Carbono/ Nitrógeno total de la mezcla con los materiales a utilizar como sustrato se debe utilizar la siguiente fórmula:

$$C/N_T = (\% m_{es} \times C/N_{es}) + (\% m_{cr} \times C/N_{cr}) + (\% m_{rp} \times C/N_{rp})$$

Ecuación 18. Relación Carbono/Nitrógeno total

Los valores de la relación carbono/nitrógeno de cada uno de los materiales a utilizar fueron obtenidos a partir de la bibliografía (FAO, 2013).

Hay que mencionar que con anterioridad se determinó el porcentaje y masa de cada uno de los componentes de la mezcla, logrando así un 100% de mezcla total.

Este valor en porcentaje y masa de cada material o componente a usar puede variar según la cantidad que se tenga de cada uno.

## **2.2 Métodos y técnicas**

### **2.2.1.1 Observación**

Esta técnica se utilizó para la identificación visual de los residuos sólidos en el proceso de faenamiento del Camal Metropolitano de Quito y la situación actual del mismo, de tal manera realizar la verificación y estimación de las cantidades aproximadas generadas en el período establecido.

Adicionalmente, se utilizó la técnica de observación directa e indirecta para la identificación de los lugares donde se generan y disponen actualmente los residuos sólidos.

Por otra parte se permitió tener información de campo sobre lo que ocurre en el objeto de estudio y así tener una realidad del problema.

### **2.2.1.2 Medición**

Esta técnica se empleó para cuantificar los residuos sólidos generados en el lugar de estudio.

### **2.2.1.3 Bibliográfica**

La técnica bibliográfica se utilizó para reforzar el marco teórico de la investigación del proyecto.

### **2.2.1.4 Recolección de datos**

Esta técnica de recolección de datos proporcionó la determinación del tipo de residuos sólidos y las cantidades generadas de los mismos.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Situación actual del proceso de faenamiento del Camal Metropolitano de Quito concerniente a la generación de residuos sólidos.

El Camal Metropolitano de Quito cuenta con formatos de registro los cuales fueron analizados y utilizados para la elaboración de este proyecto como se muestra en la Figura 4.

Nombre del Operario EMRAQ	Firma	Fecha de servicio	Hora de servicio	Nombre operador del servicio	Firma	Descripción / Observaciones
Edo Guano	[Firma]	21-07-18	11:51 AM	[Firma]	[Firma]	1143 ESTIÉRCOL BIODIGESTIVO
Edo Guano	[Firma]	21-07-18	12:02 PM	[Firma]	[Firma]	1155 ESTIÉRCOL BIODIGESTIVO
Edo Guano	[Firma]	21-07-18	12:30 PM	[Firma]	[Firma]	1156 ESTIÉRCOL BIODIGESTIVO
Edo Guano	[Firma]	25-07-18	9:55 AM	[Firma]	[Firma]	1157 ESTIÉRCOL BIODIGESTIVO
Edo Guano	[Firma]	25-07-18	10:15 AM	[Firma]	[Firma]	1158 ESTIÉRCOL BIODIGESTIVO
Edo Guano	[Firma]	27-07-18	9:58 AM	[Firma]	[Firma]	1159 ESTIÉRCOL BIODIGESTIVO
Edo Guano	[Firma]	27-07-18	10:30 AM	[Firma]	[Firma]	1160 ESTIÉRCOL BIODIGESTIVO
Edo Guano	[Firma]	12-08-18	10:35 AM	[Firma]	[Firma]	1161 ESTIÉRCOL BIODIGESTIVO
Edo Guano	[Firma]	14-08-18	9:45 AM	[Firma]	[Firma]	1162 ESTIÉRCOL BIODIGESTIVO
Nicole Fariña	[Firma]	16-08-18	12:00 PM	[Firma]	[Firma]	1163 ESTIÉRCOL BIODIGESTIVO
Nicole Fariña	[Firma]	16-08-18	12:20 PM	[Firma]	[Firma]	1164 ESTIÉRCOL BIODIGESTIVO
Edo Guano	[Firma]	19-08-18	10:25 AM	[Firma]	[Firma]	1165 ESTIÉRCOL BIODIGESTIVO
Edo Guano	[Firma]	19-08-18	10:45 AM	[Firma]	[Firma]	1166 ESTIÉRCOL BIODIGESTIVO
Edo Guano	[Firma]	20-08-18	9:10 AM	[Firma]	[Firma]	1167 ESTIÉRCOL BIODIGESTIVO
Edo Guano	[Firma]	21-08-18	11:25 AM	[Firma]	[Firma]	1168 ESTIÉRCOL BIODIGESTIVO
Edo Guano	[Firma]	21-08-18	12:25 PM	[Firma]	[Firma]	1169 ESTIÉRCOL BIODIGESTIVO
Edo Guano	[Firma]	21-08-18	12:25 PM	[Firma]	[Firma]	1170 ESTIÉRCOL BIODIGESTIVO
Edo Guano	[Firma]	21-08-18	11:25 AM	[Firma]	[Firma]	1171 ESTIÉRCOL BIODIGESTIVO

**Figura 4.** Registro que lleva la empresa para estiércol y contenido ruminal (EMRAQ-EP, 2018).

En esta etapa se determinó la gestión actual de la empresa con respecto a los residuos sólidos generados. El cual se detalla a continuación:

El contenido ruminal y el estiércol son almacenados de forma temporal a cielo abierto en un terreno vacío de la empresa para su posterior traslado al vivero de Caupicho y del Parque las Cuadras. Estos residuos son recogidos con una retroexcavadora y colocados en una volqueta con una capacidad máxima de 8m<sup>3</sup>. Se realizan 2 a 3 viajes diarios según la cantidad de animales faenados por día.

Los decomisos generados son separados y recolectados por personal autorizado de la empresa y por el Departamento de Veterinaria, mismos que son separados en fundas

de diferente color. Las fundas de color verde contienen decomisos patológicos que pueden ser perjudiciales para la salud humana, pero poseen microorganismos que a altas temperaturas logran ser eliminados y por lo tanto son útiles para la elaboración de harina de sangre.

Mientras que, las fundas de color rojo contienen decomisos patológicos infecciosos es decir aquellos que pueden causar daños en la salud humana y por tanto los patógenos o microorganismos presentes en este tipo de residuo no pueden eliminar fácilmente como en el caso de aquellos residuos útiles para hacer harina. Este tipo de decomiso es incinerado en la empresa, y como producto final se genera ceniza en menor cantidad, misma que es trasladada al relleno sanitario como disposición final.

Esta información es importante para justificar las estimaciones realizadas en cuanto a las cantidades generadas de residuos sólidos y diversos pasos metodológicos desarrollados en el presente proyecto.

**TOTAL DE DECOMISOS GENERADOS DE LOS PROCESOS DE FAENAMIENTO  
PARA INDUSTRIALIZACION E INCINERACION 2018**

<b>MESES</b>	<b>Total de decomisos Patológicos y No Patológicos Incinerados (Kg).</b>	<b>Total residuos de ceniza (Kg).</b>	<b>Decomisos útiles para hacer harina (Kg).</b>
<b>ENERO</b>	5802	169	5375
<b>FEBRERO</b>	4372	138	4452
<b>MARZO</b>	6208	214	6179
<b>ABRIL</b>	4926	189	5405
<b>MAYO</b>	5354	103	6428
<b>JUNIO</b>	4691	63	6375
<b>TOTAL</b>	31353	876	34214

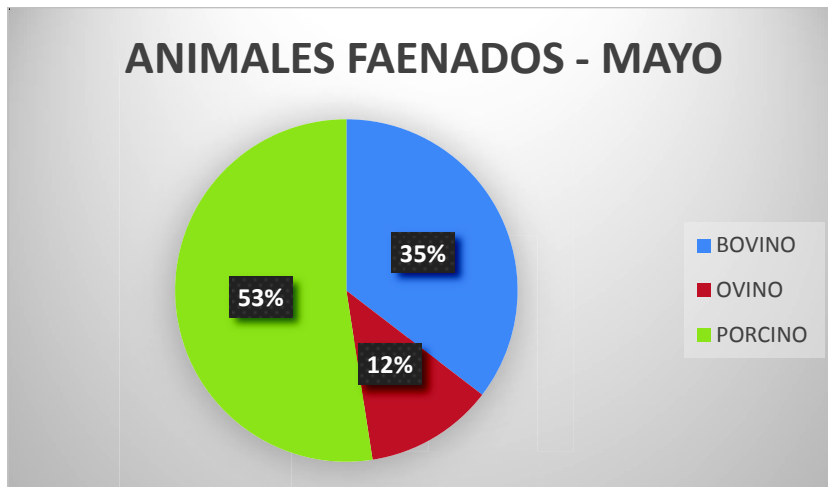
**Figura 5.** Registro de decomisos generados en el 2018 hasta el mes de junio (EMRAQ-EP, 2018).

Actualmente el Camal Metropolitano de Quito faena cerca de 167726 animales anualmente comprendidos entre ganado bovino, ovino y porcino (EMRAQ-EP, 2018).

En la Tabla 6 se muestran los datos de los registros que maneja la empresa comprendidos entre los meses de mayo y junio del 2018, los cuales fueron utilizados para la elaboración de este proyecto.

**Tabla 6.** Animales faenados en los meses de mayo y junio (EMRAQ-EP, 2018).

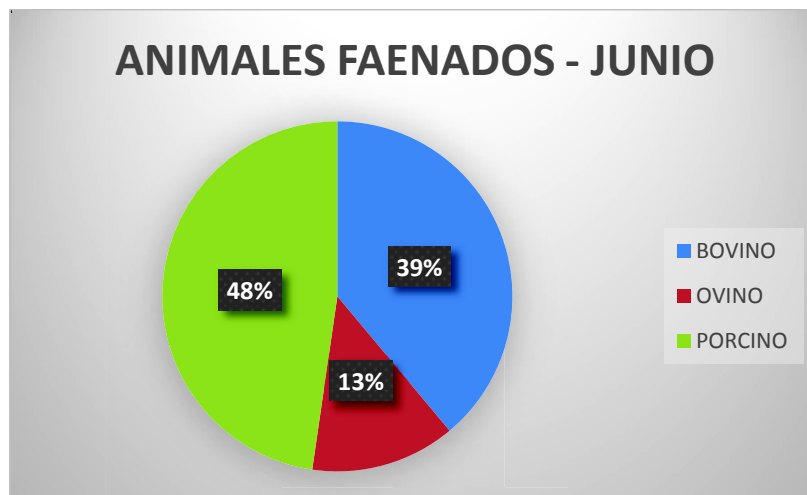
<b>ANIMALES FAENADOS</b>			
<b>MES</b>	<b>BOVINO</b>	<b>OVINO</b>	<b>PORCINO</b>
<b>MAYO</b>	5599	1919	8292
<b>JUNIO</b>	5844	2008	7163
<b>TOTAL</b>	<b>11443</b>	<b>3927</b>	<b>15455</b>



**Figura 6.** Porcentaje de animales faenados en el mes de mayo (EMRAQ-EP, 2018).

**Discusión:**

En la Figura 6 se realizó un análisis en donde se muestra el porcentaje de animales faenados en el mes de mayo, en donde se determinó que el ganado porcino con un porcentaje de 53% fue el mayor faenado en el mes, seguido del ganado bovino con 35% y por último ganado ovino con el 12%.



**Figura 7.** Porcentaje de animales faenados en el mes de junio (EMRAQ-EP, 2018).



## **Discusión:**

En la Figura 7 se muestra un análisis del porcentaje de animales faenados en el mes de junio y se determinó que el ganado porcino con un porcentaje de 48% fue el mayor faenado en el mes, seguido del ganado bovino con 39% y por ultimo ganado ovino con el 13%.

Se consideró importante tomar en cuenta los datos de la cantidad de animales faenados en los meses de mayo y junio, debido a que, en base a estos valores se logró determinar posteriormente que cantidad de residuos se genera por cada animal. Además en estos dos meses no existieron grandes variaciones en cuanto a la cantidad de animales faenados.

### **3.1.1 Principales fuentes de generación de residuos sólidos en cada uno de los procesos del faenamiento**

Mediante observación se logró identificar los residuos sólidos producidos en cada uno de los procesos que se llevan a cabo en el faenamiento de animales, mostrados a continuación:

#### **Proceso de recepción**

En esta etapa los animales son receptados, se procura el cumplimiento con la documentación emitida por el Departamento de Agrocalidad, en donde los animales son identificados, pesados y ubicados en sus corrales para cumplir con las medidas sanitarias de prevención, durante el tiempo que determine la ley (EMRAQ-EP, 2015).



**Figura 8.** Recepción de animales (EMRAQ-EP, 2015).

### Proceso de corralaje

Luego de la recepción de los animales estos permanecen en los corrales por un tiempo aproximado de 12 horas, antes de su matanza, en donde son hidratados, descansan y se relajan (EMRAQ-EP, 2015). En este proceso se generan grandes cantidades de estiércol, mismo que es recolectado y trasladado a un terreno que posee la entidad, para su posterior secado y transporte a los viveros más cercanos de la localidad.



**Figura 9.** Corralaje de animales – ganado bovino. (FUEL & GUALOTUÑA, 2018).

### Proceso de arreo y duchado

Una vez aceptado y cancelados los valores o tasas correspondientes al servicio de faenamiento de los animales, éstos se trasladan al proceso de duchado en donde son sometidos a una higienización inicial (EMRAQ-EP, 2015). En este proceso el residuo que se genera en mayor cantidad es el estiércol.



**Figura 10.** Duchado de animales (EMRAQ-EP, 2015).

### **Proceso de noqueo**

Con el uso de una pistola neumática, se insensibiliza al animal para ser sacrificado y evitarles sufrimiento a la hora del degüello (EMRAQ-EP, 2015). En este proceso se generan grandes cantidades de estiércol debido a que los animales luego de ser degollados en ocasiones expulsan involuntariamente este residuo.



**Figura 11.** Proceso de noqueo – ovinos (FUEL & GUALOTUÑA, 2018).

### **Proceso de izado**

El animal es colgado en ganchos que son trasladados por un riel para facilitar su movilidad al proceso de desangrado (EMRAQ-EP, 2015). En esta etapa no se producen residuos sólidos debido a que únicamente se transporta al animal a la siguiente etapa.



**Figura 12.** Izado de animales (FUEL & GUALOTUÑA, 2018).

### **Proceso de sangrado y degüello**

Se realiza un corte en el cuello del animal, para que se desangre, la sangre es depositada en una canaleta especial, para su posterior procesamiento en donde será transformada en harina sangre (EMRAQ-EP, 2015). En este proceso las cabezas producto del degüello son enviadas por un canal que conduce a un contenedor y luego enviadas al incinerador que posee la empresa para su transformación en cenizas las cuales son enviadas al relleno sanitario, mientras que el estiércol producido es recolectado y almacenado de forma temporal en un terreno de la empresa para después ser trasladado a viveros y ser utilizado como abono.



**Figura 13.** Desangrado y degüello (FUEL & GUALOTUÑA, 2018).

### **Proceso de corte de patas y cabeza**

Etapa en la cual se cortan las patas y la cabeza del animal (EMRAQ-EP, 2015). En este proceso se producen grandes cantidades de decomisos, así como patas, cuernos y cabezas. Tanto las patas como los cuernos son enviados por un canal a un contenedor de almacenamiento, mientras que las cabezas restantes del proceso anterior son enviadas al incinerador.



**Figura 14.** Corte de patas y cabeza del animal (FUEL & GUALOTUÑA, 2018).

### **Proceso de desollado**

Proceso realizado con maquinaria el cual simplifica y ahorra tiempo al desollar al animal separando el cuero y la carnosidad (EMRAQ-EP, 2015). En este proceso el residuo que más se genera son cerdas y pieles, las mismas que son extraídas a máquina. No se consideró su gestión en este proyecto. Debido a que éstas son extraídas y almacenadas en contenedores que luego son entregadas a cada propietario del animal faenado.



**Figura 15.** Proceso de desollado (FUEL & GUALOTUÑA, 2018).

### **Proceso de eviscerado**

Procedimiento mediante el cual se extraen del animal sus órganos internos también llamados vísceras (EMRAQ-EP, 2015). Este proceso es el que se lo consideró más importante debido a que se producen grandes cantidades de contenido ruminal y vísceras. El contenido ruminal generado es recolectado mediante succión y expulsión de una tubería hacia una volqueta, el cual es mezclado con el estiércol para su



almacenamiento temporal en un terreno de la empresa, mientras que las vísceras son clasificadas y almacenadas en contenedores para su posterior comercialización.



**Figura 16.** Proceso de eviscerado (FUEL & GUALOTUÑA, 2018).

### **Proceso de fisurado**

Etapa en donde el animal faenado, con ayuda de una sierra eléctrica es cortado de manera longitudinal en la columna vertebral (EMRAQ-EP, 2015). En este proceso los residuos que más se producen son los huesos.



**Figura 17.** Proceso de fisurado (FUEL & GUALOTUÑA, 2018).

### **Proceso de inspección veterinaria post mortem**

Procedimiento mediante el cual se determina y evalúa la calidad y el estado en el que se encuentra la carne de los animales faenados la cual es revisada por el veterinario de la empresa (EMRAQ-EP, 2015).



**Figura 18.** Inspección veterinaria post mortem (EMRAQ-EP, 2015).

### **Proceso de higiene y desinfección**

Etapa en donde se realiza la desinfección del animal aplicando agua a presión o ácido orgánico, para evitar posibles contaminaciones de la manipulación y el eviscerado (EMRAQ-EP, 2015).



**Figura 19.** Aplicación de agua a presión en el proceso de higiene y desinfección (FUEL & GUALOTUÑA, 2018).

### **Almacenamiento de contenido ruminal y estiércol**

El contenido ruminal generado es recolectado mediante succión y expulsión por una tubería hacia la volqueta, mientras que el estiércol es recogido de los corrales con palas por los operarios de la empresa, para después ser trasladados y dispuestos en conjunto. Esto se realiza como un almacenamiento temporal a cielo abierto en un

terreno vacío dentro de la empresa para su posterior traslado al vivero de Caupicho y del Parque las Cuadras.



**Figura 20.** Almacenamiento de contenido ruminal (FUEL & GUALOTUÑA, 2018).



**Figura 21.** Almacenamiento de estiércol y contenido ruminal a cielo abierto (FUEL & GUALOTUÑA, 2018).

### **Almacenamiento de decomisos**

Los decomisos generados son separados y recolectados por personal autorizado de la empresa y por el Departamento de Veterinaria, mismos que son separados en fundas de diferente color. Las fundas de color verde contienen decomisos patológicos que pueden ser perjudiciales para la salud humana, pero poseen microorganismos que a altas temperaturas logran ser eliminados y por lo tanto son útiles para la elaboración de harina de sangre. Este tipo de decomisos es almacenados en fundas de color verde para ser diferenciados de los decomisos patológicos infecciosos, lo que significa que dentro de ellas se encuentran los decomisos útiles para hacer haría de sangre y así evitar algún tipo de confusión por los operarios de la empresa, los mismos que son



trasladados inmediatamente al área de grasería para ser colocados en la caldera y por ende ser transformados en harina de sangre.

Mientras que, las fundas de color rojo contienen decomisos patológicos infecciosos, es decir aquellos que pueden causar daños en la salud humana, por lo tanto, los patógenos o microorganismos presentes en este tipo de residuo no se pueden eliminar fácilmente como en el caso de aquellos residuos útiles para hacer harina. Este tipo de decomiso es incinerado en la empresa, de tal manera que como producto final se genera ceniza en menor cantidad, misma que es trasladada al relleno sanitario como disposición final.



**Figura 22.** Almacenamiento de decomisos, disposición en fundas (FUEL & GUALOTUÑA, 2018).

### **Incineración de decomisos**

Este proceso es una forma de gestión de aquellos decomisos patológicos o infecciosos, para los cuales no existe algún tipo de tratamiento, por ende son incinerados. Estos residuos son almacenados en el área del incinerador ubicado en el sureste de la empresa y se realiza después de recolectar una cantidad moderada de decomisos, pero se recomienda realizarlo inmediatamente para evitar malos olores o presencias de vectores.



**Figura 23.** Incinerador (FUEL & GUALOTUÑA, 2018).

### **3.1.2 Gestión de residuos sólidos previo a la elaboración de este proyecto**

De igual manera hay que mencionar que el Camal Metropolitano de Quito en conjunto con la Empresa Eléctrica Quito y el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER) construyeron biodigestores dentro de la empresa para el aprovechamiento de los residuos sólidos tales como contenido ruminal que se produce en el faenamiento de los animales. Con la finalidad de calentar agua utilizada en los procesos ligados al camal y tener un ahorro de gas licuado de petróleo que es el combustible que se utiliza.

La piscina recibía diariamente  $4\text{m}^3$  de residuos, hay que tener en cuenta que la capacidad del tanque es de  $20\text{m}^3$  y que los residuos deben permanecer de 2 a 3 meses para que se genere gas metano.

Tiempo después los biodigestores producían malos olores y existió problemas con los mismos por su mantenimiento y porque dentro de la entidad no se contaba con personal capacitado para su control. Por seguridad de la empresa se procedió a gestionar el retiro de los biodigestores para evitar accidentes y malestar en la comunidad.

### **3.1.3 Evaluación de la situación actual del proceso de faenamiento**

Para evaluar la situación en la que se encuentran los procesos que se llevan a cabo para el faenamiento de animales, se establecieron tablas donde se describen ciertos factores que se deben cumplir, los mismos que fueron evaluados mediante la observación y revisión bibliográfica como se observa en la Tabla 7.

**Tabla 7.** Factores utilizados para la evaluación de la situación actual del Camal Metropolitano de Quito.

FACTOR	REQUIERE INSPECCIÓN	REQUIERE CONTROL	REQUIERE MANTENIMIENTO	ADECUADO	INADECUADO	RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES
<b>Higiene y limpieza en cada proceso</b>		X			X	Es recomendable implementar pisos o bandas antideslizantes y limpiar adecuadamente cada residuo generado en cada proceso.
<b>Almacenamiento de decomisos generados</b>		X		X		Se recomienda evitar la acumulación de decomisos por periodos prolongados de tiempo.
<b>Almacenamiento de estiércol y contenido ruminal</b>	X	X			X	No es recomendable almacenar por mucho tiempo este residuo debido a que puede generar olores y gran cantidad de vectores como moscas. También se debe considerar un almacenamiento cerrado que evite el contacto con la precipitación y también la contaminación con aguas subterráneas. Además es de gran importancia cercar el espacio donde se recolecta el contenido ruminal para evitar contaminación alrededor del lugar, debido a la presión que ejerce la tubería al enviar el contenido ruminal a la volqueta y de igual forma evitar accidentes con personas que estén cerca del lugar.

Continuación Tabla 7:

<b>Transporte de estiércol</b>				X		Recolectar y transportar de manera inmediata este residuo para evitar malos olores o presencia de vectores.
<b>Transporte de contenido ruminal</b>				X		Transportar de manera inmediata luego de que la volqueta se llene ya que esta puede desbordar su contenido y causar malos olores y presencia de vectores.
<b>Transporte de decomisos</b>			X	X		Es recomendable transportar y separar los decomisos de manera inmediata luego de su generación para evitar malos olores y presencia de vectores.
<b>Disposición final de estiércol y contenido ruminal</b>	X				X	Evitar un almacenamiento permanente de estos residuos en la empresa.
<b>Disposición final de decomisos</b>			X	X		Los residuos de ceniza son enviados al relleno sanitario para su disposición final si ningún tipo de contaminación debido a que en el proceso de incineración todos los patógenos existentes son eliminados para ser dispuestos sin problema.

**Discusión:**

En la Tabla 7 se evaluó la situación actual del Camal Metropolitano de Quito en base a ciertos factores relacionados con la generación, transporte y disposición final de los residuos generados en mayor cantidad en el proceso de faenamiento. Con el fin de

mejorar la gestión, evitar la generación de impactos y evitar problemas de salubridad o de salud humana con la comunidad donde está ubicada la empresa.

La gestión de decomisos se determinó según la importancia de realizar una inspección y control del almacenamiento y transporte de los mismos residuos, debido a que la acumulación de estos en periodos prolongados de tiempo, en una determinada área o espacio y sin un control pueden causar la aparición de malos olores y vectores, como moscas, gusanos, entre otros debido a su descomposición.

Mientras que para la gestión y disposición final del contenido ruminal y estiércol, es recomendable no almacenarlos por periodos prolongados de tiempo, debido a que puede generar olores y gran cantidad de vectores como moscas.

También se debe considerar un almacenamiento cerrado que evite el contacto con la precipitación y la contaminación con aguas subterráneas.

Además, como medida de seguridad se determinó que se debe destinar áreas o espacios adecuados para el almacenamiento y disposición final de los residuos generados, colocar la señalética y evitar el ingreso de personas ajenas a la empresa a estos lugares para evitar accidentes, debido a que actualmente el almacenamiento se lo realiza sin ningún tipo de restricción.

Según la evaluación y la observación realizada a lo largo de este proyecto se puede identificar que los lugares de almacenamiento no son los más adecuados para la gestión y almacenamiento de residuos tales como el contenido ruminal y que se puede mejorar, mediante análisis posteriores para su adecuada disposición de tal manera evitar problemas ambientales en la empresa.

### **3.2 Caracterización de los residuos sólidos generados en el proceso de faenamiento del Camal Metropolitano de Quito.**

En la Tabla 8 y 9 se muestra los valores obtenidos en la valoración y estimación de residuos totales de estiércol y contenido ruminal en el mes de mayo y junio.

Como se menciona anteriormente, el contenido ruminal y el estiércol se mezclan en el almacenamiento temporal, lo cual imposibilita su pesaje, por lo que se determinó mediante cálculos basados en la revisión bibliográfica.

**Tabla 8.** Total de estiércol generado en los meses de mayo y junio en el proceso de faenamiento (EMRAQ-EP, 2018).

<b>ESTIÉRCOL</b>			
<b>CANTIDAD DE ESTIÉRCOL AL DÍA (kg/ANIMAL*DÍA)</b>	<b>ANIMALES FAENADOS</b>		<b>ESTIERCOL AL DÍA * ANIMALES FAENADOS (kg/ANIMAL*DÍA)</b>
5 kg	<b>MAYO</b>	5599	27995
	<b>JUNIO</b>	5844	29220
<b>TOTAL</b>		11443	57215

**Tabla 9.** Total de volumen de contenido ruminal generado en los meses de mayo y junio en el proceso de faenamiento (EMRAQ-EP, 2018).

<b>CONTENIDO RUMINAL</b>			
<b>AÑO 2018</b>			
<b>MES</b>	<b>MAYO</b>	<b>JUNIO</b>	<b>TOTAL</b>
<b>VOLUMEN (m<sup>3</sup>)</b>	160	168	328

El volumen total de residuos sólidos de contenido ruminal en el mes de mayo y junio fue de 328 (m<sup>3</sup>).

En la tabla 10 se muestra la cantidad de contenido ruminal generado.

**Tabla 10.** Contenido ruminal (m<sup>3</sup>) generado en el mes de mayo y junio (EMRAQ-EP, 2018).

<b>MES</b>	<b>ANIMALES FAENADOS/ MES</b>		<b>TOTAL</b>	<b>CONTENIDO RUMINAL m<sup>3</sup> / MES</b>	<b>CONTENIDO RUMINAL m<sup>3</sup> / ANIMAL</b>	<b>kg / ANIMAL</b>
	<b>Bovino</b>	<b>Ovino</b>				
<b>MAYO</b>	5599	1919	7518	160	0.021	23.814
<b>JUNIO</b>	5844	2008	7852	168	0.021	23.814

#### **Discusión:**

En la Tabla 10 se muestra la cantidad de contenido ruminal generado en kilogramos por animal faenado. Estos valores no presentan variaciones en los meses de mayo y junio, debido a que son meses que se faenan aproximadamente el mismo número de

animales, por lo que se genera un promedio de 23.814 kg/ animal de contenido ruminal.

Es importante considerar que, la densidad del contenido ruminal es 1134 kg/m<sup>3</sup> (calculado descrito en el manual adjunto), con esto se calculó la generación de kg de contenido ruminal para cada mes, lo cual permitió determinar que este residuo se produce en gran cantidad, sin embargo puede ser manejable por parte de la empresa debido a que no se queda almacenado de manera permanente sino que, se lo envía a los viveros más cercanos y una parte de este puede ser utilizado para la elaboración de compostaje y lombricultura.

En la Tabla 11 se indica el total de los decomisos generados en la empresa en los meses de mayo y junio del año 2018.

**Tabla 11.** Total de decomisos generados en los meses de mayo y junio en el proceso de faenamiento (EMRAQ-EP, 2018).

<b>MESES</b>	<b>Total de decomisos patológicos y no patológicos incinerados (kg/mes)</b>	<b>Total residuos de ceniza (kg/mes)</b>	<b>Decomisos útiles para hacer harina (kg/mes)</b>
<b>MAYO</b>	5354	103	6428
<b>JUNIO</b>	4691	63	6375
<b>TOTAL</b>	<b>10045 kg</b>	<b>166 kg</b>	<b>12803 kg</b>

#### **Discusión:**

En la Tabla 11 se observa la estimación en cuanto a la cantidad generada de este tipo de residuos que reflejó un peso total de 10045 (kg) de decomisos patológicos y no patológicos que fueron incinerados por no ser aptos para consumo humano por sus características microbiológicas determinadas mediante la inspección veterinaria previa o por no ser útiles para la realización de harina sangre. También se puede observar un total de 166 (kg) de residuos de ceniza después de realizada la incineración y un total de 12803 (kg) de decomisos útiles para hacer harina. De estos últimos residuos útiles para hacer harina se propusieron alternativas de gestión, debido a que los residuos patológicos son incinerados y según su composición microbiológica puede causar daños a la salud y son considerados como no aptos para el consumo humano o para su reutilización así como la ceniza.

En la Tabla 12 se muestra el total de los decomisos generados por cabeza de animal faenado.

**Tabla 12.** Decomisos generados (kg) por animal faenado en el mes de mayo y junio.

MES	ANIMALES FAENADOS / MES				DECOMISOS GENERADOS (kg)	kg GENERADOS / MES
	Bovino	Ovino	Porcino	Total		
<b>MAYO</b>	5599	1919	8292	15810	6428	0.41
<b>JUNIO</b>	5844	2008	7163	15015	6375	0.42

En la Tabla 12 se observa que por cabeza de animal faenado se produjeron aproximadamente 0.41 kg de decomisos en el mes de mayo y 0.42 kg de decomisos en el mes de junio, comprendidos entre patas, cuernos y huesos.

### **3.3 Usos o alternativas para la gestión del estiércol y contenido ruminal**

Las alternativas propuestas para la gestión del estiércol y contenido ruminal fueron:

#### **Compostaje**

Hace mucho tiempo atrás, el compostaje era utilizado para mejorar la calidad del suelo, en la actualidad es una de las alternativas más comunes para la reducción de residuos sólidos en los rellenos sanitarios o lugares de disposición final (Conciencia Eco, 2013).

El compostaje es el proceso de transformación de material orgánico en abono mediante la descomposición. El material orgánico es rico en nutrientes que benefician el crecimiento de plantas y fortalecen las propiedades del suelo convirtiéndolo en fértil.

Para obtener compost es necesario agregar materiales ricos tanto en carbono como en nitrógeno, lo cual permite que se mantengan ciertos factores en rangos ideales, tales como: pH, humedad, aireación y temperatura, para de esta manera obtener compost de buena calidad.

#### **Lombricultura**

La lombricultura es un proceso realizado en estructuras tipo cajón, encargado de reciclar y transformar los residuos orgánicos en abono natural, para enriquecer las condiciones físico-químicas de los suelos. Este abono es aprovechado por las plantas



y transforma los suelos áridos o secos en suelos fértiles, aumentando su productividad (López, 2010).

Esta tecnología se basa en la crianza de lombrices para la elaboración de abono o humus a partir de un sustrato orgánico como son los residuos sólidos orgánicos. Se realiza mediante un proceso elevado (sobre el suelo) de descomposición natural muy similar al compostaje, en el cual todo el material orgánico utilizado es transformado por microorganismos (hongos, bacterias, actinomicetos, levaduras, etc.) que ya se encuentran en el medio, y adicionalmente por el sistema digestivo de la lombriz (VALLE, 2010).

## **Biogás**

El biogás es un tipo de energía renovable que logra sustituir a los combustibles fósiles y con el cual se puede generar electricidad con ayuda de motores que vayan conectados a un generador como lo mencionan Andino & Martínez, 2015. Sin embargo, también comentan que la producción de biogás trae consigo varias desventajas, así como: infraestructura compleja las cuales permitan el adecuado flujo de gases producidos en el interior del biodigestor y de altos costos, excesiva producción de dióxido de carbono y necesidad de personal capacitado para realizar la conexión al generador, así como también de su funcionamiento.

Los gases producidos en el interior del biodigestor deben disponer de accesorios o conductos por los cuales el biogás producido pueda salir hacia una estructura o generador que posterior a esto produzca electricidad (Andino & Martínez, 2015)

### **3.3.1 Usos o alternativas para la gestión de decomisos**

Las alternativas de reutilización que se determinaron en este proyecto y en base a la revisión bibliográfica correspondiente para la gestión de decomisos fueron las siguientes:

#### **3.3.1.1 Usos o alternativas para la gestión de huesos**

Las alternativas propuestas para la gestión los huesos fueron las siguientes:

#### **Alimento para aves**

Elaborar alimento para aves conlleva un proceso bastante complicado debido a que es necesario hacer una minuciosa selección del material ideal para su elaboración y los procedimientos que se debe seguir, ya que se utilizan equipos especializados los cuales necesitan de personal capacitado para su manipulación. Es por eso que la

elaboración del alimento de aves hecho con huesos es un tanto complicada, y uno de los procesos utilizados para la misma es mediante el proceso de caldera abierta, que es sumamente peligroso.

Actualmente, el proceso más utilizado es con autoclave, misma que es un recipiente metálico en donde se puede colocar grasa, huesos y demás residuos de animales, se sella y se le inyecta vapor a presión por un tiempo aproximado de 12 horas. Luego se extrae el producto y se lo somete a un proceso de secado. Posteriormente el producto es empacado para su distribución y venta (Draker, 2014).

## **Gelatina**

Los huesos provenientes de los mataderos contienen:

- Proteínas que forman los cartílagos que contienen grandes cantidades de colágeno, que son el componente con alto contenido proteico.
- Grasas, que contienen grandes cantidades de glicerol y ácidos grasos con alto contenido de carbono.
- Hueso con alto contenido de fosfato de calcio, con una estructura compleja con partes porosas y partes compactas.

El colágeno posee varias características, así como: la dureza y a la vez alta flexibilidad, ya que se encuentra constituido por varias cadenas de aminoácidos. Estas cadenas pueden ser separadas por hidrólisis dando como resultado las gelatinas que son proteínas solubles en agua caliente pero que al enfriarse forman geles.

Las propiedades y con ellas los usos de las gelatinas dependen de la forma en la que fueron obtenidas, de la presencia de impurezas y del tipo de proceso que se siguió para su producción (Fundación NEXUS, 2012).

## **Harina fertilizante**

Los fertilizantes cumplen la función de aportar nutrientes a las plantas y al suelo. Para que éstos puedan ser asimilados deben estar en una forma soluble en agua (Fundación NEXUS, 2012)

La harina de huesos puede ser usada como fertilizante, por ejemplo se la usa en la producción de tomate orgánico. Si bien el contenido de grasa en harina de hueso no es deseable en un fertilizante sus contenidos de nitrógeno y fósforo la hacen óptima para algunos usos. De hecho se la aprovecha tradicionalmente como fertilizante en viñedos y huertas. Además pueden ser utilizados en plantaciones de frutas, en cultivos

de hortalizas, en parques y jardines, esto beneficiará a la plantación debido a que si esta harina de hueso es utilizada como abono o fertilizante, esta posee varios nutrientes que beneficiarán su crecimiento (Fundación NEXUS, 2012).

### **3.3.1.2 Usos o alternativas para la gestión de cuernos**

Las alternativas propuestas para la gestión los cuernos fueron las siguientes:

Los cuernos de reses vacunas, ovejas y cabras se trabajan mecánicamente. Se utilizan en la fabricación de mangos de cuchillos, botones e imitaciones de conchas de tortuga, portalápices y floreros. Los desperdicios de dichas partes se convierten en harina de cuerno, usada como abono, pues contiene 10% de nitrógeno (Cabrera, 2011).

#### **Mangos de cuchillos**

La elaboración de mangos de cuchillos se lo puede hacer de manera artificial o natural. La primera es usar materiales y tecnologías perfeccionadas por el hombre y que implican gran cantidad de recursos y conocimientos, mientras que la forma natural es utilizar madera o cuernos de animales que luego de procesos de lavado se los adapta al gusto del consumidor.

Para la elaboración de mangos de cuchillos se los consideró como ideales a los cuernos de ciervo, búfalo y toro, pero su elaboración y mantenimiento son complicados debido a que si no son sometidos a una desinfección especial estos pueden llegar a llenarse de microorganismos y gusanos que pueden afectar la calidad del producto e incluso afectar a los usuarios de los mismos.

#### **Botones**

Para la fabricación de botones con cuernos de animales es necesario seguir una serie de procedimientos los cuales ayudan tanto a mantener las características físicas del cuerno o partes del mismo y a dar un tratamiento adecuado para que su vida útil sea larga.

Es por eso que su obtención implica desinfección del cuerno, trazado del cuerno, lavado desinfectante del cuerno y tratamientos adicionales para mantener el brillo y textura, los mismos que son realizados al utilizar maquinarias, productos químicos y equipos especializados, que pocas industrias poseen (Draker, 2014).

## **Floreros**

Actualmente, los cuernos de los animales tanto de las ovejas, vacas y cabras pueden llegar a ser utilizados para la elaboración de artículos para el hogar, es por eso que luego de determinar la calidad del cuerno mediante la observación se puede llegar a elaborar floreros. Es necesario tomar en cuenta que la selección del cuerno ideal se la debe hacer en base a características físicas que este posee, así como: el color, el olor o si este posee ralladuras o hendiduras (Fundación NEXUS, 2012).

## **Portalápices**

Para la reutilización de los cuernos de un animal faenado es necesario considerar que estos no deben poseer moscos o gusanos que puedan llegar a ocasionar problemas durante su manipulación, es recomendable que antes de realizar cualquier manualidad en cuernos, es necesario que este se encuentre desinfectado y que posea sus características físicas en buen estado (Fundación NEXUS, 2012).

### **3.3.1.3 Usos o alternativas para la gestión de patas o pezuñas**

Las alternativas propuestas para la gestión de patas o pezuñas los fueron las siguientes:

## **Gelatina**

La vaca es un animal del cual se puede utilizar cada parte de su cuerpo, es por eso que se busca la manera de reutilizar las partes sobrantes luego de pasar por el proceso de faenamamiento, una de esas partes son sus patas o pezuñas, que pueden ser utilizadas para la elaboración de gelatina, tanto de manera casera como de manera industrial. Por este motivo, en este proyecto se determinó que la mejor manera para reducir su disposición final es reutilizar sus pezuñas o patas para elaborar gelatina de manera fácil y sin necesidad de utilizar equipos o materiales difíciles de obtener (Fundación NEXUS, 2012).

## **Lubricante de autos**

Desde la revolución industrial fue necesario la aplicación de lubricantes en engranes y motores de grandes maquinas, por tal razón la sociedad se vio en la necesidad de crear aceites y lubricantes con recursos que se tenía al alcance en ese entonces. De esta forma se generaron a los aceites y lubricantes de origen animal y vegetal. Los lubricantes de origen animal fueron hechos con partes de animales, así como: pezuñas y huesos, sin embargo su elaboración era bastante complicada, debido a que

era necesario realizarla por el método de decantación, en donde se buscaba separar el agua del aceite que tienen las partes de los animales mencionadas anteriormente. Además era totalmente necesario controlar la temperatura del proceso, ya que de esto dependía la viscosidad de cada producto.

Con el paso del tiempo fue necesario implementar nuevas tecnologías para obtener aceites o lubricantes más limpios y que permitan que el motor, engrane o dispositivo funcione de mejor manera (Universidad Autónoma de Nuevo León, 1992).

## **Goma**

De igual manera, para reducir el volumen y espacio en el relleno sanitario o disposición final que utilizan las partes sobrantes del ganado faenado, se determina que para evitar este inconveniente es a través de la reutilización y de manera casera la elaboración de goma de pezuñas y patas. Sin embargo, es importante tomar en cuenta, que para la selección de un buen material para realizar estas alternativas se lo debe hacer basándose en las características físicas de las mismas y así en el futuro evitar inconvenientes.

## **Harina de pezuñas o patas como abono**

Los restos de origen animal y vegetal son aquellos que aportan gran cantidad de nutrientes a las plantaciones, sin embargo, es importante considerar que, si se va a utilizar restos de animales se debe utilizar abonos hechos con partes de animales que se encuentren en óptimas condiciones es decir, que no posean microorganismos patógenos que en el futuro puedan causar enfermedades o problemas en la salud de las personas.

Además para poder obtener harina o abono de partes de animales es necesario cumplir con una serie de procedimientos que van desde la desinfección de las partes de animales hasta la cocción y molido de las mismas, lo cual implica una inversión económica alta, debido a que es necesario hacerlo con tecnologías o equipos especializados (Universidad Autónoma de Nuevo León, 1992).

### **3.3.2 Medidas ambientalmente adecuadas para el manejo de residuos producidos en el proceso de faenamiento del Camal Metropolitano de Quito.**

Previo a la determinación y comparación en la matriz diseñada de cada una de las alternativas se realizó una revisión bibliográfica, para confirmar que cada una de estas

sean viables e ideales para su implementación dentro del Camal Metropolitano de Quito. La revisión bibliográfica permitió determinar lo siguiente:

Según Montoya, 2017 en su *“Estudio de factibilidad para la implementación de una planta de compostaje para el aprovechamiento de residuos sólidos del Camal de la ciudad de Riobamba”*, se determina que el compostaje realizado con residuos producidos en el proceso de faenamiento es una alternativa viable ya que, presenta aceptación por parte de la población aledaña, al ser un proyecto que no genera impactos ambientales significativos, y que más bien genera ventajas para los agricultores de la zona y para aquellas personas que se pueden convertir en asociaciones que generen ingresos tanto con la utilización del contenido ruminal como del estiércol. Por tal razón se considera que una alternativa para la mejor gestión de las altas cantidades de estiércol y contenido ruminal en el Camal Metropolitano de Quito es el compostaje.

En cuanto a la lombricultura, se obtuvo información de proyectos que se realizaron en camales y granjas de otros países y que lograron una gran aceptación por parte de la administración y población que se encuentra en contacto con el mismo. Así por ejemplo, se realizó en el 2001, un Proyecto de Grado en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Bolivia, con el objetivo de motivar a la creación de una “planta piloto”, para procesar residuos de matadero con Lombricultura, con el fin de reciclar los residuos producidos.

La lombricultura según Rodríguez en su estudio de *“Mitigación de la contaminación por residuos sólidos de matadero y otros, mediante lombricultura, en la ciudad de Sucre, Bolivia”*, es un proceso que requiere poco espacio, mano de obra y herramientas para su realización, es por eso que se considera ideal y viable para la implementación de esta alternativa en el Camal Metropolitano de Quito, debido a que en los estudios mencionados anteriormente se realiza un estudio ambiental, económico y social, en donde se llega a la conclusión de que la Lombricultura es una alternativa que no genera grandes impactos ambientales pero que ayuda a la agricultura de pequeños y grandes productores, ya que, el resultado o producto que se obtiene es un humus que aporta grandes cantidades de nutrientes al suelo y no posee microorganismos patógenos contaminantes.

La reutilización de pezuñas, huesos y cuernos se lo puede lograr a partir de secado, autoclave e incluso con ideas o proyectos caseros que no involucren la utilización de equipos y recursos difíciles de conseguir. Según Otaño en su estudio: *“Propuesta de tratamiento por ideas innovadoras a los residuos sólidos biodegradables generados en*

*Planta Matadero de la UEB - Álvaro Barba Machado - Colombia*” y la “Sociedad India de Horticultura Avanzada” (Indian Society of Advanced Horticulture) en su estudio: “*Crafts with cow horns in Slaughterhouses*”, se considera que la implementación de ideas caseras para la reutilización de estos residuos es una idea innovadora debido a que la gente puede aprovechar esto como oportunidad de generar ingresos de manera mutua, es decir se verán beneficiados tanto la empresa, camal o matadero y las personas que se interesen en la producción de artesanías, manualidades, así como: correas, botones, portalápices, floreros y mangos de cuchillos, a gran escala puede incluso dar oportunidades a asociaciones que a través de convenios se abastezcan con el material de producción, siempre que estos se encuentren en óptimas condiciones y sean declarados como aptos luego de su generación.

Por esta razón, se considera que en base a la revisión bibliográfica de cada uno de los estudios mencionados anteriormente, estas alternativas caseras pueden ser aplicadas en camales o mataderos de forma industrial o independiente (asociaciones) debido a que esto ayudaría a reducir espacios en la disposición final en rellenos sanitarios y a evitar la acumulación en las instalaciones generando así vectores o malos olores que afecten a la población.

### **Evaluación de alternativas propuestas**

Para la gestión y reutilización de cada uno de los residuos sólidos generados en el proceso de faenamiento, se han determinado las posibles alternativas de manejo. En donde se evalúa cada una de ellas en distintos aspectos, en una escala de 1 al 5, en donde 1 significa que es una alternativa poco viable y que no cumple con las necesidades y recursos que posee la empresa para su aplicación, por otro lado un valor de 5 significa que es una alternativa viable y que llega a cumplir las necesidades y posibilidades de aplicación que tiene la empresa.

Además los porcentajes utilizados para determinar si las alternativas a evaluar son ambientalmente amigables, fueron establecidos en base al criterio de las autoras de dicho proyecto y a la posibilidad de afectación de la misma, ya sea en el proceso de elaboración o en la generación del residuo. Es así que, se determinó un valor de 5%, cuando la alternativa presenta afectaciones o altos impactos al ambiente al momento de su elaboración. Un valor de 25%, cuando la alternativa presenta de alto a mediano impacto o afectaciones al ambiente. Un valor de 50%, cuando la alternativa presenta un mediano impacto. Un 75% o 100% cuando la alternativa no presenta impactos o afectaciones y es ambientalmente amigable.

La escala de evaluación utilizada para realizar cada una de las comparaciones entre alternativas se muestra en la Tabla 13.

**Tabla 13.** Escala y criterios de evaluación para las alternativas propuestas.

PUNTAJACION CRITERIOS	MATERIAL	COSTO	REDITOS	TIEMPO	AMBIENTALMENTE AMIGABLE	MANTENIMIENTO	PERSONAL CAPACITADO
1	Utiliza equipos y materiales altamente especializados (tecnología)	Alto	Alto Plazo	5 meses	5%	Diano	Requiere ser especialista y poseer título afín
2	Caro, difícil de conseguir	Considerable	De alto a medio plazo	3 meses	25%	Dos por veces por semana	Contar con título y cursos sobre el tema
3	Utiliza equipos y materiales especiales, difíciles de conseguir	Medio	Medio plazo	1 mes	50%	Semanal	Contar con un curso afín
4	Asequible, utiliza equipo y material fácil de conseguir	Regular	De medio a corto plazo	3 semanas	75%	Cada dos semanas	Tener cierto conocimiento
5	Barato, no utiliza equipos ni material especial	Bajo	Corto plazo	1 semana o menos	100%	Mensual - No es necesario	No requiere

En la Tabla 13 se determinaron diversos criterios mismos que ayudaron a comparar cada una de las alterativas propuestas para los residuos generados en el faenamieto. Es así que se determinaron escalas, requerimientos y porcentajes para cada criterio en base al conocimiento personal de las autoras de este proyecto.

### **Estiércol y contenido ruminal**

En la Tabla 14 se muestra la comparación de las alternativas para la gestión del estiércol y contenido ruminal.



**Tabla 14.** Comparación de alternativas para estiércol y contenido ruminal.

<b>Alternativas</b> <b>Criterios</b>	<b>Compostaje</b> <b>(FAO, 2013)</b>	<b>Lombricultura</b> <b>(AGROFLOR, 2009)</b> <b>(Agrolanzarote, 2013)</b>	<b>Biogás</b> <b>(Andino &amp; Martínez, 2015)</b>
<b>Materiales</b>	5	5	2
<b>Costos</b>	5	3	1
<b>Tiempo</b>	4	4	2
<b>Réditos</b>	4	4	5
<b>Ambientalmente seguro</b>	5	5	2
<b>Mantenimiento</b>	4	4	1
<b>TOTAL</b>	<b>27</b>	<b>25</b>	<b>13</b>

#### **Discusión:**

En la Tabla 14 se evaluaron 3 alternativas en donde la suma de su puntuación indica que el compostaje con una ponderación de 27 y lombricultura con una ponderación total de 25, son las alternativas viables para el tratamiento de estos residuos. Esto se analizó según la revisión bibliográfica de los estudios realizados por (AGROFLOR, 2009) (Agrolanzarote, 2013), (FAO, 2013) y donde se menciona que el compostaje y la lombricultura no requieren de costos elevados para su construcción, ni mucho menos de personal técnico con experiencia para realizar estos proyectos y así generar un valor o rédito por el producto obtenido después de finalizado el proceso y que dichas alternativas no son un factor para ocasionar impactos ambientales. Sin embargo Andino & Martínez, 2015 mencionan que la producción de biogás o biocombustible requiere de personal altamente capacitado en el tema y con equipo de protección personal adecuado, costos altos para la creación de los biodigestores y un tiempo determinado para que funcione correctamente. También puede ocasionar explosiones en caso de no cumplir con las normas de seguridad y que requiere de un monitoreo diario sobre todo para la carga de materia orgánica.

#### **Datos utilizados para la elaboración de las pilas de compost y lechos de lombricultura.**

En las Tablas 15 y 16, se muestran los datos que fueron utilizados para la elaboración de las alternativas. Sin embargo hay que mencionar que la relaciones carbono nitrógeno fueron escogidas según la bibliografía. Sin embargo se debe tomar en cuenta que los valores varían según los autores por lo cual se decidió que el valor de la relación carbono/nitrógeno de estiércol es de 27:1 debido que en el proceso de

faenamiento se encuentran vacas lecheras que hacen que aumente la misma relación base establecida de 25:1.

La relación carbono/nitrógeno de los restos de poda será de 30:1, al dejar que los mismos se deshidraten hasta alcanzar el valor más alto de su relación.

Según la FAO, 2013, es importante tomar en cuenta el número de pilas en el que se va a distribuir el material o sustrato inicial. Para este proyecto se ha tomado como número ideal 4 pilas, valor propuesto por las autoras.

La cantidad de sustrato total a utilizar será de 1500kg semanalmente, mismo valor que será distribuido para las 4 pilas o lechos en proporciones de 375kg cada una.

**Tabla 15.** Datos utilizados para la elaboración del compostaje y lombricultura

<b>COMPOSTAJE</b>	
<b>PARÁMETRO</b>	<b>DATOS</b>
Base de la pila o lecho	1,5 m
Longitud de la pila o lecho	2,66 m
Alto de la pila o lecho	1 m
Cantidad de sustrato total a utilizar	1500 kg
Cantidad de sustrato por pila o lecho	375 kg
Volumen de la pila o lecho	2 m <sup>3</sup>
Área total de la pila o lecho	16,3 m <sup>2</sup>
Área base de la pila	4 m <sup>2</sup>
Área total de las pilas	65,2 m <sup>2</sup>
Número de pilas	4
Número de pasillos	3
Área de los pasillos	4,5 m <sup>2</sup>
Área del último pasillo	1,33 m <sup>2</sup>
Área total de la compostera	43,92 m <sup>2</sup>

**Tabla 16.** Datos utilizados para la elaboración del compostaje y lombricultura.

PARÁMETRO	DATOS
Densidad del estiércol	997 kg/m <sup>3</sup>
Densidad del contenido ruminal	1134 kg/m <sup>3</sup>
Densidad de la poda	300 kg/m <sup>3</sup>
Densidad de la mezcla de estiércol, contenido ruminal y poda	748 kg/m <sup>3</sup>
Relación Carbono-Nitrógeno del estiércol	27 /1
Relación Carbono-Nitrógeno del contenido ruminal	21,32/1
Relación Carbono-Nitrógeno de la poda	30/1
Relación Carbono-Nitrógeno total de la mezcla	25,32/1

### Pezuñas

En la Tabla 17 se muestra la comparación de las alternativas para la gestión de los decomisos como es el caso de las pezuñas.

**Tabla 17.** Comparación de alternativas para pezuñas – decomisos.

Alternativas Criterios	Gelatina	Lubricante de autos, "Aceite de pies", (FAO, 2011).	Goma	Harina de pezuñas, abono. (Bos Taurus), (Universidad Nacional Agraria "La Molina", 2015)
<b>Materiales</b>	5	1	4	2
<b>Costos</b>	5	2	5	2
<b>Tiempo</b>	4	1	4	1
<b>Réditos</b>	4	2	4	1
<b>Ambientalmente seguro</b>	5	3	5	3
<b>Mantenimiento</b>	No requiere	No requiere	No requiere	No requiere
<b>TOTAL</b>	<b>23</b>	<b>9</b>	<b>22</b>	<b>9</b>

### Discusión:

En la Tabla 17 se evaluaron varias alternativas para el manejo o reutilización de las pezuñas y patas generadas en el proceso de faenamiento, en donde se determinó

que, según el estudio realizado por (Cabrera, 2011) y (Universidad Nacional Agraria "La Molina", 2015) en donde se realizó el análisis para el proceso de fabricación de lubricante y harina de pezuñas como abono, son alternativas que involucran grandes cantidades de materiales, recursos y tiempo, razón por la cual se las consideró como alternativas poco viables para la aplicación en la empresa. Sin embargo, se determinó que las mejores alternativas son: elaboración de gelatina y goma, ya que se las puede obtener de forma casera sin la necesidad de utilizar materiales o equipos difíciles de conseguir y además en cuestiones de tiempo son alternativas rápidas de realizar.

Además según (Cabrera, 2011), en su estudio de "Desechos de Matadero como Alimento Animal", se considera que para obtener harina de pezuñas se requiere la utilización tanto de equipos como de personal capacitado, así como también la gran demanda de tiempo que esto conlleva.

### **Huesos**

En la Tabla 18 se muestra la comparación de las alternativas para la gestión de los decomisos tales como los huesos.

**Tabla 18.** Comparación de alternativas para huesos – decomisos.

<b>Alternativa</b> <b>Criterios</b>	<b>Harina fertilizante</b>	<b>Gelatina de hueso</b>	<b>Alimento para aves, (Cabrera, 2011)</b>
<b>Materiales</b>	4	5	1
<b>Costos</b>	5	5	1
<b>Tiempo</b>	4	4	2
<b>Réditos</b>	4	4	3
<b>Ambientalmente seguro</b>	5	5	3
<b>Mantenimiento</b>	4	4	2
<b>TOTAL</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>12</b>

### **Discusión:**

En la Tabla 18 se realiza una comparación con base bibliográfica en cuanto a la determinación de alternativas para el manejo adecuado o reutilización de huesos generados en el proceso de faenamiento. Se obtuvo como resultado y en base al estudio realizado por (Cabrera, 2011), que las alternativas mejores calificadas y consideradas las ideales para la aplicación en la empresa son: elaboración de harina fertilizante y elaboración de gelatina con huesos, debido a que se las puede realizar de manera rápida, se utiliza la menor cantidad de recursos y no requiere de personal especializado para su obtención.

## Cuernos

En la Tabla 19 se muestra la comparación de las alternativas para la gestión de los decomisos como es el caso de los cuernos.

**Tabla 19.** Comparación de alternativas para cuernos – decomisos (FAO, 2013).

<b>Alternativa</b> <b>Criterios</b>	<b>Portalápices con cuernos</b>	<b>Mangos de cuchillos con cuernos</b>	<b>Floreros con cuernos</b>	<b>Botones con cuernos</b>
<b>Materiales</b>	5	2	4	2
<b>Costos</b>	5	2	5	2
<b>Tiempo</b>	4	1	4	2
<b>Réditos</b>	4	4	4	2
<b>Ambientalmente seguro</b>	5	3	5	3
<b>Mantenimiento</b>	4	3	4	3
<b>TOTAL</b>	<b>27</b>	<b>15</b>	<b>26</b>	<b>14</b>

### Discusión:

En la Tabla 19 se compararon varias alternativas, para el manejo adecuado o reutilización de cuernos generados en el proceso de faenamiento, así como: fabricación de portalápices, mangos de cuchillos, floreros y fabricación de botones. Según (Cabrera, 2011), en donde realiza una comparación de las opciones o alternativas que se pueden realizar para la reutilización y minimización de los cuernos generados en el proceso de faenamiento, se obtiene como resultado que las mejores alternativas son: fabricación de portalápices y floreros con cuernos, debido a que se las puede obtener de forma casera sin la necesidad de utilizar materiales o equipos difíciles de conseguir y además en cuestiones de tiempo son alternativas rápidas de hacer.

### 3.4 Elaboración del manual de manejo de residuos sólidos en función de la evaluación previa realizada

Luego de realizar una comparación de cada una de las alternativas que pueden ser aplicadas para la gestión, manejo y reutilización adecuada de los residuos generados en el proceso de faenamiento en mayor cantidad, se detallaron las consideraciones técnicas a tomar para su elaboración y el procedimiento a realizar, las cuales son detalladas en el archivo adjunto a este proyecto: PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA EL CAMAL METROPOLITANO DE QUITO GENERADOS EN EL PROCESO DE FAENAMIENTO.

Este proyecto fue entregado en el Departamento de Gestión Ambiental del Camal Metropolitano de Quito, al Ingeniero Héctor Freire Jefe encargado del área, mismo que será responsable de realizar la socialización del plan adjunto en este proyecto.

## CONCLUSIONES

- La evaluación de la situación actual del proceso de faenamiento del Camal Metropolitano sirvió para la obtención de información relevante utilizada en este proyecto, para de esta manera proponer alternativas y recomendaciones.
- La estimación realizada de la cantidad de residuos sólidos logró determinar aquellos que son generados en grandes cantidades y volúmenes, que fueron: estiércol, contenido ruminal y decomisos. El estiércol y el contenido ruminal son mezclados y depositados en una volqueta de un volumen conocido para luego ser trasladados, ambos residuos se producen en volúmenes considerables especialmente en el proceso de eviscerado debido a que en esta etapa del faenamiento se extraen los órganos internos del animal.
- La caracterización prevista para este proyecto no pudo ser realizada de manera adecuada, debido a la logística con que se maneja la empresa y por precaución de las autoras no se pudo estar en contacto directo con el residuo de manera periódica, debido a que el lugar en el que se encontraban los residuos no cuenta con la seguridad adecuada y podría ser motivo de algún tipo de accidente. Sin embargo se realizó una estimación en cuanto a los pesos y volúmenes de cada residuo así como el cálculo de las densidades obtenidas con autorización previa del Departamento de Gestión Ambiental para su uso posterior.
- Además que con la estimación de cantidades de pudo se determinar que por cada animal faenado aproximadamente se produce un total de 23.814 kg de contenido ruminal, mismo valor que se calculó tanto para el mes de mayo como para el mes de junio, en donde no se observó variación alguna ya que son meses en donde la cantidad de animales faenados son aproximadamente iguales.
- Con la estimación de la cantidad de decomisos generados se logró determinar que por cada animal faenado se produce aproximadamente un total de 0.41 kg de decomisos en el mes de mayo y 0.42 kg en el mes de junio.
- Las alternativas para cada uno de los residuos, fueron seleccionadas mediante revisión bibliográfica que ayudó a determinar que son viables para su aplicación en el Camal Metropolitano de Quito. Es así que se escogió la realización de compostaje y lombricultura como alternativas para la gestión del contenido ruminal y estiércol, mientras que para la gestión de decomisos se escogieron alternativas caseras, tales como: elaboración de goma, gelatina, harina fertilizante, portalápices y floreros, las cuales pueden ser utilizadas para

generar réditos extras en la empresa y también ser útiles para pequeños rastros o camales.

- Cada una de las alternativas propuestas son consideradas ambientalmente viables debido a su fácil elaboración, sin necesidad de altos costos y sin provocar impactos ambientales. Hay que mencionar que las mismas fueron escogidas mediante revisión bibliográfica.
- El manual adjunto en este proyecto fue realizado con la finalidad reducir los residuos sólidos generados y darles otro uso aparte del ya existente en la empresa. El mismo puede ser comprendido por cualquier persona que desconozca del tema de alternativas de gestión de residuos sólidos de tal manera que pueda ser utilizado por personas externas a la entidad donde se elaboró el mismo.
- Es importante tomar en cuenta que las alternativas propuestas para la reutilización de los decomisos son alternativas consideradas como caseras, sin embargo, para escoger los decomisos adecuados es necesario tomar en cuenta color, olor, textura del residuo. De esta manera se asegura un buen resultado en cuanto a la elaboración de goma, gelatina, portalápices, floreros, entre otras y evitar problemas de salud con su uso.
- Según los cálculos realizados en este proyecto, las alternativas de lombricultura y compostaje cumplen con los parámetros establecidos en cuanto a la relación Carbono/Nitrógeno como lo especifica en la FAO, debido a que el valor obtenido fue de 25,32/1 y se encuentra dentro del rango de 25/1 a 35/1 según las recomendaciones para elaborar un buen sustrato.



## RECOMENDACIONES

- Se recomienda que los formatos utilizados para registros de estiércol y contenido ruminal sean más detallados con datos importantes como densidades, peso, volumen total entre otros. De la misma manera realizar pruebas aleatorias para determinar estos datos antes mencionados ya que los datos propuestos en este proyecto son solamente un aproximado.
- Es recomendable que el suelo donde se almacena de forma temporal el estiércol y contenido ruminal sea impermeabilizado para evitar contaminación en aguas subterráneas y contaminación del suelo. Según la observación realizada el área utilizada para el almacenamiento temporal de estos residuos se encuentra cercana a la planta potabilizadora de agua de la empresa y por su permanencia en este lugar la generación de lixiviados es evidente y puede afectar el agua captada que se encuentra en el pozo. Por ello se recomienda estudios a mayor profundidad de agua o la adaptación de un sistema de recolección y conducción de los lixiviados producidos por estos residuos hacia la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa y evitar futuros impactos ambientales.
- Si bien se conoce que la empresa no tiene una finalidad de realizar subproductos aparte de los ya detallados como harina o sangre, se recomienda que se hagan alianzas o convenios para realizar las alternativas propuestas como la gelatina y así obtener réditos de estos productos.
- Es recomendable realizar un análisis costo-beneficio para la adquisición de una máquina de trituración y volteo para el material de las pilas y los lechos para las alternativas propuestas tales como compostaje y lombricultura, de esta manera se podrá obtener mejores resultados en cuanto a la generación de compost y lombricompost. Además al adquirir dichas maquinarias se podrá ahorrar en la contratación de personal lo cual generara menos inversión.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aburrá, Á. M. (2006). Manual para el manejo integral de residuos en el Valle de Aburrá. Obtenido de [http://www.metrocol.gov.co/Residuos/Documents/Legislacion%20No%20peligrosos/Manual\\_Residuos\\_Solidos.pdf](http://www.metrocol.gov.co/Residuos/Documents/Legislacion%20No%20peligrosos/Manual_Residuos_Solidos.pdf)
- AGROFLOR. (2009). Manual Lombricultura. Obtenido de <http://agro.unc.edu.ar/~biblio/Manual%20de%20Lombricultura.pdf>
- Agrolanzarote. (2013). Manual práctico para la lombricultura. Obtenido de <http://www.agrolanzarote.com/sites/default/files/Agrolanzarote/01Actualidad/documentos/manual-lombricultura.pdf>
- Andino, R., & Martínez, K. (2015). Biodigestor: Una Alternativa de Innovación Socio – Económica. Obtenido de Repositorio Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua: <http://repositorio.unan.edu.ni/3895/1/8007.pdf>
- Cabrera, L. H. (2011). FAO. Obtenido de Desechos de Matadero como Alimento Animal en Colombia: <http://www.fao.org/livestock/AGAP/FRG/APH134/cap7.htm>
- Colombia, M. d. (2007). Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos. Obtenido de [http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/sustancias\\_qu%C3%ADmicas\\_y\\_residuos\\_peligrosos/gestion\\_integral\\_res\\_pel\\_bases\\_conceptuales.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/sustancias_qu%C3%ADmicas_y_residuos_peligrosos/gestion_integral_res_pel_bases_conceptuales.pdf)
- Conciencia Eco. (Octubre de 2013). Compostaje. Obtenido de ¿Qué es el compostaje?: <https://www.concienciaeco.com/2013/07/19/que-es-el-compostaje/>
- CPML-NICARAGUA. (2004). Manual de Buenas Prácticas Operativas de Producción Más Limpia para la Industria de Mataderos. Obtenido de CENTRO DE PRODUCCIÓN MAS LIMPIA: [www.cgpl.org.gt/downloads/MataderosSIGMA.pdf](http://www.cgpl.org.gt/downloads/MataderosSIGMA.pdf)
- DÁVILA, S. R. (2011). Plan de gestión de residuos del cantón Antonio Ante. Obtenido de Tesis de pregrado publicada, Facultad de Ingeniería Ambiental,

<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3743/1/CD-3437.pdf>

- Draker, D. F. (2014). Historia del reciclaje de subproductos de origen animal en Estados Unidos. New York: Adventure Sciences.
- EMRAQ-EP. (2015). Empresa Pública Metropolitana de Rastro Quito. Obtenido de <http://www.epmrq.gob.ec/index.php/servicios/faenamiento/faenamiento-bovinos>
- EMRAQ-EP. (2016). Informe de Gestión Anual.
- EMRAQ-EP. (2016). Informe de Gestión Anual. Obtenido de [http://www.epmrq.gob.ec/images/lotaip/informes/informe\\_gestion\\_2016.pdf](http://www.epmrq.gob.ec/images/lotaip/informes/informe_gestion_2016.pdf)
- EMRAQ-EP. (2018). Registros 2018. Quito.
- FAO. (2013). Manual de compostaje del agricultor. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
- Fundación NEXUS. (Julio de 2012). Obtenido de Subproductos de animales: Huesos, patas, cerdas.: [http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&ved=0ahUKEwizzLiZoLPcAhWiwAIHHb3iC8cQFghLMAU&url=http%3A%2F%2Fwww.nexus.org.ar%2Ftrabajos\\_investigacion%2FSubproductos%2520de%2520huesos%2520-%25202012.pdf&usg=AOvVaw0P97jpKAYjft0wGbuqwc-](http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&ved=0ahUKEwizzLiZoLPcAhWiwAIHHb3iC8cQFghLMAU&url=http%3A%2F%2Fwww.nexus.org.ar%2Ftrabajos_investigacion%2FSubproductos%2520de%2520huesos%2520-%25202012.pdf&usg=AOvVaw0P97jpKAYjft0wGbuqwc-)
- Garzón, I. (2010). Repositorio Digital Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de Diagnóstico ambiental del Camal Municipal de la ciudad de Santo Domingo y mejora de su gestión: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2480/1/CD-3184.pdf>
- GIR, F. (Noviembre de 2012). Gestión Integral de Residuos Ganaderos como Fertilizantes. Obtenido de Compostaje de estiércoles en agricultura ecológica: [https://www.biolur.net/documentos/descargas/Guia\\_de\\_compostaje\\_final\\_cast.pdf](https://www.biolur.net/documentos/descargas/Guia_de_compostaje_final_cast.pdf)
- Guerra, R. R. (Junio de 2013). *Repositorio Institucional de la Universidad de Las Tunas*. Obtenido de Propuesta de tratamiento por ideas innovadoras a los residuos sólidos biodegradables generados en Planta Matadero de la UEB “Álvaro Barba Machado”: <http://roa.ult.edu.cu/handle/123456789/1804>

- Herrera, H. R. (2012). Gestión integral de residuos sólidos. Obtenido de <http://digitk.areandina.edu.co/repositorio/bitstream/123456789/518/1/Gesti%C3%B3n%20Integral%20de%20Residuos%20S%C3%B3lidos.pdf>
- Home Composting. (Septiembre de 2016). *Made Easy: Step-by-step Instructions, Products and Resources*. Obtenido de The Carbon:Nitrogen Ratio (C:N): <http://www.homecompostingmadeeasy.com/carbonnitrogenratio.html>
- Indian Society of Advanced Horticulture . (2015). *New Technology: A Novel Approach in Organic Farming* . Obtenido de Handicrafts with cow horns and hooves: Research Review : [https://www.researchgate.net/publication/311971514\\_Vermiculture\\_Technology\\_A\\_Novel\\_Approach\\_in\\_Organic\\_Farming](https://www.researchgate.net/publication/311971514_Vermiculture_Technology_A_Novel_Approach_in_Organic_Farming)
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2000). III Censo Nacional Agropecuario: Panorama de la cadena agroindustrial de carnes y subproductos.
- INTEC-CHILE. (1998). División de tecnologías ambientales de la corporación de investigación tecnológica. Obtenido de Guía ambiental sector mataderos: [www.conama.cl/rm/568/articles-1019\\_rec232.pdf](http://www.conama.cl/rm/568/articles-1019_rec232.pdf)
- Ley General de Residuos Sólidos. (s.f.). Obtenido de LEY N° 27314: [http://www.upch.edu.pe/faest/images/stories/upcyd/sgc-sae/normas-sae/Ley\\_27314\\_Ley\\_General\\_de\\_Residuos\\_Solidos.pdf](http://www.upch.edu.pe/faest/images/stories/upcyd/sgc-sae/normas-sae/Ley_27314_Ley_General_de_Residuos_Solidos.pdf)
- López, A. (2010). Lombricultura. Obtenido de <http://ri.ues.edu.sv/1624/3/13101281TT.pdf>
- Lucas, A. E. (Mayo de 2017). *Repositorio Digital - EPN*. Obtenido de "Gestión del Contenido Ruminal producido en la Empresa Pública Metropolitana de Rastro Quito a través de pilas composteras y su factibilidad económica de implementación": <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17489/1/CD-7990.pdf>
- MARINO, M. D. (2004). Manual de de compostaje. Obtenido de "Manual de compostaje", "Memoria Resumen de las experiencias: [http://www.resol.com.br/cartilhas/manual\\_de\\_compostaje.pdf](http://www.resol.com.br/cartilhas/manual_de_compostaje.pdf)
- MARN. (2010). Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Obtenido de Residuos sólidos (Módulo 1):

<http://www.marn.gob.sv/download/ModulosEducacionAmbiental/ResiduosSolidos/Modulo%20I%20-%20Residuos%20S%C3%B3lidos.pdf>

- Medina Roos, J. A., & Jiménez Yáñez, I. (2001). Guía para la gestión integral de residuos sólidos municipales. México.
- Metropolitana, A. (2008). Guía para la práctica docente en el manejo integral de residuos sólidos urbanos (Primera ed., Vol. I). (A. Arias Rendón, Ed.). Quito-Ecuador.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. . (2017). Ley de Mataderos. Quito.
- Ministerio del Ambiente. (12 de Mayo de 2008). Acuerdo Ministerial 026. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Ministerio del Ambiente. (4 de Mayo de 2015). Acuerdo Ministerial 061 - Reforma del Libro VI del TULSMA. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Montoya, A. V. (Diciembre de 2017). Obtenido de Estudio de factibilidad para la implementación de una Planta de Compostaje para el aprovechamiento de residuos sólidos del Camal de la ciudad de Riobamba. : <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/7843>
- MSP-ECUADOR. (s.f.). Buenas practicas de manufactura. obtenido de certificado previo a la obtencion del permiso de funcionamiento de plantas procesadoras de alimentos artesanales: [http://instituciones.msp.gob.ec/dps/pichincha/images/stories/buenas\\_p.m\\_artesanales.pdf](http://instituciones.msp.gob.ec/dps/pichincha/images/stories/buenas_p.m_artesanales.pdf)
- Nacional, P. A. (2005). Obtenido de Producción Más Limpia para el Sector de Beneficio de Ganado Bovino y Porcino.
- QUINTERO, G. A. (2004). Repositorio Digital Escuela Politécnica de Chimborazo. Obtenido de Sistema de gestión de residuos sólidos en el camal municipal de la ciudad de Atacames: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4312/1/20T00090.pdf>
- QUITO, E. P. (2016). Informe de Gestión Anual. Obtenido de [http://www.epmrq.gob.ec/images/lotaip/informes/informe\\_gestion\\_2016.pdf](http://www.epmrq.gob.ec/images/lotaip/informes/informe_gestion_2016.pdf)

- RECYTRANS. (2013). Recytrans Soluciones Globales para el Reciclaje. Obtenido de <https://www.recytrans.com/blog/clasificacion-de-los-residuos/>
- Roberto Bobenrieth, F. E. (1985). Saneamiento de mataderos de bovinos, ovinos y porcinos. Obtenido de <http://iris.paho.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/16953/v98n3p211.pdf?sequence=1>
- Rodríguez, A. (Diciembre de 2014). *Revista de Aplicación de Ingeniería*. Obtenido de Mitigación de la contaminación por residuos sólidos de matadero y otros, mediante lombricultura, en la ciudad de Sucre - Colombia.
- SAM. (2003). Gestión integral de residuos solidos urbanos. Obtenido de Secretaria de asuntos municipales.
- SEMARNAT. (2001). Guía para la gestión integral de residuos solidos municipales. Obtenido de Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental: [www.medioambiente.oaxaca.gob.mx/wp-content/uploads/.../Guía\\_PMPGIRSU.pdf](http://www.medioambiente.oaxaca.gob.mx/wp-content/uploads/.../Guía_PMPGIRSU.pdf)
- Sermeño, A. (2012). Lombricultura una alternativa eficaz para la utilización de sustratos orgánicos a favor de la agricultura Chalateca.
- SERMEÑO, A. G. (2012). La lombricultura una alternativa eficaz para la utilizacion de sustratos organicos a favor de la agricultura Chalateca. Obtenido de <http://umoar.edu.sv/wordpress/wp-content/uploads/RESUMEN-INVESTIGACION-CIENCIAS-AGRONOMICAS-Y-FORESTAL-2015.pdf>
- TECA. (2004). Tecnologías y prácticas para pequeños productores agrarios. Obtenido de <http://teca.fao.org/es/read/5984>
- Timm, J. (2013). Gestión de residuos sólidos urbanos. Obtenido de [http://www.famargentina.org.ar/images/enlaces/gestion\\_residuos\\_solidos\\_urbanos.pdf](http://www.famargentina.org.ar/images/enlaces/gestion_residuos_solidos_urbanos.pdf)
- Universidad Autónoma de Nuevo León. (Enero de 1992). Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Obtenido de Lubricación Industrial - Tesis: <http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=17&ved=2ahUKEwj-jNL2uYPdAhWBz1MKHXjTCq0QFjAQegQIAxAC&url=http%3A%2F%2Feprints.>

uanl.mx%2F245%2F1%2F1020074593.PDF&usg=AOvVaw1CSiAAHZ0cAyB9k  
pYhZICr

- Universidad Nacional Agraria "La Molina". (2015). Obtención de harina de cuernos y pezuñas de ganado bovino (*Bos taurus*) y evaluación de su aplicación como abono orgánico. Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1925>
- VALLE, I. E. (2010). Proyecto productivo lombricultura. Obtenido de <https://ienuevagrana.wikispaces.com/file/view/Lombricultura+-+Sede+Mariscal+Robledo.pdf>

# **Anexos fotográficos**





**Figura I.** Volqueta utilizada para el transporte del contenido ruminal y estiércol. (FUEL & GUALOTUÑA, 2018).



**Figura II.** Lugar en donde se encontraba la Planta de biogás. (FUEL & GUALOTUÑA, 2018).



**Figura III.** Sistema piloto de digestión anaerobia (fallido). (FUEL & GUALOTUÑA, 2018).



**Figura IV.** Incinerador para la elaboración de harina sangre con decomisos no patógenos. Sistema de Gestión actual. (FUEL & GUALOTUÑA, 2018).



**Figura V.** Decomisos no patógenos. (FUEL & GUALOTUÑA, 2018).



**Figura VI.** Patas o pezuñas de animales faenados. (FUEL & GUALOTUÑA, 2018).



**Figura VII.** Eviscerado de ganado mayor (ganado bovino). (FUEL & GUALOTUÑA, 2018).



**Figura VIII.** Contenido ruminal producido en el proceso de eviscerado por parte de los trabajadores. (FUEL & GUALOTUÑA, 2018).



**Figura IX.** Corte de patas de ganado bovino. (FUEL & GUALOTUÑA, 2018).





**Figura X.** Transporte de vísceras del ganado mayor. (FUEL & GUALOTUÑA, 2018).



**Figura XI.** Materiales utilizados para el cálculo de densidad de restos de poda. (FUEL & GUALOTUÑA, 2018).



**Figura XII.** Pesaje de los restos de poda para el cálculo de densidad. (FUEL & GUALOTUÑA, 2018).



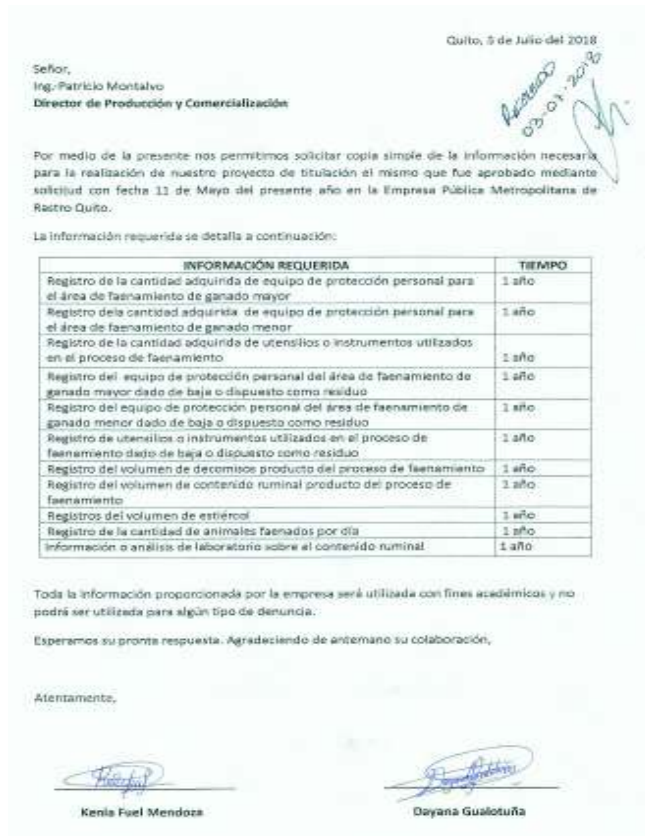
**Figura XIII.** Recolección de estiércol para el cálculo de densidad. (FUEL & GUALOTUÑA, 2018).



**Figura XIV.** Pesaje del estiércol para el cálculo de densidad. (FUEL & GUALOTUÑA, 2018).



**Figura XV.** Pesaje del estiércol para el cálculo de densidad. (FUEL & GUALOTUÑA, 2018).



**Figura XVI.** Solicitud para la obtención de información en el Camal Metropolitano de Quito.



**Figura XVII.** Carta de confidencialidad para publicar información específica en este proyecto.

MAYO. 2018			
FECHA	BOVINO	OVINO	PORCINO
MARTES 01			
MIÉRCOLES 02	398	96	592
JUEVES 03	11	73	372
VIERNES 04	471	178	330
LUNES 07	423	49	434
MARTES 08	96	50	376
MIÉRCOLES 09	353	77	474
JUEVES 10	27	41	373
VIERNES 11	469	204	213
LUNES 14	335	72	443
MARTES 15	69	41	411
MIÉRCOLES 16	337	67	378
JUEVES 17	11	40	331
VIERNES 18	448	195	240
LUNES 21	369	63	381
MARTES 22	94	65	419
MIÉRCOLES 23	365	83	413
JUEVES 24		51	342
VIERNES 25	512	200	236
LUNES 28	385	70	386
MARTES 29	56	47	415
MIÉRCOLES 30	360	97	377
JUEVES 31	10	60	356
	<b>5599</b>	<b>1919</b>	<b>8292</b>

**Figura XVIII.** Registro de la cantidad de animales faenados en el mes de mayo. (EMRAQ-EP, 2018).

JUNIO. 2018			
FECHA	BOVINO	OVINO	PORCINO
VIERNES 01	509	193	181
LUNES 04	416	80	418
MARTES 05	67	37	434
MIÉRCOLES 06	390	109	373
JUEVES 07	10	60	315
VIERNES 08	472	177	283
LUNES 11	359	74	408
MARTES 12	81	40	397
MIÉRCOLES 13	396	88	407
JUEVES 14	28		334
VIERNES 15	479	282	223
LUNES 18	369	69	422
MARTES 19	104	38	448
MIÉRCOLES 20	348	87	350
JUEVES 21	11		323
VIERNES 22	497	242	234
LUNES 25	392	70	394
MARTES 26	81	45	380
MIÉRCOLES 27	367	91	337
JUEVES 28	17		300
VIERNES 29	451	226	202
	<b>5844</b>	<b>2008</b>	<b>7163</b>

**Figura XIX.** Registro de la cantidad de animales faenados en el mes de junio. (EMRAQ-EP, 2018).




 <small>REGISTRO NACIONAL DE ESTIÉRCOL Y CONTENIDO RUMINAL EMRAQ-EP</small> <b>REGISTRO ENTREGA DE MATERIA ORGÁNICA</b> <b>(ESTIÉRCOL Y CONTENIDO RUMINAL)</b>				Versión del formato EMRAQ-REMO-01	Autorizado por: Ing. GONCE JACONE		
				Fecha Aprobación del Formato 04-04-2017	Entregado por: Edio Olaya		
Revisado por:							
N°	NOMBRE	NÚMERO DE CEDULA	CANTIDAD	LUGAR DE ENTREGA	FECHA	FIRMA	OBSERVACIÓN
	RAIMUNDO RUIZ		SM <sup>3</sup>	CUGULAGUA	02-05-2017	[Firma]	ELABORAR ABONOS PARA HACER COMPOS. PARA HACER HUMUS.
	LUPE LIRIO		SM <sup>3</sup>	UÑO CUIRO	04-03-2017	[Firma]	PARA HACER COMPOS.
	LUPE LIRIO		SM <sup>3</sup>	UÑO CUIRO	04-05-2017	[Firma]	PARA HACER COMPOS.
	JUANES JUAN		SM <sup>3</sup>	LA LIBERTAD	11-03-17	[Firma]	PARA OBRERÍA? PRODUCTOS ORGANICOS PARA SEMBRAR
	JUANES JUAN		SM <sup>3</sup>	LA LIBERTAD	12-05-17	[Firma]	PARA SEMBRAR
	JUANES JUAN		SM <sup>3</sup>	LA LIBERTAD	13-03-17	[Firma]	PARA SEMBRAR
	JUANES JUAN		SM <sup>3</sup>	LA LIBERTAD	13-03-2017	[Firma]	PARA SEMBRAR
	JUANES JUAN		SM <sup>3</sup>	LA LIBERTAD	13-03-2017	[Firma]	PARA SEMBRAR
	JUANES (TUMBACO)		SM <sup>3</sup>	TUMBACO	16-03-2017	[Firma]	PARA HACER HUMUS
	JUANES (TUMBACO)		SM <sup>3</sup>	TUMBACO	16-03-2017	[Firma]	PARA HACER HUMOS.
	JUANES (TUMBACO)		SM <sup>3</sup>	TUMBACO	18-03-2017	[Firma]	PARA HACER HUMOS
	JUANES (TUMBACO)		SM <sup>3</sup>	TUMBACO	18-03-2017	[Firma]	PARA HACER HUMOS
	JUANES (TUMBACO)		SM <sup>3</sup>	TUMBACO	20-03-2017	[Firma]	PARA HACER HUMOS
	JUANES ?		SM <sup>3</sup>	PEÑO DE JAITO	23-03-2017	[Firma]	PARA ABONAR TURBANTE.

Figura XX. Registros de la cantidad de estiércol y contenido ruminal generados en el mes de mayo. (EMRAQ-EP, 2018).



# Anexos presentación: Entrega del Plan de Manejo al Camal Metropolitano de Quito.



**Figura XXI.** Presentación de entrega del Plan de manejo de Residuos Sólidos para el Camal Metropolitano de Quito.

## OBJETIVO

- ▶ Proponer un Plan de Manejo de Residuos Sólidos para el Camal Metropolitano de Quito, el mismo que establece los lineamientos para un manejo responsable de los residuos sólidos generados en el proceso de faenamiento dentro de la entidad.



Figura XXII. Objetivo del plan.

## ALCANCE

- ▶ El presente manual es de fácil uso y entendimiento. El mismo puede ser utilizado por personas que estén relacionadas con la entidad donde se realizó este proyecto, o no. Las actividades propuestas se pueden realizar sin costos elevados, ni requerimiento de personal estrictamente capacitado para su implementación.



Figura XXIII. Alcance del plan.

## COMPOSTAJE

- ▶ Es el proceso de transformación de material orgánico en abono mediante la descomposición. El material orgánico es rico en nutrientes que benefician el crecimiento de plantas y fortalecen las propiedades del suelo, convirtiéndolo en suelo fértil.
- ▶ Para obtener compost es necesario agregar materiales ricos, tanto en carbono como en nitrógeno, lo cual permite que se mantengan ciertos factores en rangos ideales, tales como: pH, humedad, aireación y temperatura, para de esta manera obtener compost de buena calidad.



Figura XXIV. Compostaje.

## LOMBRICULTURA

- ▶ Es un procedimiento que se encarga de reciclar y transformar los residuos orgánicos en abono natural, para enriquecer las condiciones físico-químicas de los suelos. Este abono es aprovechado por las plantas y transforma los suelos áridos o secos en suelos fértiles, aumentando su productividad. (López, 2010).



Figura XXV. Lombricultura.

## GELATINA HECHA CON HUESOS

- ▶ Los huesos provenientes de los mataderos contienen:
- ▶ Proteínas que forman los cartilagos que contienen grandes cantidades de colágeno, que son el componente con alto contenido proteico.
- ▶ Grasas, que contienen grandes cantidades de glicerol y ácidos grasos con alto contenido de carbono.
- ▶ Hueso con alto contenido de fosfato de calcio, con una estructura compleja con partes porosas y partes compactas.



Figura XXVI. Gelatina con huesos.

## HARINA DE USO COMO FERTILIZANTE

- ▶ La harina de hueso tradicionalmente ha sido utilizada como fertilizante en viñedos, huertas, plantaciones de frutas, cultivos de hortalizas, parques y jardines, lo cual beneficia a la plantación debido a que si esta harina de hueso es utilizada como abono o fertilizante, aportará varios nutrientes en el crecimiento. (Fundación NEXUS, 2012).



Figura XXVII. Harina de uso como fertilizante.



## FLOREROS CON CUERNOS

- ▶ Actualmente, los cuernos de los animales tanto de las ovejas, vacas y cabras pueden llegar a ser utilizados para la elaboración de cosas o artículos para el hogar. Es por eso que luego de determinar la calidad del cuerno mediante la observación se pueden elaborar floreros. Es necesario tomar en cuenta que la selección del cuerno ideal se la debe hacer en base a características físicas que este posee, así como: el color, el olor o si este posee ralladuras o hendiduras. (Fundación NEXUS, 2012).



Figura XXVIII. Floreros con cuernos.

## PORTALÁPICES CON CUERNOS

- ▶ Para la reutilización de los cuernos de un animal faenado es necesario considerar que estos no deben poseer moscos o gusanos que puedan llegar a ocasionar problemas durante su manipulación, es recomendable que antes de realizar cualquier manualidad en cuernos es necesario que estos se encuentren desinfectado y posee sus características físicas en buen estado. (Fundación NEXUS, 2012).



Figura XXIX. Portalápices con cuernos.

## GELATINA CON PEZUÑAS



- ▶ La vaca es un animal del cual se puede utilizar cada parte de su cuerpo, es por eso que se busca la manera de reutilizar las partes sobrantes luego de pasar por el proceso de faenamiento. Es por eso que, se determinó que la mejor manera para reducir su disposición final es reutilizada sus pezuñas o patas para elaborar gelatina de manera fácil y sin necesidad de utilizar equipos o materiales difíciles de obtener. (Fundación NEXUS, 2012).

Figura XXX. Gelatina con pezuñas.

## GOMA CON PEZUÑAS

- ▶ De igual manera, para reducir el volumen y espacio en el relleno sanitario o disposición final que utilizan las partes sobrantes del ganado bovino faenado, con el fin de evitar inconvenientes. Es por eso que, a través de la reutilización y de manera casera, se terminó que la elaboración de goma de pezuñas y patas son ideales para la gestión.



Figura XXXI. Goma con pezuñas.

## CONCLUSIONES

- ▶ Cada una de las alternativas propuestas son consideradas ambientalmente viables debido a su fácil elaboración sin necesidad de altos costos, equipos especializados y sin provocar impactos ambientales. Hay que mencionar que las mismas fueron escogidas mediante revisión bibliográfica.
- ▶ El presente manual fue realizado con la finalidad de reducir los residuos sólidos generados y darles otro uso aparte del ya existente en la empresa. El mismo puede ser comprendido por cualquier persona que desconozca del tema de alternativas de gestión de residuos sólidos, de tal manera que pueda ser utilizado por personas externas a la entidad donde se elaboró el mismo.

Figura XXXII. Conclusiones del plan.

## RECOMENDACIONES

- ▶ Si bien se conoce que la empresa no tiene una finalidad de realizar subproductos aparte de los ya detallados como harina de sangre, se recomienda que se hagan alianzas o convenios para realizar las alternativas propuestas como la gelatina y así obtener réditos de estos productos.
- ▶ Es recomendable realizar un análisis costo-beneficio para la adquisición de una máquina de trituración y volteo para el material de las pilas y los lechos para las alternativas propuestas tales como compostaje y lombricultura. De esta manera se podrá obtener mejores resultados en cuanto a la generación de compost y lombricompost. Además al adquirir dichas maquinarias se podrá ahorrar en la contratación de personal lo cual generará menos costos y mayores réditos económicos.

Figura XXXIII. Recomendaciones del plan.

## BIBLIOGRAFÍA

- ▶ Aburrá, Á. M. (2006). Manual para el manejo integral de residuos en el Valle de Aburrá. Obtenido de [http://www.metropol.gov.co/Residuos/Documents/Legislacion%20No%20peligrosos/Manual\\_Residuos\\_Solidos.pdf](http://www.metropol.gov.co/Residuos/Documents/Legislacion%20No%20peligrosos/Manual_Residuos_Solidos.pdf)
- ▶ EMRAQ-EP. (2015). Empresa Pública Metropolitana de Rastro Quito. Obtenido de <http://www.epmrq.gob.ec/index.php/servicios/faenamiento/faenamiento-bovinos>
- ▶ FAO. (2013). Manual de compostaje del agricultor. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
- ▶ Fundación NEXUS. (Julio de 2012). Obtenido de Subproductos de animales: Huesos, patas, cerdas.
- ▶ INTEC-CHILE. (1998). División de tecnologías ambientales de la corporación de investigación tecnológica. Obtenido de Guía ambiental sector mataderos: [www.conama.cl/mv568/articulos-1019\\_rec232.pdf](http://www.conama.cl/mv568/articulos-1019_rec232.pdf)

**Figura XXXIV.** Bibliografía utilizada.



**Figura XXXV.** Entrega del plan a la empresa.



**Figura XXXVI.** Entrega del plan a la empresa.

# **Anexo**

## **Plan de Manejo de residuos sólidos para el Camal**

### **Metropolitano de Quito generados en el proceso de faenamiento**





# **PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA EL CAMAL METROPOLITANO DE QUITO GENERADOS EN EL PROCESO DE FAENAMIENTO**

Este proyecto tiene la finalidad minimizar impactos ambientales producidos por los residuos sólidos generados en el proceso de faenamiento del Camal Metropolitano de Quito, mediante la el uso de alternativas propuestas en el mismo.

## **AUTORES:**

Kenia Leticia Fuel Mendoza

Dayana Carolina Gualotuña

Barahona

**Quito, 2018**



# ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	106
2.	OBJETIVO.....	106
3.	ALCANCE.....	106
4.	GLOSARIO.....	107
5.	Alternativas para la gestión del estiércol y contenido ruminal .....	108
6.	Usos o alternativas para la gestión de decomisos .....	112
6.1	Usos o alternativas para la gestión de huesos.....	112
6.2	Usos o alternativas para la gestión de cuernos.....	114
6.3	Usos o alternativas para la gestión de patas o pezuñas .....	116
7.	CONCLUSIONES.....	119
8.	INSTRUCCIONES .....	119
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	121
10.	ANEXOS.....	126
11.	ABREVIATURAS .....	147

## **1. INTRODUCCIÓN**

El incremento de la población en el país y en el mundo en general demanda el consumo de productos de primera necesidad, incluidos los productos cárnicos. Por lo antes expuesto, la Empresa Metropolitana de Rastro ofrece un servicio a la comunidad cuyo objetivo es garantizar carne segura y que logre cumplir con la normativa, tanto del proceso de faenamiento como el tratamiento final de los residuos generados diariamente.

## **2. OBJETIVO**

Proponer un Plan de Manejo de Residuos Sólidos para el Camal Metropolitano de Quito, el mismo que establece los lineamientos para un manejo responsable de los residuos sólidos generados en el proceso de faenamiento dentro de la entidad.

## **3. ALCANCE**

El presente manual es de fácil uso y entendimiento. El mismo puede ser utilizado por personas que estén relacionadas con la entidad donde se realizó este proyecto, o no. Las actividades propuestas se pueden realizar sin costos elevados, ni requerimiento de personal estrictamente capacitado para su implementación. De la misma manera pueden ser utilizadas en grande o

pequeña escala ya sea en empresas, fincas, jardines, etc. Se proponen varias alternativas para el manejo de residuos sólidos generados en el proceso de faenamiento, desde la recepción del animal hasta su salida de la empresa.

Dentro de este manual no se contemplan residuos de oficinas, residuos administrativos, así como también aquellos residuos que se puedan producir en el transporte de los animales antes de ingresar al Camal Metropolitano de Quito.

Durante el proceso de faenamiento varios operarios y trabajadores traen consigo instrumentos que son utilizados para la limpieza, como cuchillos afiladores o chairas y equipo de protección personal, mismos que no serán tomados en cuenta para las alternativas propuestas en este manual.

Dentro del Camal Metropolitano de Quito se producen varios residuos durante el proceso de faenamiento, sin embargo, este manual contiene medidas ambientalmente adecuadas para aquellos que representan el mayor volumen tales como contenido ruminal, estiércol y decomisos, y para los cuales se propondrán dos alternativas.

#### 4. GLOSARIO

**Camal:** también llamados mataderos (camales o rastros). Establecimientos donde se sacrifican y preparan los animales de abasto, que están destinados al consumo humano y sometido a vigilancia sanitaria constante para velar por la salud pública. Los mataderos están dotados de instalaciones completas que facilitan el sacrificio y buen faenamiento de los animales (Roberto Bobenrieth, 1985).

**Carbono:** Elemento químico abundante en la naturaleza (Agrolanzarote, 2013).

**Carne:** Son todas aquellas partes de un animal que son aptas para el consumo humano (EMRAQ-EP, 2015)

**Compostaje:** Es un producto que se obtiene mediante la fermentación de residuos orgánicos, entre ellos el estiércol. El compostaje se produce por la interacción de agentes microscópicos, así como bacterias, protozoos y hongos (FAO, 2013).

**Contenido ruminal:** Producto de la digestión realizada por el animal y compuesto únicamente por el alimento o pasto que haya comido el animal que permanece hasta el faenamiento. Este residuo es generado en grandes cantidades especialmente en el proceso de eviscerado, ya que es la

etapa en donde se extraen los órganos internos del animal (Draker, 2014).

**Decomiso:** Parte o partes de un animal sacrificado y calificado como tal por una autoridad competente como inapropiado o riesgoso para el consumo humano y que debe ser desechado apropiadamente (Fundación NEXUS, 2012)

**Decomisos no patológicos:** Son aquellos decomisos generados en el proceso de faenamiento que no ocasionan enfermedades, no poseen bacterias o microorganismos que puedan llegar afectar a la salud humana (Fundación NEXUS, 2012).

**Decomisos patológicos:** Son aquellos decomisos generados en el proceso de faenamiento de animales y que son perjudiciales para la salud humana, poseen bacterias y microorganismos y no pueden ser reutilizados (Fundación NEXUS, 2012).

**Densidad:** Es la relación que existe entre la masa y el volumen que tiene un material u objeto (Agrolanzarote, 2013).

**Equipo de protección personal:** Son equipos e implementos de uso personal que los trabajadores utilizan para protegerse de riesgos (FAO, 2011).

**Materia orgánica:** Es todo tipo de material de origen vegetal o animal que retorna al suelo después de un proceso

de descomposición y transformación de materia orgánica a inorgánica y que contribuye al suelo con sustancias orgánicas beneficiosas como nutrientes que pueden ser aprovechadas (Román, Martínez, & Pantoja, 2013)

**Nitrógeno:** Elemento químico incoloro, su forma natural es gaseosa y forma parte de la familia de los no metales (Agrolanzarote, 2013).

**Peso:** Medida de fuerza que actúa sobre un objeto (Agrolanzarote, 2013).

**Residuo o desecho:** Es el producto de las acciones humanas vinculadas con el consumo. Se debe considerar que no todo lo desechado es basura debido a que la mayoría es material reciclable, reutilizable o renovable y puede ser de gran provecho para generar valores extras en sentido económico (Metropolitana, 2008).

**Residuo inorgánico:** Es todo desecho sin origen biológico, generado por actividades industriales, así como: plásticos, telas sintéticas, botellas, etc (Metropolitana, 2008).

**Residuos No peligrosos:** Son aquellos residuos que al manipularlos no producen riesgo a la salud o al ambiente (Metropolitana, 2008).

**Residuo orgánico:** Residuo de origen biológico, que formó parte de un ser vivo o estuvo vivo, así como: hojas,

ramas y residuos de alimentos, cáscaras de fruta o vegetales, etc (Metropolitana, 2008).

**Residuos Peligrosos:** Son aquellos residuos que por sus características pueden ocasionar riesgos a la salud o al ambiente (Metropolitana, 2008).

**Subproductos animales:** Son todos aquellos cuerpos o partes de animales, generados en la industria de alimentos, que no pueden ser utilizados para el consumo humano por motivos sanitarios, ya que consigo traen presencia de patógenos o enfermedades (EMRAQ-EP, 2018).

**Sustrato:** Medio en el que se desarrolla una planta o un animal (FAO, 2011).

**Volumen:** Es el espacio que ocupa un cuerpo u objeto (FAO, 2013).

## 5. Alternativas para la gestión del estiércol y contenido ruminal

Las alternativas para la gestión del estiércol y contenido ruminal fueron evaluadas previamente mediante revisión bibliográfica y posterior a esto se determinó cuáles son viables para ser utilizadas en el Camal Metropolitano de Quito, mismas que se detallan a continuación:

## 5.1 Compostaje

Hace mucho tiempo atrás, el compostaje era utilizado para mejorar la calidad del suelo, en la actualidad es una de las alternativas más comunes para la reducción de residuos sólidos en los rellenos sanitarios o lugares de disposición final (Conciencia Eco, 2013).

El compostaje es el proceso de transformación de material orgánico en abono mediante la descomposición. El material orgánico es rico en nutrientes que benefician el crecimiento de plantas y fortalecen las propiedades del suelo, convirtiéndolo en suelo fértil.

Para obtener compost es necesario agregar materiales ricos, tanto en carbono como en nitrógeno, lo cual permite que se mantengan ciertos factores en rangos ideales, tales como: pH, humedad, aireación y temperatura, para de esta manera obtener compost de buena calidad.

**Tabla 20.** Materiales y equipos para la elaboración del compostaje.

Estiércol
Contenido ruminal
Restos de poda (hierba o pasto)
Plástico
Agua
Termómetro
Cinta de pH
Pala para tierra
Azadón.

## Procedimiento

1. Designar responsables para la coordinación y verificación del cumplimiento de los parámetros. Así como también la persona encargada de la remoción del material de la pila de compost, mismo que puede ser un operario de la empresa.
2. Definir las características o especificaciones que debe cumplir el lugar en donde se va a construir la compostera, así como también las cantidades de material necesario, relación carbono nitrógeno, etc. Dichos cálculos se realizarán como se detalla en el Anexo 1.
3. Utilizar el equipo de protección personal (guantes, mascarilla, cofia y botas).
4. Verificar que el estiércol que se va a utilizar se encuentre libre de impurezas o residuos inorgánicos.
5. Colocar la mezcla de contenido ruminal, estiércol y restos de poda (hierba o pasto) con una altura máxima de un metro y con ayuda de una pala. (FAO, 2013).
6. Humedecer la pila evitando la saturación y encharcamiento de agua.
7. Remover el material de la pila una vez a la semana las 3

primera semanas y luego realizarlo una vez cada 15 días, hasta obtener la homogenización del material (FAO, 2013).

Este paso se debe hacer de forma manual (se puede utilizar palas y picos) actividad que puede ser realizada por un operario asignado de la empresa.

8. Monitorear los parámetros de compostaje como se detalla en el Anexo 2.
9. Realizar un seguimiento de los parámetros más importantes del compostaje y registrarlos en las hojas de seguimiento de manera semanal como se detalla en el Anexo 5.
10. Analizar las hojas de seguimiento de parámetros para evitar alteraciones en la calidad del compost y tener una evidencia de los cambios de la pila de compost.

## 5.2 Lombricultura

La lombricultura es un procedimiento que se encarga de reciclar y transformar los residuos orgánicos en abono natural, para enriquecer las condiciones físico-químicas de los suelos. Este abono es aprovechado por las plantas y transforma los suelos áridos o secos en suelos fértiles,

aumentando su productividad (López, 2010).

Esta tecnología se basa en la crianza de lombrices para la elaboración de abono o humus a partir de la utilización de residuos sólidos orgánicos. Se realiza mediante un proceso de descomposición natural muy similar al compostaje, en el cual todo el material orgánico utilizado es transformado por microorganismos (hongos, bacterias, actinomicetos, levaduras, etc.) que ya se encuentran en el medio, y adicionalmente por el sistema digestivo de la lombriz (VALLE, 2010).

El estiércol y contenido ruminal pueden ser utilizados para la creación de humus en procedimientos de lombricultura.

**Tabla 21.** Materiales y equipos para la elaboración de lombricultura.

Estiércol
Contenido ruminal
Lombrices
Restos de poda (hierba o pasto)
Ladrillos
Grava
Agua sin cloración
Termómetro
Cinta de pH
Pala para tierra
Azadón

### Procedimiento:

1. Designar responsables para la coordinación y verificación del cumplimiento de los

- parámetros. Así como también la persona encargada de la remoción del material de los lechos de lombricompost, actividad que puede ser realizada por un operario asignado de la empresa.
2. Definir las características o especificaciones que debe cumplir el lugar en donde se va a construir el lombricompost así como también las cantidades de materia orgánica necesaria, relación carbono nitrógeno, etc. Dichos cálculos se realizarán como se detalla en el Anexo 1.
  3. Determinar la ubicación del criadero de lombrices el cual debe estar en un lugar de fácil acceso, seco y que permita el drenaje ya sea de agua lluvia o de la humedad proporcionada por el operario que esté a cargo del mantenimiento. Pueden ubicarse en lugares abiertos o cerrados, cerca del lugar donde se proporcione el estiércol para hacer fácil el traslado el mismo (AGROFLOR, 2009) (Agrolanzarote, 2013).
  4. Nivelar el terreno tal es el caso que el mismo debe facilitar el drenaje y el manejo del lecho.
  5. Utilizar el equipo de protección personal (guantes, mascarilla, cofia y botas).
  6. Construir el lecho el cual debe ser tipo cajón. Puede construirse con cualquier material que evite la putrefacción y sean de bajo costo. Se debe construir elevado del suelo para evitar la presencia de insectos o animales que puedan perjudicar el proceso como por ejemplo ladrillos o bloques.
  7. Las dimensiones recomendables para la construcción del lecho son de 2 m de ancho, 3 m de largo y a 50 cm de alto del suelo.
  8. El alto de cada lecho es recomendable que sea de 50 cm.
  9. Si el lecho se encuentra al aire libre se lo debe ubicar con dirección al viento y no contra él.
  10. Crear la base del lecho con ladrillo y arena para el drenaje de agua y evitar la existencia de charcos (VALLE, 2010).
  11. Verificar que el precompost que se va a utilizar se encuentre libre de impurezas o residuos inorgánicos.
  12. Realizar la preparación de la siembra de lombrices así como también el alimento para las mismas como se detalla en el Anexo 3.



13. Realizar un seguimiento de los parámetros más importantes del compostaje y registrarlos en las hojas de seguimiento de manera semanal, como se detalla en el Anexo 5.

14. Analizar las hojas de seguimiento de parámetros para evitar alteraciones en la calidad del compost y tener una evidencia de los cambios de la pila de compost.

## **6. Usos o alternativas para la gestión de decomisos**

Además, dentro del Camal Metropolitano de Quito, se clasifican a los decomisos (un tipo de residuo) en tres grupos: residuos patológicos y no patológicos, residuos de cenizas después de la incineración y decomisos útiles para hacer harina de sangre.

Es por eso que en el presente proyecto se determinaron alternativas para aquellos residuos considerados como útiles para hacer harina de sangre es decir que no pueden ocasionar daños en la salud o en su uso después de obtener el producto final, entre ellos: patas, cuernos y huesos.

Las alternativas de reutilización propuestas en este proyecto son basadas mediante revisión bibliográfica y se detallan a continuación:

### **6.1 Usos o alternativas para la gestión de huesos**

Las alternativas propuestas para la gestión los huesos fueron las siguientes:

#### **6.1.1 Gelatina**

Los huesos provenientes de los mataderos contienen:

- Proteínas que forman los cartílagos que contienen grandes cantidades de colágeno, que son el componente con alto contenido proteico.
- Grasas, que contienen grandes cantidades de glicerol y ácidos grasos con alto contenido de carbono.
- Hueso con alto contenido de fosfato de calcio, con una estructura compleja con partes porosas y partes compactas.
- El colágeno posee alta dureza y alta flexibilidad, ya que se encuentra constituido por varias cadenas de aminoácidos. Estas cadenas pueden ser separadas por hidrólisis dando como resultado las gelatinas que son proteínas solubles en agua caliente pero que al enfriarse forman geles (Fundación NEXUS, 2012).

- Las propiedades, y con ellas los usos de las gelatinas, dependen de la forma en la que fueron obtenidas, de la presencia de impurezas y del tipo de proceso que se siguió para su producción.

**Tabla 22.** Materiales para la elaboración de gelatina

6 kg de huesos
Cuchillos.
5 litros de agua caliente
Guantes
Filtro con algodón
Estufa
Recipiente de vidrio
Conservante de sorbato de potasio

**Procedimiento:**

1. Lavar los huesos y con ayuda del cuchillo o hacha retirar las uñas o cartílagos.
2. Lavar de nuevo los huesos con agua fría para eliminar cualquier residuo de suciedad.
3. Los huesos limpios pasan por un proceso de cocción a 60°C durante un período de 8 horas.
4. Después de la cocción, la porción líquida resultante se separa de las grasas en un filtro con algodón.
5. Secar en la estufa con circulación de aire.
6. Colocar la muestra secada en un recipiente de vidrio y moler para obtener polvo de gelatina.

7. Añadir 100 ml de agua y añadir a la mezcla obtenida 0,5g de conservante sorbato de potasio (coagulante), es opcional colocar colorante o saborizante para obtener gelatinas personalizadas.
8. Refrigerar la mezcla obtenida por 5 horas.
9. Observar los resultados.

**6.1.2 Harina fertilizante**

Los fertilizantes cumplen la función de aportar nutrientes a las plantas y al suelo. Para que éstos puedan ser asimilados deben estar en una forma soluble en agua (Fundación NEXUS, 2012).

La harina de huesos puede ser usada como fertilizante, por ejemplo se la usa en la producción de tomate orgánico. Si bien el contenido de grasa de una harina hueso no es deseable en un fertilizante sus contenidos de nitrógeno y fósforo las hacen óptimos para algunos usos.

La harina de hueso tradicionalmente ha sido utilizada como fertilizante en viñedos, huertas, plantaciones de frutas, cultivos de hortalizas, parques y jardines, lo cual beneficia a la plantación debido a que si esta harina de hueso es utilizada como abono o fertilizante, aportará varios nutrientes

en el crecimiento (Fundación NEXUS, 2012).

**Tabla 23.** Materiales para la elaboración de harina fertilizante.

Huesos.
Cuchillos.
Molino.
Recipientes.
Agua.
Olla.
Autoclave (opcional).

#### **Procedimiento:**

La harina de hueso se puede obtener de diferentes maneras: moliendo los huesos crudos, cocinados o calcinados. El primer método no es aconsejable, ya que puede contener agentes contaminantes que llegan a dañar tanto a los animales como el suelo.

Las maneras ideales de obtener harina de hueso fertilizante son a través del calcinado y por autoclave para que su producto final sea una buena fuente de abonos orgánicos y nutrientes, ya que contienen minerales y proteínas.

Sin embargo, esta harina fertilizante no es recomendable usarla en la alimentación animal, ya que puede ser un agente contaminante y está prohibido su uso en los animales que son destinados a la exportación y para el consumo humano (Fundación NEXUS, 2012).

La harina de hueso cocinada es conocida como “auto clavada”, debido a que en la forma que se obtiene por medio de un digestor que es muy similar a un autoclave en el cual el agua se calienta a presión. Una vez metidos los huesos dentro de esa gran olla de presión, se la cocina por más de 30 minutos, y se obtiene un producto esterilizado, con alto contenido de materia orgánica; es decir, con los residuos de carne y tendones cocinados, y es por ello que contiene una gran cantidad de proteína.

#### **6.2 Usos o alternativas para la gestión de cuernos**

Las alternativas propuestas para la gestión de los cuernos fueron las siguientes:

Los cuernos de reses vacunas, ovejas y cabras se trabajan mecánicamente. Se utilizan en la fabricación de mangos de chuchillos, botones e imitaciones de conchas de tortuga, portalápices y floreros. Los desperdicios de dichas partes se convierten en harina de cuerno, usada como abono, pues contiene 10% de nitrógeno (Cabrera, FAO.org, 2011).

##### **6.2.1 Manualidades con cuernos**

Realizar algún adorno o manualidad con cuernos de toros, implica un bajo costo y no necesita de herramientas o

productos especiales. Por lo que existen varias opciones para realizar, así por ejemplo: elaboración de floreros, elaboración de cucharas, anillos, portalápices, entre otros.

### 6.2.2 Floreros

Actualmente, los cuernos de los animales tanto de las ovejas, vacas y cabras pueden llegar a ser utilizados para la elaboración de cosas o artículos para el hogar. Es por eso que luego de determinar la calidad del cuerno mediante la observación se pueden elaborar floreros. Es necesario tomar en cuenta que la selección del cuerno ideal se la debe hacer en base a características físicas que este posee, así como: el color, el olor o si este posee ralladuras o hendiduras (Fundación NEXUS, 2012).

**Tabla 24.** Materiales para la elaboración de floreros

1 Cuerno
Cuchillo
Sierra
Agua
Vinagre o bicarbonato de sodio
Lija
Estufa
Pintura
Botella plástica

#### Procedimiento:

1. Elegir un cuerno de la forma deseada, considerando color, longitud y profundidad de la curva.

2. Limpiar el cuerno escogido, si la superficie es áspera raspar con un cuchillo.
3. Cortar los bordes de ser necesario, por ejemplo: la parte superior del cuerno que puede ser puntiaguda y afilada es recomendable cortarla, al igual que la parte del agujero del cuerno.
4. Sacar las marcas o hendiduras que tenga el cuerno para obtener una superficie uniforme.
5. Limpiar la superficie del cuerno con un paño húmedo.
6. Lijar el cuerno para dar un poco de brillo y eliminar las marcas o hendiduras que este tenga.
7. Cocinar o colocar el cuerno en agua hirviendo, añadir un poco de vinagre o bicarbonato de sodio, esto ayudará a dar blancura y dejarlo limpio por dentro al cuerno.
8. Si se cortaron los extremos del cuerno, lijar los bordes para evitar cortes.
9. Pintar el cuerno del color que se desee.
10. Colocar plástico o un asiento de botella en uno de los extremos para dar estabilidad y evitar derrames de agua cuando se lo utilice como florero.

### 6.2.3 Portalápices

Para la reutilización de los cuernos de un animal faenado es necesario considerar que estos no deben poseer moscos o gusanos que puedan llegar a ocasionar problemas durante su manipulación, es recomendable que antes de realizar cualquier manualidad en cuernos es necesario que estos se encuentren desinfectado y posee sus características físicas en buen estado (Fundación NEXUS, 2012).

**Tabla 25.** Materiales para la elaboración de portalápices

1 Cuerno
Cuchillo
Sierra
Agua
Vinagre o bicarbonato de sodio
Lija
Estufa
Pintura
Botella plástica

#### Procedimiento:

1. Elegir un cuerno de la forma deseada, considerando color, longitud y profundidad de la curva.
2. Tomar en cuenta que es necesario escoger un cuerno sano, es decir que no tenga gusanos o que se encuentre en estado de putrefacción para evitar olores o enfermedades durante su manipulación.

3. Limpiar el cuerno escogido, si la superficie es áspera raspar con un cuchillo.
4. Cortar los bordes de ser necesario, tanto la parte puntiaguda como el borde del cuerno.
5. Sacar las marcas o hendiduras que tenga el cuerno para obtener una superficie uniforme.
6. Limpiar la superficie del cuerno con un paño húmedo.
7. Lijar el cuerno para dar brillo.
8. Cocinar o colocar el cuerno en agua hirviendo, añadir un poco de vinagre o bicarbonato de sodio, que ayudará a darle blancura y dejarlo limpio por dentro, eliminando impurezas.
9. Si se cortó los extremos del cuerno, lijar los bordes para evitar cortes.
10. Pintar el cuerno del color que se desee.
11. Pegar una tapa de plástico o madera gruesa a uno de los extremos para dar estabilidad y que a su vez sea resistente a la humedad o polvo.

### 6.3 Usos o alternativas para la gestión de patas o pezuñas

Las alternativas propuestas para la gestión de patas o pezuñas fueron las siguientes:

### 6.3.1 Gelatina

La vaca es un animal del cual se puede utilizar cada parte de su cuerpo, es por eso que se busca la manera de reutilizar las partes sobrantes luego de pasar por el proceso de faenamiento, una de esas partes son sus patas o pezuñas, que pueden ser utilizadas para la elaboración de gelatina, tanto de manera casera como de manera industrial. Sin embargo en este proyecto se determinó que la mejor manera para reducir su disposición final es reutilizada sus pezuñas o patas para elaborar gelatina de manera fácil y sin necesidad de utilizar equipos o materiales difíciles de obtener (Fundación NEXUS, 2012).

**Tabla 26.** Materiales para la elaboración de gelatina de pata

3 kg de pata de res bien lavada
3 litros de agua
1/2 taza de azúcar de coco orgánica
Clavos de olor
Canela
Esencia de vainilla al gusto

#### Procedimiento

1. Lavar bien los 3kg de patas de vaca.
2. En una olla de presión o de cocción lenta colocar 3 litros de agua.
3. Dejar cocinar por 12 horas en la olla de cocción, caso contrario

en la olla de presión por 2 horas.

4. Revisar cada cierto tiempo la cantidad de agua para evitar que se seque.
5. Retirar la olla de cocción y dejar reposar.
6. Cernir y guardar lo que le queda de cartílagos y demás restos.
7. Luego poner la olla en el refrigerador hasta ver que la capa de grasa blanca se forme en la superficie y retirarla con una cuchara.
8. Sacar del refrigerador y colocar en una licuadora los cartílagos y parte del caldo.
9. Añadir al resto de caldo que le quedo en la olla.
10. Agregar azúcar, canela, clavos de olor y esencia de vainilla al gusto.
11. Poner al fuego medio y hervir durante 1 hora.
12. Retirar del fuego, dejar reposar, cernir nuevamente y poner en una bandeja o molde.
13. Llevar al refrigerador hasta que cuaje.

### 6.3.2 Goma

De igual manera, para reducir el volumen y espacio en el relleno sanitario o disposición final que utilizan las partes sobrantes del ganado bovino faenado, con el fin de evitar

inconvenientes. Es por eso que, a través de la reutilización y de manera casera, se terminó que la elaboración de goma de pezuñas y patas son ideales para la gestión.

Sin embargo, es importante tomar en cuenta, que para la selección de un buen material para realizar estas alternativas se lo debe hacer basándose en las características físicas de las mismas y así en el futuro evitar inconvenientes.

**Tabla 27.** Materiales para la elaboración de goma

1 kg de patas de res bien lavada
1/2 litro de agua
160 Gramos de gelatina (preferiblemente casera)
2 cucharadas de vinagre
½ taza de glicerina

**Procedimiento:**

1. Luego de la elaboración de la gelatina casera utilizando 1 kg de patas de res, disolver la gelatina casera en ½ de agua.
2. Hervir a fuego lento o a baño maría.
3. Agregar las dos cucharadas de vinagre y la ½ de glicerina.
4. Remover hasta conseguir una consistencia líquida.
5. Guardar la mezcla en un frasco limpio y hermético.
6. Dejar secar la mezcla y luego romperla en partes pequeñas.

7. Para poder utilizarla, es necesario calentarla o mojarla con agua, ya que de esta manera se volverá líquida para poder pegar papel, cartón, madera y cerámica.

## 7. CONCLUSIONES

- Cada una de las alternativas propuestas son consideradas ambientalmente viables debido a su fácil elaboración sin necesidad de altos costos, equipos especializados y sin provocar impactos ambientales. Hay que mencionar que las mismas fueron escogidas mediante revisión bibliográfica.
- El presente manual fue realizado con la finalidad de reducir los residuos sólidos generados y darles otro uso aparte del ya existente en la empresa. El mismo puede ser comprendido por cualquier persona que desconozca del tema de alternativas de gestión de residuos sólidos, de tal manera que pueda ser utilizado por personas externas a la entidad donde se elaboró el mismo.
- Es importante tomar en cuenta que las alternativas propuestas para la reutilización de los decomisos son consideradas como caseras, sin embargo para escoger los decomisos adecuados es necesario tomar en cuenta color, olor, textura del residuo para de esta manera asegurar un buen resultado en cuanto a la elaboración de

goma, gelatina, portalápices, floreros, entre otras y evitar problemas futuros de salud con su utilización o uso.

## 8. INSTRUCCIONES

- Si bien se conoce que la empresa no tiene una finalidad de realizar subproductos aparte de los ya detallados como harina de sangre, se recomienda que se hagan alianzas o convenios para realizar las alternativas propuestas como la gelatina y así obtener réditos de estos productos.
- Es recomendable realizar un análisis costo-beneficio para la adquisición de una máquina de trituración y volteo para el material de las pilas y los lechos para las alternativas propuestas tales como compostaje y lombricultura. De esta manera se podrá obtener mejores resultados en cuanto a la generación de compost y lombricompost. Además al adquirir dichas maquinarias se podrá ahorrar en la contratación de personal lo cual generará menos costos y mayores réditos económicos.



### **Instrucciones para la formación de la pila en el compost**

- Área protegida de vientos fuertes.
- Tener una distancia prudente de nacimientos de agua (más de 50 metros) para evitar contaminaciones.
- Tener una pendiente baja (< 4%) para evitar problemas de lixiviados y erosión.

### **Instrucciones para la los lechos en la lombricultura**

- Construir los lechos con una altura mínima de 50cm del suelo para evitar plagas y que las lombrices escapen de los lechos.
- Remover el material para evitar hormigueros o presencia de animales que puedan perjudicar la vida de las lombrices.
- Colocar el lombricultivo en un lugar cerrado evitando que pájaros puedan alimentarse con las lombrices del lombricultivo.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Aburrá, Á. M. (2006). Manual para el manejo integral de residuos en el Valle de Aburrá. Obtenido de [http://www.metropol.gov.co/Residuos/Documents/Legislacion%20No%20peligrosos/Manual\\_Residuos\\_Solidos.pdf](http://www.metropol.gov.co/Residuos/Documents/Legislacion%20No%20peligrosos/Manual_Residuos_Solidos.pdf)
- AGROFLOR. (2009). Manual Lombricultura. Obtenido de <http://agro.unc.edu.ar/~biblio/Manual%20de%20Lombricultura.pdf>
- Agrolanzarote. (2013). Manual práctico para la lombricultura. Obtenido de <http://www.agrolanzarote.com/sites/default/files/Agrolanzarote/01Actualidad/documentos/manual-lombricultura.pdf>
- Andino, R., & Martinez, K. (2015). Biodigestor: Una Alternativa de Innovación Socio – Económica. Obtenido de Repositorio Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua: <http://repositorio.unan.edu.ni/3895/1/8007.pdf>
- Cabrera, L. H. (2011). FAO. Obtenido de Desechos de Matadero como Alimento Animal en Colombia: <http://www.fao.org/livestock/AGAP/FRG/APH134/cap7.htm>
- Colombia, M. d. (2007). Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos. Obtenido de [http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/sustancias\\_que\\_C3%ADmicas\\_y\\_residuos\\_peligrosos/gestion\\_integral\\_respe\\_l\\_bases\\_conceptuales.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/sustancias_que_C3%ADmicas_y_residuos_peligrosos/gestion_integral_respe_l_bases_conceptuales.pdf)
- Conciencia Eco. (Octubre de 2013). Compostaje. Obtenido de ¿Qué es el compostaje?: <https://www.concienciaeco.com/2013/07/19/que-es-el-compostaje/>
- CPML-NICARAGUA. (2004). Manual de Buenas Prácticas Operativas de Producción Más Limpia para la Industria de Mataderos. Obtenido de CENTRO DE PRODUCCIÓN MAS LIMPIA: [www.cgpl.org.gt/downloads/MataderosSIGMA.pdf](http://www.cgpl.org.gt/downloads/MataderosSIGMA.pdf)
- DÁVILA, S. R. (2011). Plan de gestión de residuos del cantón Antonio Ante. Obtenido de Tesis de pregrado publicada, Facultad de Ingeniería Ambiental, Escuela Politécnica Nacional.:

- <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3743/1/CD-3437.pdf>
- Draker, D. F. (2014). Historia del reciclaje de subproductos de origen animal en Estados Unidos. New York: Adventure Sciences.
  - EMRAQ-EP. (2015). Empresa Pública Metropolitana de Rastro Quito. Obtenido de <http://www.epmrq.gob.ec/index.php/servicios/faenamamiento/faenamamiento-bovinos>
  - EMRAQ-EP. (2016). Informe de Gestión Anual.
  - EMRAQ-EP. (2016). Informe de Gestión Anual. Obtenido de [http://www.epmrq.gob.ec/images/lotaip/informes/informe\\_gestion\\_2016.pdf](http://www.epmrq.gob.ec/images/lotaip/informes/informe_gestion_2016.pdf)
  - EMRAQ-EP. (2018). Registros 2018. Quito.
  - FAO. (2013). Manual de compostaje del agricultor. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
  - Fundación NEXUS. (Julio de 2012). Obtenido de Subproductos de animales: Huesos, patas, cerdas.: <http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=w>eb&cd=6&ved=0ahUKEwizzLiZoLPcAhWiwAIHHb3iC8cQFghLMAU&url=http%3A%2F%2Fwww.nexus.org.ar%2Ftrabajos\_investigacion%2FSubproductos%2520de%2520huesos%2520-%25202012.pdf&usg=AOvVaw0P97jpKAYjftth0wGbuqwc-
  - Garzón, I. (2010). Repositorio Digital Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de Diagnóstico ambiental del Camal Municipal de la ciudad de Santo Domingo y mejora de su gestión: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2480/1/CD-3184.pdf>
  - Herrera, H. R. (2012). Gestión integral de residuos sólidos. Obtenido de <http://digitk.areandina.edu.co/repositorio/bitstream/123456789/518/1/Gesti%C3%B3n%20Integral%20de%20Residuos%20S%C3%B3lidos.pdf>
  - Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2000). III Censo Nacional Agropecuario: Panorama de la cadena agroindustrial de carnes y subproductos.
  - INTEC-CHILE. (1998). División de tecnologías ambientales de la corporación de investigación

- tecnológica. Obtenido de Guía ambiental sector mataderos: [www.conama.cl/rm/568/articles-1019\\_rec232.pdf](http://www.conama.cl/rm/568/articles-1019_rec232.pdf)
- Ley General de Residuos Sólidos. (s.f.). Obtenido de LEY N° 27314: [http://www.upch.edu.pe/faest/images/stories/upcyd/sgc-sae/normas-sae/Ley\\_27314\\_Ley\\_General\\_de\\_Residuos\\_Solidos.pdf](http://www.upch.edu.pe/faest/images/stories/upcyd/sgc-sae/normas-sae/Ley_27314_Ley_General_de_Residuos_Solidos.pdf)
  - López, A. (2010). Lombricultura. Obtenido de <http://ri.ues.edu.sv/1624/3/13101281TT.pdf>
  - MARINO, M. D. (2004). Manual de compostaje. Obtenido de "Manual de compostaje", "Memoria Resumen de las experiencias": [http://www.resol.com.br/cartilhas/manual\\_de\\_compostaje.pdf](http://www.resol.com.br/cartilhas/manual_de_compostaje.pdf)
  - MARN. (2010). Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Obtenido de Residuos sólidos (Módulo 1): <http://www.marn.gob.sv/download/ModulosEducacionAmbiental/ResiduosSolidos/Modulo%201%20-%20Residuos%20S%C3%B3lidos.pdf>
  - Medina Roos, J. A., & Jiménez Yáñez, I. (2001). Guía para la gestión integral de residuos sólidos municipales. México.
  - Metropolitana, A. (2008). Guía para la práctica docente en el manejo integral de residuos sólidos urbanos (Primera ed., Vol. I). (A. Arias Rendón, Ed.). Quito-Ecuador.
  - Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2017). Ley de Mataderos. Quito.
  - Ministerio del Ambiente. (12 de Mayo de 2008). Acuerdo Ministerial 026. Quito, Pichincha, Ecuador.
  - Ministerio del Ambiente. (4 de Mayo de 2015). Acuerdo Ministerial 061 - Reforma del Libro VI del TULSMA. Quito, Pichincha, Ecuador.
  - MSP-ECUADOR. (s.f.). Buenas prácticas de manufactura. obtenido de certificado previo a la obtención del permiso de funcionamiento de plantas procesadoras de alimentos artesanales: [http://instituciones.msp.gob.ec/dps/pichincha/images/stories/buenas\\_p.m\\_artesanales.pdf](http://instituciones.msp.gob.ec/dps/pichincha/images/stories/buenas_p.m_artesanales.pdf)

- Nacional, P. A. (2005). Obtenido de Producción Más Limpia para el Sector de Beneficio de Ganado Bovino y Porcino.
- QUINTERO, G. A. (2004). Repositorio Digital Escuela Politécnica de Chimborazo. Obtenido de Sistema de gestión de residuos sólidos en el camal municipal de la ciudad de Atacames:  
<http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/4312/1/20T00090.pdf>
- QUITO, E. P. (2016). Informe de Gestión Anual. Obtenido de [http://www.epmrq.gob.ec/images/lotaip/informes/informe\\_gestion\\_2016.pdf](http://www.epmrq.gob.ec/images/lotaip/informes/informe_gestion_2016.pdf)
- RECYTRANS. (2013). Recytrans Soluciones Globales para el Reciclaje. Obtenido de <https://www.recytrans.com/blog/clasificacion-de-los-residuos/>
- Roberto Bobenrieth, F. E. (1985). Saneamiento de mataderos de bovinos, ovinos y porcinos. Obtenido de <http://iris.paho.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/16953/v98n3p211.pdf?sequence=1>
- SAM. (2003). Gestión integral de residuos sólidos urbanos. Obtenido de Secretaría de asuntos municipales.
- SEMARNAT. (2001). Guía para la gestión integral de residuos sólidos municipales. Obtenido de Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental: [www.medioambiente.oaxaca.gob.mx/wp-content/uploads/.../Guía\\_PMPGI\\_RSU.pdf](http://www.medioambiente.oaxaca.gob.mx/wp-content/uploads/.../Guía_PMPGI_RSU.pdf)
- Sermeño, A. (2012). Lombricultura una alternativa eficaz para la utilización de sustratos orgánicos a favor de la agricultura Chalateca.
- SERMEÑO, A. G. (2012). La lombricultura una alternativa eficaz para la utilización de sustratos orgánicos a favor de la agricultura Chalateca. Obtenido de <http://umoar.edu.sv/wordpress/wp-content/uploads/RESUMEN-INVESTIGACION-CIENCIAS-AGRONOMICAS-Y-FORESTAL-2015.pdf>
- TECA. (2004). Tecnologías y prácticas para pequeños productores agrarios. Obtenido de <http://teca.fao.org/es/read/5984>
- Timm, J. (2013). Gestión de residuos sólidos urbanos.

Obtenido de  
[http://www.famargentina.org.ar/images/enlaces/gestion\\_residuos\\_solidos\\_urbanos.pdf](http://www.famargentina.org.ar/images/enlaces/gestion_residuos_solidos_urbanos.pdf)

- Universidad Autónoma de Nuevo León. (Enero de 1992). Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Obtenido de Lubricación Industrial - Tesis: <http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=17&ved=2ahUKEwj-jNL2uYPdAhWBz1MKHXjTCq0QFjAQegQIAxAC&url=http%3A%2F%2Fprints.uanl.mx%2F245%2F1%2F1020074593.PDF&usq=AOvVaw1CSiAAHZ0cAyB9kpYhZICr>
- Universidad Nacional Agraria "La Molina". (2015). Obtención de harina de cuernos y pezuñas de ganado bovino (*Bos taurus*) y evaluación de su aplicación como abono orgánico. Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1925>
- VALLE, I. E. (2010). Proyecto productivo lombricultura. Obtenido de <https://ienuevagrana.wikipaces.com/file/view/Lombricultura+-+Sede+Mariscal+Robledo.pdf>

## 10. ANEXOS

### ANEXO 1

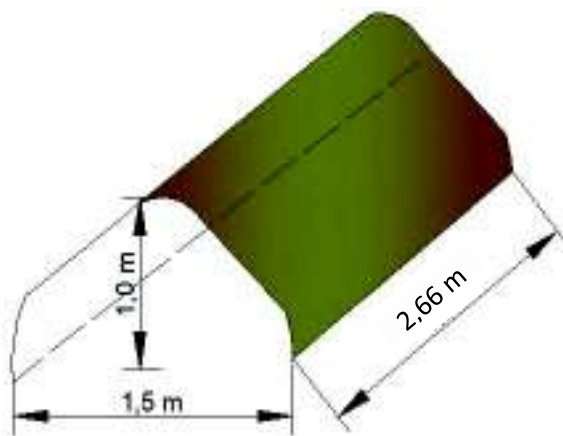
#### Dimensiones y especificaciones para la construcción de la compostera y de los lechos para la lombricultura.

Para la elaboración de las pilas o lechos, el tamaño y la altura afectan a la humedad, a la cantidad de oxígeno y a la temperatura. La altura debe ser la adecuada para que el calor producido por los microorganismos no se pierda. El tamaño de la pila o lecho está determinado por la cantidad de material que se va utilizar y el área disponible para realizar este proceso (FAO, 2013).

Antes de realizar con los cálculos para la formación de la pila o lechos se debe conocer las abreviaturas con las cuales están expresadas las ecuaciones a utilizar, mismas que se encuentran al final de este plan.

Los valores asignados para la formación de la pila son:

- Base (b) = 1,5 m
- Alto (h) = 1 m



**Figura 24.** Dimensiones para la elaboración de la pila del compostaje.

#### Densidad del contenido ruminal, estiércol y restos de poda

Para determinar la densidad del residuo se debe utilizar un recipiente con un volumen y peso conocido.

Se llena de material el recipiente y posterior a ello se pesa la cantidad de material restando el peso del recipiente para evitar errores y datos erróneos.

Para calcular el valor de la densidad se divide la masa (m) en kilogramos obtenida por el volumen (v) conocido del recipiente en metros cúbicos, con la siguiente fórmula.

$$\rho = \frac{m \text{ (kg)}}{v \text{ (m}^3\text{)}}$$

Ecuación 1. Densidad

### **Densidad del contenido ruminal**

#### **Datos:**

- Recipiente: 0,001m<sup>3</sup>
- Peso del material: 1,134 kg

Reemplazar datos en la Ecuación. 1

$$\rho_{cr} = \frac{1,134 \text{ kg}}{0,001 \text{ m}^3}$$

$$\rho_{cr} = 1134 \text{ kg/m}^3$$

### **Densidad del estiércol**

#### **Datos:**

- Recipiente: 0,001 m<sup>3</sup>
- Peso del material: 0,997 kg

Reemplazar datos en la Ecuación. 1

$$\rho_{es} = \frac{0,997 \text{ kg}}{0,001 \text{ m}^3}$$

$$\rho_{es} = 997 \text{ kg/m}^3$$

### **Densidad de los restos de poda**

#### **Datos:**

- Recipiente: 0,001 m<sup>3</sup>
- Peso del material: 0,113 kg



Reemplazar datos en la Ecuación. 1

$$\rho_{rp} = \frac{0,113 \text{ kg}}{0,001 \text{ m}^3}$$

$$\rho_{rp} = 113 \text{ kg/m}^3$$

### **Masa total a utilizar en la mezcla de contenido ruminal, estiércol y restos de poda**

Para calcular la masa total de la mezcla de los materiales a utilizar primero se debe sumar el peso de cada uno con ayuda de la Ecuación 2.

#### **Datos:**

- $m_{es} = 600 \text{ kg}$
- $m_{cr} = 600 \text{ kg}$
- $m_{rp} = 300 \text{ kg}$

$$m_T = m_{es} + m_{cr} + m_{rp}$$

Ecuación 2. Masa total

Reemplazar datos en la Ecuación 2.

$$m_T = m_{es} + m_{cr} + m_{rp}$$

$$m_T = 600 \text{ kg} + 600 \text{ kg} + 300 \text{ kg}$$

$$m_T = 1500 \text{ kg}$$

### **Densidad total de la mezcla de contenido ruminal, estiércol y restos de poda**

Para el cálculo de la densidad total del contenido ruminal, estiércol y restos de poda, se debe utilizar la siguiente fórmula:

$$\rho_T = \frac{m_{es} + m_{cr} + m_{rp}}{v_{es} + v_{cr} + v_{rp}}$$

Ecuación 3. Densidad total

#### **Datos:**

- $m_{es} = 0,997 \text{ kg/m}^3$
- $m_{cr} = 1,134 \text{ kg/m}^3$

- $m_{rp} = 0,113 \text{ kg/m}^3$
- $v_{es} = 0,001 \text{ m}^3$
- $v_{cr} = 0,001 \text{ m}^3$
- $v_{rp} = 0,001 \text{ m}^3$

El volumen corresponde a  $0,003 \text{ m}^3$  debido a que son 3 componentes en la mezcla cada uno perteneciente a  $0,001 \text{ m}^3$  y por ende la suma de los 3 corresponde a este valor.

Reemplazar datos en la Ecuación 3.

$$\rho_T = \frac{0,997 \text{ kg} + 1,34 \text{ kg/m}^3 + 0,113 \text{ kg/m}^3 m_{rp}}{0,001 \text{ m}^3 + 0,001 \text{ m}^3 + 0,001 \text{ m}^3}$$

$$\rho_T = 748 \text{ kg/m}^3$$

### **Volumen de sustrato o materia a utilizar**

Para este proyecto se decide realizar pilas con 1500 kg de compost, con proporciones de 600 kg de contenido ruminal, 600 kg estiércol y 300 kg de restos de hierba o restos de poda semanalmente.

Para el cálculo del volumen total de material o sustrato a utilizar semanalmente se aplica la siguiente fórmula al saber que  $m_T$  es el valor de la masa total de la mezcla que como se mencionó es de 1500kg y que  $\rho_T$  es la densidad total de la misma que es  $748 \text{ kg/m}^3$ .

$$V_T = \frac{m_T}{\rho_T}$$

Ecuación 4. Volumen total de la pila

Reemplazar datos en la Ecuación 4.

$$V_T = \frac{1500 \text{ kg}}{748 \text{ kg/m}^3} = 2 \text{ m}^3$$

### **Longitud de la pila o lecho**

Para calcular la longitud de la pila se utilizó la siguiente fórmula que determina el volumen de la pila o lecho según la cantidad de material a utilizar:

$$V_T = \frac{b \times h}{2} \times l$$

Ecuación 5. Volumen de un paralelepípedo

**Datos:**

- $b = 1,5 \text{ m}$
- $h = 1 \text{ m}$
- $V_T = 2 \text{ m}^3$

Reemplazar datos en la Ecuación 5.

$$2\text{m}^3 = \frac{1.5\text{m} \times 1\text{m}}{2} \times l$$

Despejar la longitud ( l )

$$l = \frac{2\text{m}^3 \times 2}{1.5 \text{ m} \times 1 \text{ m}}$$

$$l = 2,66 \text{ m}$$

**Área total de la pila o lecho**

El área de la pila se determina a partir de su base, longitud y alto, con la fórmula de cálculo del área de un paralelepípedo para esto se ha designado letras a,b y c para cada uno de los lados de la pila o lecho como se observa en los datos siguientes:

$$A = ((2 (a \times b)) + ((2 (a \times c)) + ((2(b \times c)))$$

Ecuación 6. Área de un paralelepípedo

**Datos:**

- Base (a) = 1,5 m
- Longitud (b) = 2,66 m
- Alto (c) = 1m

Reemplazar datos en la Ecuación 6.

$$A = ((2 (1,5 \times 2,66)) + ((2 (1,5 \times 1)) + ((2(2,66 \times 1)))$$

$$A = 16,3 \text{ m}^2$$

### Área base de la pila o lecho

Para el cálculo del área base de la pila o lecho se debe utilizar la siguiente fórmula:

$$A_b = l \times b$$

Ecuación 7. Área base

Reemplazar datos en la Ecuación 7.

$$A_b = 2,66 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}$$

$$A_b = 4 \text{ m}^2$$

### Área total de las pilas o lechos

Para el cálculo del Área total de las pilas se debe utilizar la siguiente fórmula:

$$A_t = A \times N_p$$

Ecuación 8. Área total de las pilas o lechos

#### Datos:

- Número de pilas o lechos a realizar = 4
- Área total de la pila o lecho = 16.3 m<sup>2</sup>

Reemplazar datos en la Ecuación 8.

$$A_t = 16.3 \text{ m}^2 \times 4 \text{ pilas}$$

$$A_t = 65.2 \text{ m}^2$$

### Número de pasillos

Es necesario contar con un espacio entre cada una de las pilas o lechos los mismos que son denominados como pasillos. Estos pasillos están dimensionados según el tipo de sistema ya sea manual o mecánico, y para este proyecto el sistema es tipo manual y por lo mismo la dimensión se realiza en función al número, longitud y ancho de cada pila o lecho.

El primer paso es determinar el número de pasillos con la siguiente fórmula:

$$N_{pas} = N_p - 1$$

Ecuación 9. Número de pasillos

Reemplazar datos en la Ecuación 9.

$$N_{\text{pas}} = 4 - 1$$

$$N_{\text{pas}} = 3$$

### **Distancia entre pilas o lechos**

La distancia entre cada pila o lecho se calculó con la siguiente fórmula:

$$d = \frac{b}{2} \times 2$$

Ecuación 10. Área de los pasillos

Reemplazar datos en la Ecuación 13.

$$d = \frac{1,5 \text{ m}}{2} \times 2$$

$$d = 1,5 \text{ m}$$

### **Base del último pasillo**

La base del último pasillo se calculó con la siguiente fórmula:

$$B_{\text{pas}} = \frac{b}{2}$$

Ecuación 11. Área último pasillo

Reemplazar datos en la Ecuación 11.

$$B_{\text{pas}} = \frac{1,5 \text{ m}}{2} = 0,75 \text{ m}$$

### **Área del último pasillo**

El área del último pasillo se calculó con la siguiente fórmula:

$$A_{\text{pas}} = \frac{l}{2}$$

Ecuación 12. Altura del último pasillo

Reemplazar datos en la Ecuación 12.

$$A_{\text{pas}} = \frac{2,66 \text{ m}^2}{2}$$

$$A_{\text{pas}} = 1,33 \text{ m}^2$$

### Área total de la compostera o lombricultivo

Para calcular el área total de la compostera se utilizó la siguiente fórmula según los datos y como se muestran en la Figura 2:

$$A_T = b_t + h_t$$

Ecuación 13. Área total de la compostera o lombricultivo

#### Datos:

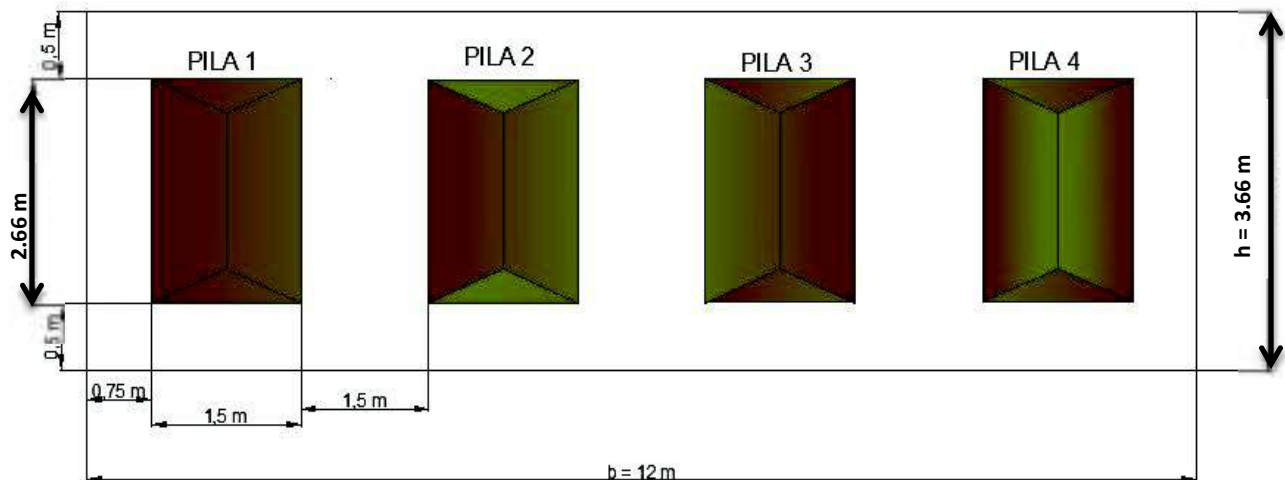
$$b_t = 12 \text{ m}$$

$$h_t = 3,66 \text{ m}$$

Reemplazar datos en la Ecuación 13.

$$A_T = 12 \text{ m} \times 3,66 \text{ m}$$

$$A_T = 43,92 \text{ m}^2$$



**Figura 25.** Dimensiones para el diseño de la compostera y lechos de lombricultura

## Porcentaje de cada material en la mezcla total

El porcentaje de cada material en la mezcla, se calcula al saber que la masa total es el 100 % de la mezcla de los materiales, de tal manera que la masa de cada material se debe dividir para masa total. Después se debe multiplicar por el 100% para obtener un valor en %. Para este cálculo se debe utilizar las siguientes fórmulas:

$$\% m_{es} = \frac{m_{es}}{mT}$$

Ecuación 14. Porcentaje de estiércol

$$\% m_{cr} = \frac{m_{cr}}{mT}$$

Ecuación 15. Porcentaje de Contenido ruminal

$$\% m_{rp} = \frac{m_{rp}}{mT}$$

Ecuación 16. Porcentaje de restos de poda

Reemplazar datos en la Ecuación 14.

$$\% m_{es} = \frac{600 \text{ kg}}{1500 \text{ kg}} = 0,4 \times 100\% = 40 \%$$

Reemplazar datos en la Ecuación 15.

$$\% m_{cr} = \frac{600 \text{ kg}}{1500 \text{ kg}} = 0,4 \times 100\% = 40 \%$$

Reemplazar datos en la Ecuación 16.

$$\% m_{rp} = \frac{300 \text{ kg}}{1500 \text{ kg}} = 0,2 \times 100\% = 20 \%$$

## **Relación Carbono/Nitrógeno Total (Estiércol, contenido ruminal y restos de poda)**

Las relaciones Carbono - Nitrógeno (C:N) utilizadas para los cálculos de este proyecto fueron:

- **Relación Carbono – Nitrógeno (C:N) del estiércol:** Según la FAO, 2013 y Home Composting, 2016, la relación C:N es de 25:1, para obtener como resultado un buen producto tanto en el proceso de compostaje como en la lombricultura.  
Según la Gestión Integral de Residuos Ganaderos como Fertilizantes, 2012, la relación carbono nitrógeno de bovinos se encuentra entre 20-30:1.
- **Relación Carbono – Nitrógeno (C:N) del contenido ruminal:** El valor de la relación C:N ideal para el contenido ruminal es de 21.32:1, mismo que ayudará a obtener un buen producto de compostaje y lombricultura. (Lucas, 2017).
- **Relación Carbono – Nitrógeno (C:N) de restos de poda:** Según Home Composting, 2016, el rango ideal para la relación C:N, es de 17:1 a 30:1, ya que dependerá del tiempo que tiene los restos de poda, es decir, si los restos de poda están frescos la relación C:N será más baja, mientras que si los restos de poda se encuentran más secos la relación C:N será mayor.

Es importante mencionar que para obtener un buen producto en el proceso de compostaje y lombricultura es ideal mantener una relación C:N que se encuentre en un rango de 15:1 a 35:1, debido a que si mantenemos este rango, el material a compostar mantendrá un balance en cuanto a los parámetros que son importantes para la elaboración del mismo. (FAO, 2013).

De la misma manera se debe tomar en cuenta que las relaciones carbono nitrógeno fueron escogidas según la bibliografía. Sin embargo los valores varían según los autores, por lo cual se decidió que el valor de la relación carbono/nitrógeno de estiércol es de 27:1 debido que en el proceso de faenamiento se encuentran vacas lecheras que hacen que aumente la misma relación base establecida de 25:1.

La relación carbono/nitrógeno de los restos de poda será de 30:1, al dejar que los mismos se deshidraten hasta alcanzar el valor más alto de su relación.

Para calcular la relación Carbono/ Nitrógeno total de la mezcla con los materiales a utilizar como sustrato se debe utilizar las siguientes fórmulas:



$$C/N_T = (\% m_{es} \times C/N_{es}) + (\% m_{cr} \times C/N_{cr}) + (\% m_{rp} \times C/N_{rp})$$

#### Ecuación 17. Relación Carbono/Nitrógeno total

Hay que mencionar que se debe calcular previamente el valor del porcentaje de masa de cada uno de los componentes de la mezcla, logrando así un 100% de mezcla total.

Este valor en porcentaje y masa de cada material o componente a usar puede variar según la cantidad que se tenga de cada uno.

Para este proyecto se utilizó un total de 1500kg de masa total, de la cual 600 kg son contenido ruminal, 600 kg son estiércol y 300 kg son de restos de poda.

#### Datos:

- $\% m_{es} = 0,4$
- $\% m_{cr} = 0,4$
- $\% m_{rp} = 0,2$
- $C/N_{es} = 27/1$
- $C/N_{cr} = 21,32/1$
- $C/N_{rp} = 30/1$

Reemplazar datos en la Ecuación 17.

$$C/N_T = (0,4 \times 27/1) + (0,4 \times 21,32/1) + (0,2 \times 30/1)$$

$$C/N_T = 25,32/1$$

## ANEXO 2

### Monitoreo durante el compostaje

Según la (FAO, 2013) en “El Manual del compostaje del Agricultor”, preparado por la Oficina Regional de la FAO en colaboración con el Grupo de Investigaciones en Suelo, Agua, Planta y Microorganismos de la Universidad Técnica Federico Santa María, dice que la etapa de monitoreo debe realizarse de la siguiente manera:

### Aireación

El compost debe estar bien aireado para lograr una adecuada respiración de los microorganismos, y de la misma liberar dióxido de carbono a la atmósfera (CO<sub>2</sub>). Esto se logra al remover los materiales dentro del compost, evitando la putrefacción, la compactación y la acumulación de humedad de los materiales.

**Tabla 28:** Control de aireación. (FAO, 2013)

AIREACIÓN	PROBLEMA	SOLUCIONES
<b>Exceso de aireación</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aumento de temperatura.</li><li>• Evaporación del agua.</li><li>• El proceso de descomposición se detiene.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Agregar material picado con el fin de reducir la aireación.</li><li>• Regular la humedad, añadiendo agua al material o añadiendo material fresco como hojas, restos de frutas, aserrín, etc).</li></ul>
<b>Baja aireación</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Insuficiente evaporación de agua.</li><li>• Exceso de humedad.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Agregar material que permita la aireación.</li><li>• Voltear la mezcla.</li></ul>

### Humedad

Se debe mantener una humedad homogénea en la compostera, el compost se debe dejar con agua solo hasta que este se humedezca ya que los organismos encargados de la descomposición de los materiales necesitan una cierta cantidad de agua para desarrollar su actividad.

Una buena forma de comprobar la humedad es mediante la “técnica del puño” la cual consiste en introducir a mano en la pila de la compostera y sacar un puñado del material y abrir la mano, el material debe estar compactado sin que escurra agua.

Si existe agua escurriendo se debe remover el material seco y si por el contrario el material se encuentra muy seco y se suelta se debe añadir agua o material fresco.

**Tabla 29:** Humedad óptima. (FAO, 2013)

HUMEDAD	PROBLEMA	SOLUCIONES
<b>Humedad insuficiente</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Detiene el proceso de compostaje.</li> <li>• Insuficiente agua.</li> <li>• Inexistencia de microorganismos que ayudan en el proceso de compostaje.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regular la humedad, añadiendo agua al material o añadiendo material fresco como hojas, restos de frutas, aserrín, etc.</li> </ul>
<b>Falta de oxígeno</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exceso de humedad.</li> <li>• Desplazamiento de oxígeno.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agregar materiales secos y con alto contenido de carbono, así como: paja, aserrín y hojarascas.</li> <li>• Voltear la mezcla.</li> </ul>

### Temperatura

La temperatura es uno de los factores más importantes en la elaboración del compostaje, ya que, en las primeras fases del proceso es indispensable tener una temperatura elevada para que de esta manera se aumente la presencia de microorganismos que ayudarán a la descomposición de materia orgánica y tener óptimos resultados. El compostaje inicia a una temperatura ambiente y puede incrementarse hasta los 65°C sin que exista algún calentamiento externo para lograr nuevamente una temperatura estable.

La temperatura no debe disminuir rápidamente ya que aumentaría el tiempo de descomposición. La forma de comprobar la temperatura se logra fácilmente con un termómetro, pero si no se dispone del mismo se puede utilizar una barra metálica o de madera y se debe introducir en la pila de compost en diferentes puntos de la misma y manualmente se puede comprobar la temperatura de manera aproximada del compost.

**Tabla 30:** Temperatura óptima. (FAO, 2013)

TEMPERATURA	FACTOR	PROBLEMA	SOLUCIONES
<b>Altas temperaturas &gt;70°C</b>	Insuficiente humedad y ventilación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperaturas altas, la actividad microbiana se reduce e impide la terminación del proceso de compostaje.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voltear la mezcla.</li> <li>• Agregar material con alto contenido de carbono, así como: madera, aserrín o pasta seco.</li> </ul>
<b>Bajas temperaturas &lt;35°C</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Material insuficiente .</li> <li>• Falta de nitrógeno, baja relación C:N.</li> <li>• Falta de humedad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Insuficiente material, forma de la pila inadecuada lo cual afecta a la temperatura.</li> <li>• Los microorganismos no tienen la cantidad necesaria de nitrógeno, la pila no alcanza la temperatura necesaria.</li> <li>• Los microorganismos disminuyen su actividad y por lo tanto la temperatura disminuye.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Añadir material a la pila.</li> <li>• Añadir material con alto contenido de nitrógeno, así como estiércol.</li> <li>• Humedecer o añadir material fresco, así como: hojas y restos de frutas.</li> </ul>

### **pH (Potencial de Hidrógeno)**

El pH de la pila de compost será variable según el tiempo de vida de la misma y en las diferentes fases en las que el compost se encuentre.

En la primera fase, mesófila, el pH será ácido debido a la creación de ácidos orgánicos, en la fase termófila o de higienización el pH se incrementará debido a la transformación de amonio en amoníaco, por ello se alcalinizará y después se estabiliza en valores neutros.

Hay que mencionar que la mayor actividad bacteriana se produce a pH 6.0- 7.5, mientras que la mayor actividad bacteriana se produce a pH 5.5-8.0.

El rango ideal es de 5.8 a 7.2.

La medida del pH se realizará directamente en la pila, insertando una tira indicadora de pH y se leerá la misma según una comparación o rango de color.

**Tabla 31:** pH óptimo. (FAO, 2013)

pH	PROBLEMA	SOLUCIONES
<b>Exceso de nitrógeno</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Deficiencia de C:N, asociado a la humedad y altas temperaturas como consecuencia de la producción de amoníaco de la degradación de las proteínas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Agregar material con alto contenido de carbono.</li> </ul>
<b>pH neutro (ideal)</b>	El rango óptimo de pH para la mezcla esta dado entre 5.5 y 8.0, tomando en cuenta que las bacterias se desarrollan con un pH cercano al neutro, mientras que los hongos se desarrollan en condiciones ácidas.	
<b>Exceso de ácidos orgánicos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El material libera muchos ácidos orgánicos y vuelven acido el medio afectando a la población microbiana.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Agregar material con alto contenido de nitrógeno.</li> </ul>

### Relación Carbono-Nitrógeno (C:N)

Esta relación varía según el material utilizado al inicio y en el momento de la elaboración de la pila de compost. Se logra mediante la división o relación del contenido de C (%C total) dividido para el contenido de N total (%N total) de los materiales utilizar en el compost. Dicha relación puede cambiar en cualquier etapa del proceso.

Los residuos sólidos orgánicos que poseen una baja relación C:N se descomponen rápidamente, motivo por el cual es mejor mezclar residuos con baja relación

C:N como plantas frescas con residuos de alta relación C:N como restos de caña de azúcar, paja y hojas secas de árboles. La composta adecuada debe tener una relación inicial de C:N de aproximadamente 25 a 50. (SEMARNAT, 2001).



**Tabla 32:** Relación Carbono/Nitrógeno. (FAO, 2013)

C:N	CAUSAS ASOCIADAS		SOLUCIONES
<b>&gt;35:1</b>	<b>Exceso de carbono</b>	Existe en la mezcla una gran cantidad de materiales ricos en carbono. El proceso tiende a enfriarse y no a ralentizarse.	Adición de material rico en nitrógeno hasta conseguir una adecuada relación C:N
<b>&lt;15:1</b>	<b>Exceso de nitrógeno</b>	En la mezcla hay una mayor cantidad de material rico en nitrógeno, el proceso tiende a calentarse en exceso y se generan malos olores por el amoníaco liberado.	Adición de material con mayor contenido en carbono (restos de poda, hojas secas, aserrín)

## **ANEXO 3**

### **Preparación del alimento o insumo para las lombrices**

Se puede utilizar estiércol del siguiente tipo:

- Ovino
- Bovino
- Camélido
- Caprino

Se debe mantener el sustrato oxigenado para mejorar la fermentación del mismo mediante remoción de 15 a 30 días antes de colocar las lombrices, mediante un precomposteo, de tal manera que el material pueda ser digerido con facilidad.

El sustrato o precompost no debe estar compacto ni demasiado mojado ya que esto evita que las lombrices logren vivir en su interior.

La humedad debe ser tal que al apretar el sustrato con la mano escurra unas mínimas gotas, si el sustrato se encuentra muy seco se debe rociar agua suavemente (no a chorros) una vez cada 24 horas.

En días de sol intenso se debe cubrir los lechos con plástico.

En días fríos o épocas de invierno se debe aumentar el tamaño de la pila entre 30 y 50 cm de alimento para mantener una temperatura adecuada para la supervivencia de las lombrices y también se puede cubrir los lechos. (AGROFLOR, 2009)

### **Colocación del alimento en los lechos**

El sustrato se debe colar en el lecho de tal manera que no cubra la totalidad de mismo, es decir se debe dejar un espacio libre de 10 a 12cm del alto a cada lado del largo del lecho en forma de montaña y se debe realizar este mismo procedimiento cada vez que se coloque el alimento en los lechos. (Agrolanzarote, 2013)

### **Siembra de lombrices en los lechos**

Las lombrices se deben colocar en la mañana cuando exista abundante sol de tal manera obligarlas a introducirse en el alimento o sustrato

Debe colocarse de manera aproximadamente 1000 lombrices por cada metro cuadrado de lecho con 0,50 cm de altura, con una población adulta y uniforme.

La población no debe exceder el número de lombrices por m<sup>2</sup>. Puede tener un rango máximo de (40000 a 50000 lombrices), pero se debe evitar esta densidad para que logren sobrevivir. (VALLE, 2010).

### **Cosecha**

El proceso de cosecha se realiza entre los 5 a 9 meses después y se empieza por detener la alimentación fresca por varios días, luego se coloca sustrato fresco en el centro del lecho provocando que las lombrices se ubiquen en este lugar para poder sacarlas y ubicarlas en un recipiente cuidadosamente hasta retirar el humus terminado sobre un plástico para deshidratarlo en un 50% del total de humedad presente. (TECA, 2004) (Agrolanzarote, 2013).



## **ANEXO 4**

### **Parámetros básicos para la lombricultura**

#### **Humedad**

Es recomendable que la humedad en los lechos se mantenga entre el 70% a 80% de humedad total, si la humedad es inferior al 70% imposibilita el movimiento y la ingestión de alimento debido a que estos organismos se alimentan mediante succión, por otro lado si la humedad del lecho esta sobre el 85% se producen condiciones anaeróbicas y las lombrices pueden morir. Si la humedad es menor al 55% puede provocar deshidratación en las lombrices y su muerte.

#### **Humedad de los lechos**

Debe existir una buena humedad en los lechos, para lo cual se debe rosear agua en periodos tales que 1 día si se humedece el lecho y dos días no se humedece y así sucesivamente.

#### **Temperatura**

La temperatura anatómica de la lombriz es 19 °C. La condición óptima de temperatura para el crecimiento y reproducción es de 18 a 25 °C. Si la temperatura es inferior a 16 °C o superior a 30 °C las lombrices ingresan a un etapa de latencia provocando la disminución de su reproducción, alimentación y por lo tanto una baja producción de abono.

#### **pH (Potencial de Hidrógeno)**

El valor óptimo de pH se encuentra entre los 5.0 a 8.4. En un pH inferior a 5.0 y superior a 8.5 las lombrices ingresan a una etapa de latencia. Hay que mencionar que un pH ácido aumenta la posibilidad de creación de plagas como la planaria. Un pH casi neutro que oscila entre 6.8 a 7.5; es adecuado para el desarrollo de plantas, sin afectar su crecimiento.

#### **Aireación**

La aireación es fundamental para una adecuada respiración y desarrollo de las lombrices, si esta escasea de la misma forma decrece su reproducción y consumo de alimentos. El lecho se debe voltear cada 4 días y cuatro veces por día.

## **Luz**

Estos organismos son fotosensibles debido a esto deben estar protegidos a rayos ultravioletas.

El contacto que las lombrices tienen con la superficie del lecho es cuando cava túneles en el suelo blando y húmedo, succiona la tierra con su faringe invaginada o bulbo muscular y vuelve a la superficie a expulsar por el ano el humus producido.

## ANEXO 5

**Tabla 33.** Plantilla de seguimiento para la elaboración de compostaje.

PLANTILLA DE SEGUIMIENTO			Fecha de inicio:						
			Fecha de finalización:						
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	
kg de residuos sólidos (estiércol)									
kg de residuos sólidos (contenido ruminal)									
kg de residuos sólidos (pasto recién cortado)									
Relación Carbono/Nitrógeno									
<b>Responsable:</b>					<b>Firma:</b>				

**Tabla 34.** Plantilla de seguimiento de parámetros para la elaboración del compostaje.

SEGUIMIENTO DEL PROCESO			Fecha de inicio:						
			Fecha de finalización:						
PARÁMETRO	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	
Temperatura									
pH									
Humedad									
<b>Responsable:</b>					<b>Firma</b>				

## 11. ABREVIATURAS

Área base de la pila o lecho:	$A_b$
Área base de la pila o lecho:	$A_p$
Altura de la pila o lecho:	$h$
Altura total de la compostera o lombricultivo:	$h_t$
Área del último pasillo:	$A_{pas}$
Área total de un paralelepípedo:	$A$
Área total de las pilas o lechos:	$A_t$
Área total de la compostera o lombricultivo:	$A_T$
Base de la pila o lecho:	$b$
Base del último pasillo:	$b_{pas}$
Base total de la compostera o lombricultivo:	$b_t$
Densidad:	$\rho$
Densidad contenido ruminal:	$\rho_{cr}$
Densidad de estiércol:	$\rho_{es}$
Densidad de restos de poda:	$\rho_{rp}$
Densidad total:	$\rho_T$
Distancia entre pilas o lechos:	$d$
Largo:	$l$
Masa:	$m$
Masa de contenido ruminal:	$m_{cr}$
Masa de estiércol:	$m_{es}$
Masa de restos de poda:	$m_{rp}$
Masa total:	$m_T$

Número de pilas:	$N_p$
Número de pasillos:	$N_{pas}$
Porcentaje de masa de contenido ruminal:	$\%m_{cr}$
Porcentaje de masa de estiércol:	$\%m_{es}$
Porcentaje de masa de restos de poda:	$\%m_{rp}$
Relación Carbono/Nitrógeno de contenido ruminal :	$C/N_{cr}$
Relación Carbono/Nitrógeno de estiércol:	$C/N_{es}$
Relación Carbono/Nitrógeno de restos de poda:	$C/N_{rp}$
Relación Carbono/Nitrógeno total:	$C/N_T$
Volumen:	$v$
Volumen de estiércol:	$V_{es}$
Volumen de contenido ruminal:	$V_{cr}$
Volumen de restos de poda:	$V_{rp}$
Volumen total:	$V_T$