



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**ANÁLISIS DE LA GENERACIÓN Y MANEJO DE LOS RESIDUOS
DE RASTROS MUNICIPALES EN MÉXICO Y ALTERNATIVAS
PARA SU APROVECHAMIENTO**

T E S I N A

**PARA OBTENER EL GRADO DE ESPECIALISTA EN
GESTION INTEGRAL DE RESIDUOS**

**P R E S E N T A:
BETSABÉ SALAS RAMOS**

**DIRECTOR:
DR. ALEXIS JOAVANY RODRÍGUEZ SOLÍS**

**CODIRECTOR
M. EN MRN. JULIO CÉSAR LARA MANRIQUE**

CUERNAVACA, MORELOS

MAYO, 2021

DEDICATORIA

A LETICIA RAMOS GARCÍA (1964-2021) IN MEMORAM

POR 30 AÑOS DE AMOR INCONDICIONAL

AGRADECIMIENTOS

Al posgrado (EGIR) de la Facultad De Ciencias Biológicas por haberme dado la oportunidad de seguir desarrollándome académicamente.

Especialmente agradezco al Dr. Alexis J. Rodríguez Solís por su compromiso en la tutoría del presente trabajo, su paciencia, sus conocimientos y experiencia.

A cada uno de los profesores de la especialidad por compartir sus conocimientos, su enseñanza y gratos momentos durante sus clases impartidas.

A los miembros del comité tutorial:

Dra. María Luisa Castrejón Godínez y Mtra. Ariadna Zenil Rodríguez por sus valiosas aportaciones que realizaron durante el desarrollo de la presente tesina.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
CAPITULO I.....	5
MARCO TEÓRICO.....	5
I.1 CONSUMO DE PRODUCTOS CÁRNICOS	5
<i>I.2.1 Actividades operativas</i>	<i>7</i>
<i>I.2.2 Instalaciones básicas de operación.....</i>	<i>7</i>
<i>I.2.3 Tipos de rastros.....</i>	<i>8</i>
I.2.3.1 Rastros Tipo inspección Secretaría de Salud (TSS).....	9
<i>I.2.4.2 Rastros TIF</i>	<i>9</i>
<i>I.2.5 Certificaciones aplicables a rastros.....</i>	<i>10</i>
I.2.5.1 Certificación TIF.....	10
I.2.5.2 Certificación de Buenas Prácticas de Manufactura en Plantas de Rendimiento o Beneficio.	11
I.2.5.3 Certificación México Calidad Suprema (MCS).....	11
<i>I.2.6 Rastros en México</i>	<i>11</i>
I.2.6.1 Inventario de Rastros en México.....	12
I.3 RESIDUOS GENERADOS EN RASTROS	16
<i>I.3.1 Residuos</i>	<i>16</i>
<i>I.3.2 Tipos de residuos generados en los rastros.....</i>	<i>16</i>
<i>I.3.3 Generación de residuos en los rastros</i>	<i>17</i>
I.4 TRATAMIENTOS IMPLEMENTADOS EN RASTROS PARA EL MANEJO DE SUS RESIDUOS.....	20
<i>I.4.1 Compostaje.....</i>	<i>22</i>
<i>I.4.2 Biodigestión</i>	<i>22</i>
<i>I.4.3 Planta de rendimiento</i>	<i>23</i>
<i>I.4.4 Relleno sanitario</i>	<i>23</i>
<i>I.4.5 Incineración</i>	<i>24</i>
<i>I.4.6 Encalar y enterrar.....</i>	<i>24</i>
<i>I.4.7 Sistema de lodos activados.....</i>	<i>24</i>
<i>I.4.8 Lechos de secado de lodos.....</i>	<i>25</i>
I.5 PROBLEMAS AMBIENTALES, E IMPACTOS ECONÓMICOS Y SOCIALES.....	25
I.6 LEGISLACIÓN RELATIVA A LOS RESIDUOS GENERADOS EN LOS RASTROS MUNICIPALES	30
<i>I.6.1 Marco legal.....</i>	<i>30</i>
<i>I.6.1.1 Federal.....</i>	<i>31</i>
<i>I.6.1.2 Estatal.....</i>	<i>37</i>
<i>I.6.1.3 Municipal.....</i>	<i>38</i>
CAPITULO II.....	39
II.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	39
OBJETIVOS.....	41

III.1 OBJETIVO GENERAL.....	41
III.2 OBJETIVOS PARTICULARES	41
CAPITULO IV.....	42
PROPUESTA A IMPLEMENTAR.....	42
CAPITULO V	43
PRINCIPALES HALLAZGOS.....	43
V.1 RESIDUOS GENERADOS EN RASTROS MEXICANOS.....	43
V.2 MANEJO ACTUAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS EN LOS RASTROS MUNICIPALES.....	60
<i>V.2.1 Estudios para el manejo de residuos generados en rastros.....</i>	<i>61</i>
V.2.1.1 Estudios sobre el manejo de residuos de aspecto sólido	61
V.2.1.2 Estudios sobre el manejo de residuos de aspecto líquido.....	62
<i>5.2.2 Tipos de manejo para el tratamiento para los residuos generados en rastros.....</i>	<i>66</i>
V.3 ALTERNATIVAS FACTIBLES DE APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE LOS RESIDUOS GENERADOS EN RASTROS MEXICANOS.....	68
CAPITULO VI.....	73
CONCLUSIONES	73
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Rastro municipal	6
Figura 1.2. Áreas en un rastro: corrales de desembarque, corrales de descanso y sala de matanza.....	7
Figura 1.3. Estados de la República Mexicana con mayor número de rastros establecidos. Fuente: SADER-SIAP, 2019.	13
Figura 1.4. Estados de la República Mexicana con mayor número de rastros TIF. Fuente: SADER-SIAP, 2019.	14
Figura 1.5. Estados de la República Mexicana con mayor número de rastros Municipales. Fuente: SADER-SIAP, 2019.	14
Figura 1.6. Rastros municipales por estado de la República Mexicana. Fuente: SIAP, 2019.	15
Figura 1.7. Estados de la República Mexicana con mayor número de rastros Privados. Fuente: SADER-SIAP, 2019.	15
Figura 1.8. Residuos generados en cada etapa del proceso de obtención de carne en ganado bovino. Fuente: Elaboración propia con datos de Signorini <i>et al.</i> , 2006.	18
Figura 1.9. Jerarquía para la gestión integral de los residuos.	20
Figura 5.1. Consumo de carne aviar, porcina y bovina. Fuente: Revista del consumidor, octubre 2019.....	43
Figura 5.2. Diagrama de flujo por operaciones en el proceso de la carne en general. Fuente: Signorini et al., 2006.....	44
Figura 5.3. Diagrama de flujo de los insumos y los residuos generados durante la recepción y manejo del ganado. Fuente: Signorini et al., 2006.	45
Figura 5.4. Diagrama de flujo de los insumos y los residuos generados durante la recepción y manejo del ganado. Fuente: Signorini et al., 2006.	45
Figura 5.5. Diagrama de flujo de los insumos y los residuos generados en la depilación de la canal de cerdo. Fuente: Signorini et al., 2006.	46
Figura 5.6. Diagrama de flujo de los insumos y los residuos generados en la remoción de la piel de cerdo. Fuente: Signorini et al., 2006.....	46
Figura 5.7. Diagrama de flujo de los insumos y los residuos generados en el proceso de remoción de la piel en el ganado bovino. Fuente: Signorini et al., 2006.	47
Figura 5.8. Diagrama de flujo de los insumos y los residuos generados en el desplume de la canal de ave. Fuente: Signorini et al., 2006.	47
Figura 5.9. Diagrama de flujo de insumos y residuos en la evisceración y corte de la canal de bovinos y porcinos. Fuente: Signorini et al., 2006.....	48

Figura 5.10. Diagrama de flujo de insumos y residuos del procesamiento del tracto gastrointestinal. Fuente: Signorini et al., 2006.....	49
Figura 5.11. Principales residuos y cantidad de generación por individuo en el proceso de matanza de ganado bovino y porcino. Fuente: Signorini et al., 2006.	51
Figura 5.12. Entidades con mayor número de sacrificio de ganado bovino en sus rastros municipales. Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, 2019.	52
Figura 5.13. Entidades con mayor número de sacrificio de ganado porcino en sus rastros municipales. Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, 2019.	52
Figura 5.14. Sacrificio de ganado bovino y porcino por entidad en los rastros municipales de la República Mexicana en el año 2019. Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, 2019.	54
Figura 5.15. Cabezas de ganado bovino y porcino en rastros municipales del año 2008 al 2019. Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, 2019; Signorini, <i>et al.</i> 2006.....	58
Figura 5.16. Litros de agua generados en el sacrificio de ganado en rastros municipales del año 2008 al 2019. Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, 2019; Signorini, <i>et al.</i> 2006.....	58
Figura 5.17. Heces y orinas generados en el sacrificio de ganado en rastros municipales del año 2008 al 2019. Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, 2019; Signorini, et al. 2006.....	59
Figura 5.18. Litros de sangre generados en el sacrificio de ganado en rastros municipales del año 2008 al 2019. Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, 2019; Signorini, et al. 2006.....	59
Figura 5.19. Decomisos generados en el sacrificio de ganado en rastros municipales del año 2008 al 2019. Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, 2019; Signorini, et al. 2006.....	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Rastros TIF, municipales y privados por entidad. Fuente: SIAP, 2019.	12
Tabla 1.2. Clasificación de residuos de acuerdo a la LGPGIR y las Normas Oficiales aplicables para su manejo.....	16
Tabla 1.3. Generación de los principales residuos en el procesamiento del ganado porcino.	18
Tabla 1.4. Generación de los principales residuos en el procesamiento del ganado bovino.	19
Fuente: Signorini <i>et al.</i> , 2006.	19
Tabla 1.5. Generación de los principales residuos en el procesamiento del ganado avícola .	19
Tabla 1.6 Opciones de manejos aplicados al tratamiento de residuos generados por los rastros.	22
Tabla 5.1. Concentraciones promedio de contaminantes en el agua residual en rastros.	50
Continuidad Tabla 5.1	50
Tabla 5.2. Sacrificio de ganado bovino y porcino en los rastros municipales de la República Mexicana en el año 2019.	53
Tabla 5.3. Generación de residuos por la matanza de ganado bovino en los rastros municipales de la República Mexicana en el año 2019.	55
Tabla 5.4. Generación de residuos por la matanza de ganado porcino en los rastros municipales de la República Mexicana en el año 2019.	56
Continuidad Tabla 5.4.....	57
Tabla 5.5. Generación de residuos por la matanza de ganado bovino y porcino en los rastros municipales de la República Mexicana en el año 2019.	57
Tabla 5.6. Alternativas de manejo integral propuestos para el tratamiento de residuos generados en los rastros de la República Mexicana.	65

RESUMEN

La producción de carne en México ha ido en aumento a lo largo de los años. Una de las razones principales de este incremento se relaciona con la mayor demanda de consumo de estos productos, lo que origina un incremento en la generación de los residuos resultantes en cada una de las etapas del proceso de sacrificio de animales para consumo humano en los rastros. Estos residuos al ser dispuestos inadecuadamente ocasionan impactos negativos sobre el ambiente y la salud humana. Dichos impactos son mitigados a través de un manejo integral; sin embargo, el país parece no contar con estrategias y/o planes para su atención. Por ello, este trabajo se enfocó en realizar un análisis de la situación actual de la operación de los rastros, la normatividad vigente aplicable, el manejo y tratamiento de los residuos generados, así como sus impactos al ambiente y salud humana. El presente trabajo se realizó mediante consultas bibliográficas que permitieran obtener la información más relevante en cuanto a los temas de interés; algunas de las fuentes consultadas fueron páginas institucionales, trabajos de tesis, leyes, normas oficiales mexicanas y artículos científicos publicados a través de distintos buscadores académicos. El análisis de la información recopilada permitió identificar que el marco legal en México no cuenta con una norma específica para la gestión de los Residuos generados en los rastros; por lo tanto, la mayoría de los rastros mexicanos no cuentan con una infraestructura adecuada para manejar ambientalmente el proceso de producción de carne y aplicar un manejo integral a sus residuos. Los mayores impactos ambientales son ocasionados por el vertido de las aguas residuales generadas, que afectan directamente a la sanidad de cuerpos de agua superficiales o subterráneos, y a su vez debido a su concentración de contaminantes crean el ambiente propicio para ser fuente de riesgo para la salud humana. Dada la baja inversión destinada para la operación de los rastros mexicanos se propone utilizar el tratamiento de los residuos generados a través de composteo, el cual es recomendable debido a su bajo costo de aplicación. Otras de las alternativas de manejo que pueden ser adoptadas fácilmente por los rastros, son la separación manual o mecánica de sangre en tanques de recolección, almacenamiento y el lavado en seco en algunas de las etapas del proceso.

ABSTRACT

Meat production in Mexico has been increasing over the years. One of the main reasons for this increase is related to the higher consumer demand for these products, which causes an increase in the generation of the waste resulting from each of the stages of the slaughter process of animals for human consumption in slaughterhouses. These wastes, when improperly disposed of, because negative impacts on the environment and human health. These impacts are mitigated through comprehensive management; however, the country does not seem to have strategies and/or plans for their attention. For this reason, this work focused on carrying out an analysis of the current situation of the operation of the slaughterhouses, the current applicable regulations, the management and treatment of the waste generated, as well as its impacts on the environment and human health. The present work was done through bibliographic consultations that allowed to obtain the most relevant information regarding the topics of interest. Some of the sources consulted were institutional pages, thesis papers, laws, Mexican official norms and scientific articles published through different academic search engines. The analysis of the information collected allowed us to identify that the legal framework in Mexico does not have a specific standard for the management of waste generated in the tracks; therefore, most of the Mexican slaughterhouses do not have an adequate infrastructure to manage the meat production process environmentally and apply integral management to its residues. The most significant environmental impacts are caused by the discharge of the wastewater generated, which directly affects the sanitation of surface or underground water bodies, and in turn, due to its pollutants concentration, they create an environment conducive to being a source of risk to human health. Given the low investment destined for the Mexican slaughterhouses' operation, it is proposed to use the treatment of waste generated through composting, which is recommended due to its low application cost. Other management alternatives that the slaughterhouses can easily adopt are the manual or mechanical separation of blood in collection and storage tanks and dry cleaning in some of the process stages.

INTRODUCCIÓN

La alimentación es imprescindible para el hombre, debido a que provee los nutrientes para su crecimiento, reparación de tejidos, el funcionamiento celular, entre otros aportes; lo que permite la producción de energía para realizar las distintas actividades vitales en el desarrollo de la vida humana.

A lo largo de la evolución, la alimentación del hombre ha ido cambiando, en un principio su dieta consistía principalmente en el consumo de frutas, verduras, raíces y nueces, sin embargo, debido a la sobreexplotación de recursos, cambios climáticos y el crecimiento de la población añadieron el consumo de carne, lo cual se logró debido al desarrollo de herramientas esculpidas a base de piedra, hueso y marfil, y el desarrollo de técnicas para la obtención de alimentos como la cacería en grupo y la evasión de predadores (Arroyo, 2008).

Es así que, desde tiempos pasados hasta la actualidad, la alimentación del ser humano ha estado conformada por el consumo de carne y a sus derivados como fuente de proteína. De manera que, la demanda de estos productos hace necesaria la creación y desarrollo de instalaciones adecuadas para el procesamiento de alimentos de origen animal.

Los establecimientos destinados para la obtención de carne en México son comúnmente denominados “Rastros”. Los cuales en su operación son catalogados como responsabilidad de los municipios de acuerdo al artículo 115, fracción III, de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. El rastro municipal se ofrece como un servicio público, el cual cuenta con las instalaciones físicas, equipo, herramientas y el personal operando para el sacrificio de animales. Además, debe cumplir con las condiciones de higiene y salubridad para proveer productos cárnicos adecuados para el consumo de la población (COFEPRIS, 2005).

Los rastros deben de cumplir con los criterios establecidos en distintas normas oficiales mexicanas tales como la **NOM-194-SSA1-2004** sobre especificaciones técnicas que deben considerarse en un rastro o matadero municipal; la **NOM-033-SAG/ZOO-2014** de los métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres; y la **NOM-009-ZOO-1994** que regula el proceso sanitario de la carne; por mencionar algunas.

A pesar de la existencia de una legislación para regular los rastros, en el desarrollo de su operatividad los establecimientos se muestran ineficientes, debido a diversas razones, como la falta de capacidad técnica y profesionalización del personal, falta de supervisión de los órganos de gobierno encargados, poco presupuesto designado, inexistencia de coordinación de los tres

niveles de gobierno, entre otras. Lo cual trae como consecuencia bajos estándares de sanidad en su operatividad.

Los rastros, en cada uno de sus procesos generan una considerable cantidad de residuos, encontrándose componentes de los tres tipos catalogados por la **Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos**, Sólidos Urbanos, de Manejo Especial y Peligrosos, por sus características biológico–infecciosas (LGPGIR, 2003; SEMARNAT, 2002; SEMARNAT, 2011). Estos residuos no cuentan con un manejo y/o disposición final adecuada, dichos residuos al ser expuestos generan efectos adversos sobre el ambiente, tales como contaminación a cuerpos de agua, aire y suelo, proliferación de vectores, afectaciones a la biodiversidad presente, a la salud humana, y en el ecosistema en su conjunto (Nježic & Okanović, 2010; Djordje *et al.* 2011).

Por lo que, los rastros municipales requieren contar con un plan de manejo para sus diferentes tipos de residuos con el fin de darles un manejo integral. Por lo tanto, el presente trabajo tiene como objetivo realizar un análisis de los residuos generados en rastros municipales en México, la normatividad que los rigen, tipos de manejos y/o tratamientos implementados, así como las consecuencias ambientales y de salud ya registradas y, relacionada con la problemática que genera su manejo inadecuado. Lo cual permitirá conocer el estado actual del manejo de los residuos generados en los rastros mexicanos e identificar las áreas deficientes en sus procesos para convertirlas en áreas de oportunidad y a su vez propone alternativas para su aprovechamiento.

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

I.1 Consumo de productos cárnicos

El origen de la ingesta de carne en la dieta del hombre, se remonta a 1.8 millones de años atrás, con la presencia de la especie *Homo habilis*, del cual su alimentación era omnívora, alimentándose principalmente de materiales vegetales (Nježić & Okanović 2010; Djordje *et al.* 2011). Esta especie se caracterizó por la fabricación de herramientas de piedra, por lo que investigadores suponen que éstas eran empleadas en el corte de carne que los machos aprovechaban de los escasos restos abandonados por carnívoros más hábiles, para lo cual quebrantaban las osamentas y extraían la médula (Blumenschine & Cavallo, 2000).

Al paso del tiempo emergieron nuevas conductas entre los homínidos, que dieron pie a una mejor obtención de alimentos, como la cacería en grupo y la evasión de predadores (Larsen, 2003), algunas presas eran desde pequeños mamíferos, hasta la obtención de presas mayores, principalmente herbívoros ungulados (Arroyo, 2008). Posteriormente en la línea de evolución del hombre siguió el *Homo erectus*, especie para la cual existen investigaciones que aseguran que en su dieta incorporó cantidades significativamente mayores de carne (Eaton & Konner, 1985), así hasta llegar al periodo Paleolítico en el cual hay registros de la existencia de humanos más modernos, donde el hombre Cro-magnon es el principal representante, el cual dependió de la cacería de grandes mamíferos; por lo que para estas épocas se estima que la carne probablemente proveía cerca de 50% de la dieta (Arroyo, 2008, Eaton & Konner, 1985). De acuerdo con información de registros fósiles, Eaton y Konner propusieron, en 1985, el final de la dieta del periodo paleolítico, y lo determinaron mediante un análisis de las dietas de grupos de cazadores-recolectores supervivientes en el siglo XX (Arroyo, 2008, Eaton & Konner, 1985).

Cientos de años después con el surgimiento de la agricultura y la ganadería, el consumo de carne se establece como fuente de proteína en la alimentación del hombre. Ante esta necesidad y el innegable crecimiento de la población, se tornó necesaria la crianza intensiva de diferentes tipos de animales, y con ello el destinar sitios de matanza para hacer llegar el producto cárnico a la sociedad, los cuales son llamados rastros.

I.2 Generalidades de los rastros

Los rastros son establecimientos destinados al sacrificio de animales, donde se practican procedimientos convenientes para proveer de carne con los estándares sanitarios adecuados para el consumo de la población como alimento. Son de jurisdicción del gobierno municipal, adscrito al área de responsable de la prestación de servicios públicos, los cuales tienen por objeto principal el proporcionar las instalaciones adecuadas para el procesamiento de las carnes (COFEPRIS, 2005).



Figura 1.1. Rastro municipal

El servicio público de rastros cuenta con personal, equipo y herramientas necesarias para su operación. La prestación de este servicio permite:

- Proporcionar a la población carne con condiciones higiénicas y sanitarias necesarias para su consumo.
- Controlar la introducción de animales a través de su autorización legal.
- Realizar una adecuada comercialización y suministro de carne para consumo humano.
- Lograr un mejor aprovechamiento de los subproductos derivados del sacrificio de animales.
- Generar ingresos derivados del cobro de cuotas por el sacrificio de animales.
- Evitar la matanza clandestina en casas y domicilios particulares.
- Racionalizar el sacrificio de animales, protegiendo el desarrollo de las especies.

Un rastro municipal está conformado de corrales de desembarque, y de depósito, así como la sala de matanza. El corral de desembarque está destinado a recibir el ganado que va a ser sacrificado; el corral de depósito resguarda al ganado que después de su inspección, una vez que cumplió con

los requisitos de propiedad, sanitarios y fiscales, se encuentra preparado para el sacrificio; y la sala de matanza donde se realiza el sacrificio, la extracción de vísceras y el corte de carnes (COFEPRIS, 2005).



Figura 1.2. Áreas en un rastro: corrales de desembarque, corrales de descanso y sala de (matanza).

I.2.1 Actividades operativas

Las actividades operativas son realizadas desde que el ganado ingresa al rastro hasta que se entregan los canales para su distribución, se enlistan enseguida en el orden de ejecución:

- **Recepción:** el ganado que se va a sacrificar se recibe y traslada al corral de desembarque; en esta fase las autoridades sanitarias realizan una revisión minuciosa del estado en que se encuentran los animales, asegurándose que no presenten alguna enfermedad y comprueben su procedencia, legalidad, fierro y contraseñas.
- **Matanza:** en caso de que el animal reúna las condiciones sanitarias requeridas, se traslada a la sala de matanza para su sacrificio, degüello, evisceración y corte de canales.
- **Inspección:** el inspector de la Secretaria de Salud realiza una revisión minuciosa de la carne y es quien garantiza el buen estado del producto.
- **Distribución:** se realiza después de que el administrador del rastro es notificado del buen estado de la carne; esta actividad es un servicio opcional del rastro, debido a que no todos los municipios cuentan con transportes refrigerados para el adecuado manejo de la carne.

En caso de que las carnes no reúnan las normas del control de calidad requerido, se procede al *decomiso* para su posterior incineración en el horno crematorio.

I.2.2 Instalaciones básicas de operación

Las instalaciones en los rastros municipales se encuentran situadas en diferentes áreas de operación, las cuales se mencionan a continuación:

Unidad de producción: esta unidad se integra por dos tipos de locales, el cajón de matanza para porcinos y cajón de matanza para bovinos.

Áreas complementarias internas: integrada por una zona de destace, una zona de engambrelado, de evisceración y un área de inspección y sellado.

Áreas complementarias exteriores: aquí se encuentran la caseta de control, la rampa de descarga de animales, los corrales de ganado mayor y menor, los corrales de espera, el baño antemortem y el anexo para el sacrificio de pollos.

Incinerador de carnes: es un horno que se usa para quemar la carne descompuesta o procedente de animales enfermos.

Depósito de esquilmos: en este lugar se depositan todas aquellas partes de los animales que no son comestibles, por ejemplo, el estiércol extraído de las vísceras, pelajes, pezuñas y cuernos.

Tanque elevado para el almacenamiento de agua: éste se utiliza cuando el abastecimiento de agua es insuficiente, a fin de no obstaculizar la operación normal del rastro.

Red de drenaje: necesario el drenado de aguas residuales, con el fin de evitar focos de infección y contaminación, tanto al exterior como al interior de la unidad.

Adicionalmente a la infraestructura mencionada para los rastros municipales inspeccionados por la Secretaría de Salud (TSS), el rastro Tipo Inspección Federal (TIF) comprende como elementos complementarios de equipamiento los siguientes:

Almacén de forrajes: es un depósito para guardar las pasturas que se utilizarán para alimentar al ganado que espera ser sacrificado o vendido.

Frigoríficos: se utilizan para guardarla carne que se abastecerá a la población y que no pudo ser distribuida el día de la matanza.

Área de industrialización de carnes: en ella se realiza el procesamiento de los productos derivados de la carne.

Área de industrialización de esquilmos: se realiza el procesamiento de los desechos del ganado (COFEPRIS, 2005).

I.2.3 Tipos de rastros

En México existen dos tipos de rastros, los rastros municipales inspeccionados por la Secretaría de Salud (TSS) y los rastros de Inspección Federal (TIF) y, los cuales se diferencian por las

actividades que realizan, el equipamiento y la finalidad para los que fueron creados (COFEPRIS, 2005).

I.2.3.1 Rastros Tipo inspección Secretaría de Salud (TSS)

Los rastros TSS son comúnmente conocidos como rastros municipales, los cuales abastecen a la población local. Son inspeccionados por la Secretaría de Salud del estado correspondiente, la cual consiste en un control sanitario de la carne producida (COFEPRIS, 2005).

La administración de dichos rastros corresponde al gobierno municipal a través de la dirección responsable de la prestación de servicios públicos, la cual se basa en los establecimientos legales emitidos por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), a través del SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria) (SENASICA, 2018).

Las funciones y actividades que comprenden los rastros TSS son:

- Matanza, en ella se realiza el degüello y evisceración de los animales, corte de cernos, limpia de pieles y lavado de vísceras.
- Manejo de canales, que consiste en el corte de canales.
- Comercialización directa, en donde se expenden los productos derivados del sacrificio del ganado.

Es importante que los gobiernos municipales fomenten el establecimiento de éstos rastros con el fin de evitar el asentamiento de mataderos clandestinos, y así asegurarse que la población consuma carne con índices de salubridad adecuados a precios accesibles (COFEPRIS, 2005). Los procedimientos realizados en los rastros municipales son sencillos por medio del uso de equipos básicos. Sin embargo, esto permite que con bajos recursos se asegure la prestación del servicio público.

I.2.4.2 Rastros TIF

Los rastros TIF, además de prestar los servicios básicos, trabajan en la industrialización de los productos derivados de la carne (COFEPRIS, 2005), recibiendo una inspección sanitaria permanente por la SADER, donde se verifica que se cumplan las normatividades establecidas a nivel federal en las instalaciones, productos y de todos los procesos de industrialización (FIRCO, 2017).

Este proceder permite dar cumplimiento al objetivo de producir carne de óptima calidad, con altos niveles de inocuidad a nivel nacional e internacional, con riesgos menores de contaminación.

Estos estándares logrados permiten que la carne y subproductos de los rastros TIF se comercialicen en grandes centros urbanos y sean sólo éstos, seleccionados para exportación (MEPROSA, 2019).

Además, los rastros TIF en la industrialización de los productos derivados de la carne, cuenta con las siguientes funciones:

Empacadora de carnes: en la que se realizan embutidos como jamón, salchicha, salame, así como también chorizos y patés.

Sutura clínica: donde se producen hilos para cerrar heridas.

Industrialización de esquilmos: que consiste en el aprovechamiento de los desechos cárnicos para la producción de harinas y comprimidos destinados al alimento de animales.

La cualidad de los rastros TIF, es que el animal es mejor aprovechado favoreciendo con ello un mayor rendimiento (COFEPRIS, 2005), y un menor impacto negativo al ambiente y salud humana por la inadecuada disposición final de los residuos sólidos, de manejo especial y peligrosos generados durante las distintas etapas del procesamiento de la carne.

I.2.5 Certificaciones aplicables a rastros

I.2.5.1 Certificación TIF

La certificación tipo Inspección Federal (TIF) es un reconocimiento que otorga la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, a través del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), a las empresas dedicadas al sacrificio y procesamiento de carne, en México, se les da esta certificación a los establecimientos que tienen instalaciones adecuadas y cumplen con las normas de higiene e inocuidad de los productos cárnicos. En este contexto, el sello TIF es símbolo de calidad e inocuidad a nivel Nacional e Internacional.

En la certificación TIF, el SENASICA inspecciona el proceso en su totalidad, desde las instalaciones, la maquinaria, indumentaria, enseres que se utilizan en el proceso y que la producción cumpla con la óptima calidad higiénico-sanitaria que establecen las normas del gobierno mexicano, por ello este sistema minimiza el riesgo a la salud pública, trayendo consigo una serie de beneficios a la industria cárnica, porque facilita la movilización dentro del país y abre la posibilidad del comercio internacional, ya que los establecimientos TIF son los únicos elegibles para exportar (SENASICA, 2015).

I.2.5.2 Certificación de Buenas Prácticas de Manufactura en Plantas de Rendimiento o Beneficio.

Aplicable a rastros TIF.

Las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) se constituyen como regulaciones de carácter obligatorio en una gran cantidad de países; buscan evitar la presentación de riesgos de índole física, química y biológica durante el proceso de manufactura de alimentos, que pudieran repercutir en afectaciones a la salud del consumidor (OCETIF); los requisitos evaluados son establecidos por el manual “Buenas Prácticas de Manufactura en Plantas de Rendimiento o Beneficio” de la Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA).

I.2.5.3 Certificación México Calidad Suprema (MCS)

Aplicable a rastros TIF.

Es un sello que certifica la calidad, inocuidad y sanidad de los productos agropecuarios. Una empresa que cuenta con el sello México Calidad Suprema debe pasar por rigurosos controles en todos sus procesos productivos, asegurando que se apegan a las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y se llevan a cabo en óptimas condiciones de sanidad que no permiten ningún tipo de contaminación en el alimento. El sello de México Calidad Suprema es una garantía de Calidad Total.

Para poder certificar el producto bajo el sistema de México Calidad Suprema, productor y emparador deben cumplir con el pliego de condiciones, el “pliego de condiciones en carne de cerdo pc-002-2004” y el “pliego de condiciones en carne de bovino pc-003-2004”, según corresponda. Dichos pliegos de condiciones contienen las especificaciones para que el producto alcance la Calidad Suprema (Organismo Nacional de Certificación y Verificación Agroalimentaria A.C., 2016).

I.2.6 Rastros en México

En México, el sacrificio de animales para consumo humano se realiza en diferentes establecimientos comúnmente llamados rastros, los cuales se clasifican en rastro tipo inspección federal (TIF), rastro municipal, rastro particular y casa de matanza.

En la Norma Oficial Mexicana NOM-194-SSA1-2004 (Especificaciones sanitarias en los establecimientos dedicados al sacrificio y faenado de animales para abasto, almacenamiento,

transporte y expendio), los “rastros” son definidos como: todo establecimiento dedicado al sacrificio y faenado de animales para abasto, con capacidad diaria de sacrificio de al menos 28 cabezas de ganado mayor, o 56 de ganado menor o 1,000 aves domésticas, o una combinación considerando la relación de dos cabezas de ganado menor por una de ganado mayor o de 35 aves domésticas por un animal de ganado mayor. Mientras que las “casas de matanza” o también llamados mataderos, tienen una capacidad menor para el faenado de ganado.

Además, existen los mataderos clandestinos, los cuales son establecimientos no autorizados oficialmente y que por ende no cuentan con un registro en la Secretaría de Salud, y por consiguiente las condiciones sanitarias tanto de las instalaciones como del producto cárnico suelen ser deficientes y de riesgos altos para su consumo. Esta práctica está penada por la ley y puede derivar en ciertas sanciones a quienes las realicen (Juárez, 2013).

I.2.6.1 Inventario de Rastros en México

En la República Mexicana, actualmente se encuentran operando un total de mil ciento setenta y cinco rastros (1,175), de los cuales ciento veinte (120) son rastros Tipo Inspección Federal (TIF), ciento cincuenta y dos (152) son privados y novecientos tres (903) son rastros municipales (SIAP, 2019), (Tabla 1.1).

Tabla 1.1. Rastros TIF, municipales y privados por entidad. Fuente: SIAP, 2019.

ENTIDAD	TIF	MUNICIPALES	PRIVADOS	TOTAL
Aguascalientes	3	5	3	11
Baja California	3	1	12	16
Baja California Sur	1	12	0	13
Campeche	1	13	1	15
Coahuila	4	14	6	24
Colima	0	12	6	18
Chiapas	5	39	3	47
Chihuahua	6	43	4	53
Durango	5	29	4	38
Guanajuato	6	36	13	55
Guerrero	1	40	3	44
Hidalgo	1	23	6	30
Jalisco	11	123	21	155
Estado de México	7	39	15	61
Michoacán	2	113	4	119
Morelos	0	18	4	22
Nayarit	1	24	3	28

Continuación Tabla 1.1.

ENTIDAD	TIF	MUNICIPALES	PRIVADOS	TOTAL
Nuevo León	13	15	2	30
Oaxaca	0	10	4	14
Puebla	5	13	0	18
Querétaro	4	10	2	16
Quintana Roo	0	7	1	8
San Luis Potosí	4	27	7	38
Sinaloa	5	22	2	29
Sonora	10	44	2	56
Tabasco	0	16	2	18
Tamaulipas	4	27	1	32
Tlaxcala	0	6	1	7
Veracruz	9	55	16	80
Yucatán	4	26	1	31
Zacatecas	5	41	3	49
Rastros totales	120	903	152	1175

El Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera considera a los rastros “privados” en sus estadísticas, sin embargo, éstos se rigen bajo el mismo esquema de administración que los “TIF” o “Municipales”, por lo cual no se clasificaron como un tercer tipo de rastro.

Los estados con mayor número de rastros son los estados de Jalisco con 155; Michoacán con 119; Veracruz con 80; el Estado de México con 61; Sonora con 56; Guanajuato con 55; Chihuahua con 53; Zacatecas con 49 y Chiapas con 47 (Figura 1.3).

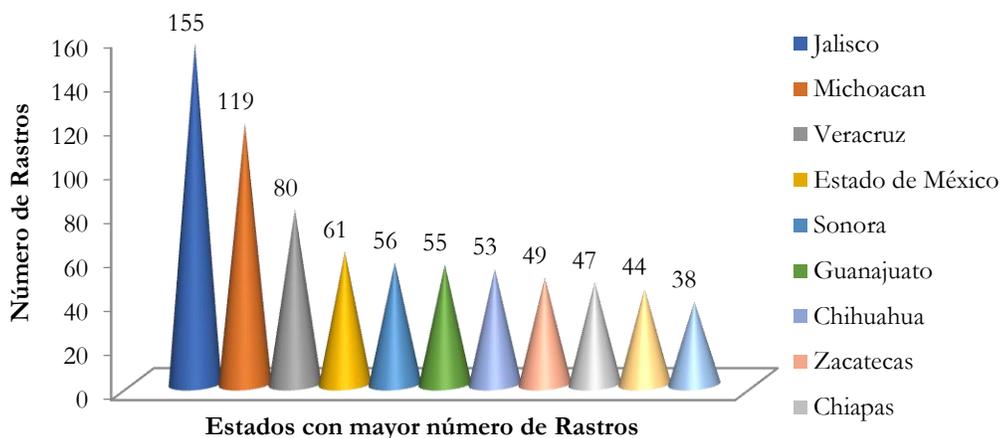


Figura 1.3. Estados de la República Mexicana con mayor número de rastros establecidos. Fuente: SADER-SIAP, 2019.

Los rastros TIF en los estados (Figura 1.4), se encuentran representados por un bajo número de establecimientos, en comparación con los rastros municipales; incluso hay estados que no tienen ninguno, como lo son los estados de Colima, Morelos, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco y Tlaxcala; mientras que los estados con mayor número de rastros TIF son Nuevo León con 13; Jalisco con 11; Sonora con 10 y Chihuahua con 6.

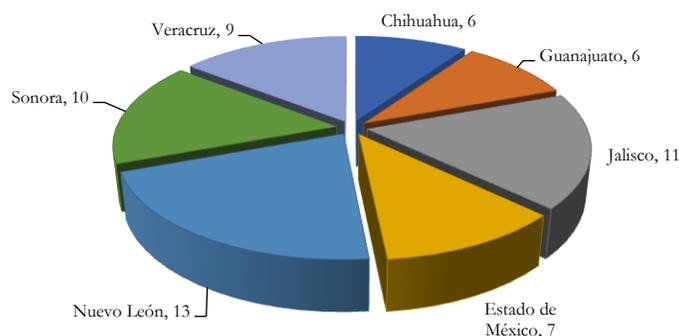


Figura 1.4. Estados de la República Mexicana con mayor número de rastros TIF. **Fuente:** SADER-SIAP, 2019.

Referente a los rastros municipales, sin duda los estados del país tienen un número mayor de establecimientos, de los estados mejor representados son: Jalisco, Michoacán, Veracruz, Sonora, Chihuahua, Zacatecas y Guerrero (figura 1.5). Para el número total de rastros privados en México, Jalisco tiene en su territorio 21 rastros, Veracruz 16 y el Estado de México 15, siendo estos tres estados los que poseen más centros de sacrificios privados (figura 1.7).

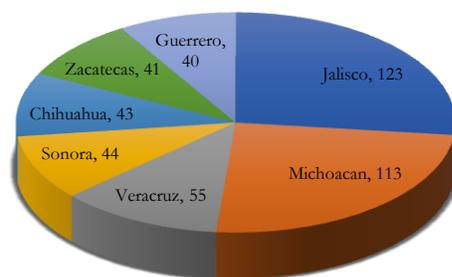


Figura 1.5. Estados de la República Mexicana con mayor número de rastros Municipales. **Fuente:** SADER-SIAP, 2019.



Figura 1.6. Rastros municipales por estado de la República Mexicana. Fuente: SIAP, 2019.

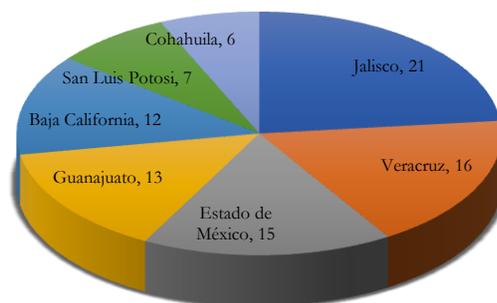


Figura 1.7. Estados de la República Mexicana con mayor número de rastros Privados. Fuente: SADER-SIAP, 2019.

I.3 Residuos generados en rastros

I.3.1 Residuos

Conforme a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) se define un residuo como el “*material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto en esta Ley y demás ordenamientos que de ella deriven*”.

En la LGPGIR, los residuos son categorizados en: *Residuos Sólidos Urbanos (RSU)*, *Residuos Peligrosos (RP)* y *Residuos de Manejo Especial (RME)*. Los RSU son los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por esta Ley como residuos de otra índole; los RP son descritos como aquellos que posean alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio, de conformidad con lo que se establece en esta Ley; y finalmente los RME, son generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos.

I.3.2 Tipos de residuos generados en los rastros

De acuerdo a su naturaleza y cantidad de generación, los rastros en cada una de las etapas del procesamiento de la carne generan dos tipos de residuos según la clasificación dada por la LGPGIR; residuos de manejo especial y residuos con potencial peligroso (Tabla 1.2).

Tabla 1.2. Clasificación de residuos de acuerdo a la LGPGIR y las Normas Oficiales aplicables para su manejo.

RESIDUOS GENERADOS	TIPO DE RESIDUO DE ACUERDO A LA LGPGIR	NORMAS APLICABLES
Aguas residuales	Sin categorizar	NOM-001-ECOL-1996 NOM-002-ECOL-1996
Animales muertos	Residuo peligroso Biológico-infeccioso	NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002
Animales sospechosos (infectados)	Residuo peligroso Biológico-infeccioso	NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002
Cabezas	Residuo peligroso Biológico-infeccioso	NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002

Continuación Tabla 1.2.

RESIDUOS GENERADOS	TIPO DE RESIDUO DE ACUERDO A LA LGPGIR	NORMAS APLICABLES
Camas de paja	Residuo de manejo especial	NOM-161-SEMARNAT-2011
Cuernos	Residuo de manejo especial	NOM-161-SEMARNAT-2013
Grasas	Residuo peligroso Biológico-infeccioso	NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002
Pedazos pequeños de carne	Residuo peligroso Biológico-infeccioso	NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002
Pelo	Residuo de manejo especial	NOM-161-SEMARNAT-2011
Pezuñas	Residuo de manejo especial	NOM-161-SEMARNAT-2013
Plumas	Residuo de manejo especial	NOM-161-SEMARNAT-2012
Sangre	Residuo peligroso Biológico-infeccioso	NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002
Vísceras	Residuo peligroso Biológico-infeccioso	NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002

Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT 2002, 2011, 213; Signorini *et al.*, 2006.

Los principales residuos generados son, las aguas residuales, la sangre y el contenido ruminal, esto, debido al volumen de generación y su capacidad contaminante; por otro lado la mayoría de los rastros no disponen de una separación eficiente de los residuos, lo que ocasiona una mezcla de ellos dotando al agua residual de una gran concentración de carga orgánica, las cuales habitualmente son vertidas en cuerpos de agua superficiales y al drenaje público.

El restante de los residuos en realidad son subproductos en la producción de la carne y piel, tales como grasas, vísceras, pelo, pezuñas, cuernos y contenido ruminal. Éstos son considerados como residuos de manejo especial, definido como aquellos *residuos generados en los procesos productivos que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos y por sus volúmenes de generación superiores a 10 toneladas por año o su equivalente en otras unidades* (LGPGIR, 2007).

I.3.3 Generación de residuos en los rastros

La cantidad y composición de residuos generados en las etapas de la obtención de carne, dependen del tipo de animal sacrificado, de los métodos de sacrificio, los equipos utilizados, el nivel de producción y las reglas de operatividad. En la Figura 1.8, se presentan las principales fuentes de generación de residuos en los rastros en la matanza de ganado bovino.

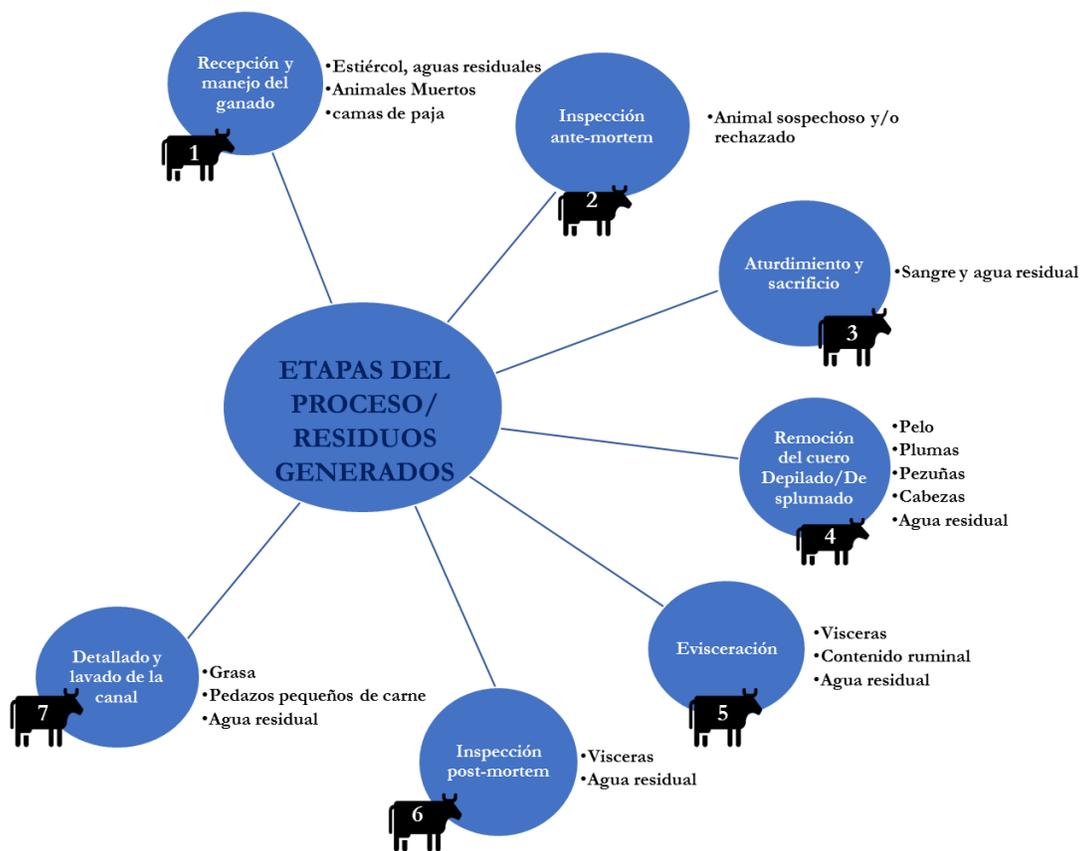


Figura 1.8. Residuos generados en cada etapa del proceso de obtención de carne en ganado bovino.

Fuente: Elaboración propia con datos de Signorini *et al.*, 2006.

En las tabla 1.3, 1.4 y 1.5, se muestran las cantidades de los principales residuos generados en el procesamiento de la carne, las cuales se encuentran clasificadas por tipo de ganado, (bovino, porcino y avícola), por ser las carnes preferidas para el consumo humano en México.

Tabla 1.3. Generación de los principales residuos en el procesamiento del ganado porcino.

GANADO PORCINO		
Etapa en el proceso de la carne	Residuo	Generación
Recepción y manejo del ganado	Agua residual	15 litros
	DBO ₅	1333.3 mg/L
	Desecho solido	1.5 kg
Aturdimiento y sacrificio	Sangre	4 litros
	Agua residual	6 litros
	DBO ₅	200,000 mg/L
Depilado	Agua residual	60 litros
	DBO ₅	5,000 mg/L
	Pelo de cerdo	1 kg
	Pedacería (piel, grasa, musculo)	2 kg
Evisceración y corte de canal	Tracto intestinal	10 kg
	Pedacería y órganos comestibles	3 kg

Continuación Tabla 1.3

Evisceración y corte de canal	Subproductos	5.5 kg
	Agua residual	40 litros
	DBO ₅	1,250 mg/L
Detallado y procesamiento del tracto gastrointestinal	Agua residual	50-100 litros
	DBO ₅	2,000-3,000 mg/L

Fuente: Signorini *et al.*, 2006

Tabla 1.4. Generación de los principales residuos en el procesamiento del ganado bovino

GANADO BOVINO		
Etapa del proceso de la carne	Residuo	Generación
Recepción y manejo del ganado	Agua residual	75 litros
	DBO ₅	1333.3 mg/L
	Desecho sólido	5 kg
Aturdimiento y sacrificio	Sangre	12 litros
	Agua residual	7 litros
	DBO ₅	200,000 mg/L
Remoción del cuero	Cabeza, pezuñas, cola	16 kg
	Músculos subcutáneos	3 kg
	Agua residual	5 litros
	DBO ₅	10,000 mg/L
Evisceración y corte de canal	Tracto intestinal	60 kg
	Pedacería y órganos comestibles	9 kg
	Subproductos	12 kg
	Agua residual	100 litros
	DBO ₅	1,200 mg/L
Detallado y procesamiento del tracto intestinal	Agua residual del lavado	300-500 litros
	DBO ₅	3,000-3,333.3 mg/L
	Líquido ruminal	10 kg
	Contenido ruminal sólido	40 kg
	Agua residual	200 litros
	DBO ₅	2,500 mg/L

Fuente: Signorini *et al.*, 2006.

Tabla 1.5. Generación de los principales residuos en el procesamiento del ganado avícola

GANADO AVICOLA		
Etapa en el proceso de la carne	Residuo	Generación
Aturdimiento y sacrificio	Sangre	0.05 litros
	Agua residual	Información no disponible
	DBO ₅	200,000 mg/L

Continuación Tabla 1.5.

	Plumas	0.151 kg
Remoción de plumas de las aves	Agua residual	Información no disponible
	DBO ₅	0.046 mg/L
	Pedacería	Información no disponible
Evisceración y corte de canal	Vísceras no comestibles	0.369 kg
	Agua residual	Información no disponible
	DBO ₅	0.035 mg/L

Fuente: Signorini *et al.*, 2006.

De los residuos que se muestran en las tablas, el agua residual se genera en casi todas las etapas del proceso de la carne, quedando exenta solo la inspección ante-mortem. Para poder estimar la calidad de las aguas residuales se mide la concentración de materia orgánica, expresada comúnmente como Demanda Química de Oxígeno (DQO o COD por sus siglas en inglés Chemical Oxygen Demand), o como Demanda Bioquímica de Oxígeno al día cinco (DBO₅ o BOD₅ por su nombre en inglés). El tratamiento de aguas residuales que contienen altos volúmenes de sangre resulta más costoso que el implementar medidas para evitar que ésta vaya al drenaje y emplearla como materia prima en algún proceso. Es por ello que debe evitarse en gran medida la descarga de sangre al drenaje de la instalación (Signorini, *et al.*, 2006).

I.4 Tratamientos implementados en rastros para el manejo de sus residuos

Debido a la gran generación y el constante incremento de los residuos en rastros, por sus implicaciones causadas a la sociedad y el ambiente, se vuelve necesario establecer un manejo integral para reducir los factores de riesgo en la producción y en sus establecimientos. De acuerdo a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR) se considera Manejo



Figura 1.9. Jerarquía para la gestión integral de los residuos.

Integral a *“Las actividades de reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, coprocesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, acopio, almacenamiento, transporte y disposición final de residuos, individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada, para adaptarse a las condiciones y necesidades de cada lugar, cumpliendo objetivos de valorización, eficiencia sanitaria, ambiental, tecnológica, económica y social”*.

En la gestión integral de residuos, se establecen jerarquías de manejo con la finalidad de que el volumen generado sea el mínimo al momento de su disposición final (Figura 1.9). El primer nivel en la jerarquía de la gestión integral de los residuos corresponde a la Prevención, que se refiere al conjunto de medidas destinadas a evitar la generación de residuos o a conseguir su reducción, o la de la cantidad de sustancias peligrosas o contaminantes presentes en ellos; en segundo lugar, está la Minimización, la cual involucra a cualquier actividad que reduzca la cantidad de residuos generados o producidos en un negocio o empresa; seguido por la reutilización para emplear nuevamente los productos usados en el mismo fin para los que fueron diseñados originariamente. En la cuarta posición se sitúa el Reciclaje que consta en la transformación de los residuos, dentro de un proceso de producción para su fin inicial o para otros fines; en el quinto rango se encuentra la Recuperación de energía, son transformaciones que implican la alteración física, química o biológica, normalmente utilizadas para recuperar materiales reutilizables, reciclables y recuperar productos de conversión. Por último, se encuentra la Disposición final como última opción para el tratamiento de los residuos.

Las principales transformaciones físicas incluyen separación de componentes y reducción mecánica de volumen o tamaño. Las transformaciones químicas de los residuos generalmente implican un cambio de fase (por ejemplo, sólido a líquido, sólido a gas, etc.) así como combustión, pirólisis y gasificación. Por último, las transformaciones biológicas son las mayormente utilizadas en el tratamiento de residuos orgánicos. Estas transformaciones pueden realizarse aerobia o anaerobiamente, según la disponibilidad de oxígeno (Tchobanoglous, 1999).

En algunos rastros ya se han implementado estrategias de manejo para el tratamiento de sus residuos, que se sitúan en algún nivel jerárquico de la gestión integral, con el fin de reducir los impactos negativos a la salud humana lo cual directamente incide en la reducción de dichos impactos al ambiente y el costo económico que se genera en remediar las afectaciones a la sociedad, (Tabla 1.6).

Tabla 1.6. Opciones de manejos aplicados al tratamiento de residuos generados por los rastros.

Nivel de jerarquía de la "GI"	Minimización	Minimización	Valorización	Valorización	Valorización	Disposición
Opciones de manejo	Incineración	Encalar y enterrar	Compostaje	Biodigestión	Planta de rendimiento	Relleno Sanitario
RESIDUOS	Sangre			•	•	
	Estiércol/Hece		•	•		
	Residuos de alimentos		•	•		
	Contenido gástrico/ruminal			•	•	
	Grasa y Pedacería			•	•	•
	Cuernos, pezuñas y otros no comestibles					•
	Órganos decomisados	•	•			
	Animales muertos	•	•			

Fuente: COFEPRIS, 2007.

El tratamiento para aguas residuales no se encontró entre los tratamientos expuestos en la tabla anterior, sin embargo, existen algunas opciones de manejo aplicadas en la actualidad, como los sistemas de centrífugas que producen lodos con altos contenidos de sólidos; lechos de secado que minimizan el contenido de agua y composteo, por mencionar algunos ejemplos de tratamientos que son utilizados comúnmente (Flores-Juárez, 2008). Aun así, la atención prestada por las administraciones de los rastros, al manejo de sus aguas residuales generadas es deficiente, pues, a nivel nacional la cantidad que se vierte directamente al drenaje público es del 72.6% del total de las aguas residuales no tratadas (Signorini *et al.* 2006).

I.4.1 Compostaje

Biotécnica donde se lleva a cabo la descomposición de residuos orgánicos y consisten en la transformación progresiva de un recurso, hasta la mineralización total de los materiales; en este proceso se pueden participar lombrices, insectos, microorganismos, entre otros, para poder obtener un producto inocuo, químicamente estable, con uso como mejorador de suelos, ya que puede incrementar su fertilidad y productividad del mismo (Uicab–Brito y Sandoval Castro, 2003).

I.4.2 Biodigestión

La biodigestión es un proceso en el cual la materia orgánica es degradada por influencia de la actividad de microorganismos, originando un gas, el cual está constituido por metano, dióxido de carbono y otros gases traza. Dentro de este proceso existen cuatro etapas, fundamentales, las cuales son: Hidrólisis, Etapa Fermentativa, Etapa Acetogénica y Etapa Metanogénica. Para que cada una de estas etapas se lleve a cabo se requieren ciertas condiciones. Entre las cuales se puede

mencionar: la temperatura y el pH, ambas están muy relacionadas con los procesos microbiológicos. De la primera depende la velocidad de crecimiento de los microorganismos. Mientras que de la segunda depende el desarrollo de los microorganismos en su medio, y la composición del biogás producido. Por otro lado, existe una variable a la salida del biodigestor requerida para la combustión, la cual es la presión; también existen otros factores determinantes en la biodigestión como: Naturaleza y composición bioquímica de la materia prima, relación carbono/nitrógeno de las materias primas, niveles de sólidos totales y sólidos volátiles, tiempo de retención hidráulico (TRH) y velocidad de carga orgánica (Carlos López *et al.* 2016). Los principales productos del proceso de digestión anaerobia, en sistemas de alta carga orgánica y en mezcla completa, son el biogás y un bioabono que consiste en un efluente estabilizado.

El biogás es una mezcla gaseosa formada principalmente de metano y dióxido de carbono, pero también contiene diversas impurezas. La composición del biogás depende del material digerido y del funcionamiento del proceso. Cuando el biogás tiene un contenido de metano superior al 45% es inflamable.

Las características del bioabono, dependen en gran medida del tipo de tecnología y de las materias primas utilizadas para la digestión. Durante el proceso anaeróbico, parte de la materia orgánica se transforma en metano, por lo que el contenido en materia orgánica es menor al de las materias primas. Gran parte de la materia orgánica de este producto se ha mineralizado, por lo que normalmente aumenta el contenido de nitrógeno amoniacal y disminuye el nitrógeno orgánico (FAO, 2011).

I.4.3 Planta de rendimiento

Fábrica o instalación que cuenta con equipo diverso como generadores de vapor, trituradores, molinos, cocedores, prensas mecánicas o hidráulicas, secadores, tamices, mezcladoras u otros para el beneficio, transformación o aprovechamiento de aquellos subproductos provenientes del sacrificio de animales que no resulten aptos para el consumo humano (SENASICA).

I.4.4 Relleno sanitario

Un relleno sanitario es un espacio en el que se vierten y compactan los residuos sólidos. La diferencia que existe entre éste y un tiradero es que el primero cuenta con una membrana que protege al suelo contra las filtraciones de los líquidos de la basura o lixiviados para que no alcancen cuerpos de agua.

En nuestro país la forma más común de disponer de los residuos sólidos es en los tiraderos controlados o no. Sin embargo, éstos representan un gran riesgo ambiental y a la salud pública ya que contaminan los mantos freáticos, generan malos olores, emiten gas metano y atraen a fauna nociva. En un relleno sanitario se controlan todos los impactos antes mencionados e incluso se puede generar energía eléctrica a través de la quema o combustión del gas metano (biogás) que se produce. Ésta debe ser siempre la última opción para el manejo de residuos debido a que la gran mayoría puede ser reciclado o reutilizado (COFEPRIS, 2007).

I.4.5 Incineración

La incineración es una técnica de tratamiento de residuos que permite reducir su volumen, su peso y modificar su composición debido al proceso de oxidación a elevada temperatura a que son sometidos. Debe considerarse que la incineración es una tecnología que puede formar parte de las tecnologías que configuran la gestión integral de residuos y no como una tecnología alternativa y excluyente. La incineración puede aplicarse a todo o parte de la fracción de rechazo procedente del reciclado y a aquellos residuos que necesitan reducir su peligrosidad antes de efectuar su vertido (Romero, 2010).

I.4.6 Encalar y enterrar

Ésta es quizá una de las formas más comunes de manejo de animales muertos y de órganos decomisados. También es la mejor forma de manejar estos residuos en rastros pequeños. Sin embargo, la viabilidad de esta forma de manejo dependerá de la cantidad de órganos decomisados, animales muertos y espacio disponible. Los órganos decomisados y animales muertos deben enterrarse a una profundidad de al menos medio metro, lo suficiente como para evitar que vectores como perros, roedores e insectos tengan acceso a los residuos. Asimismo, deben cubrirse con una capa delgada de cal que sirve como desinfectante (COFEPRIS, 2007).

I.4.7 Sistema de lodos activados

Es el proceso biológico de tratamiento de aguas residuales más comúnmente utilizado en el tratamiento de aguas residuales municipales e industriales. Es un proceso estable y con altas eficiencias de remoción de materia orgánica. Las modificaciones al proceso convencional son atractivas por su flexibilidad, sobre todo en la aceptación de cargas orgánicas variables.

En México más del 30% de las plantas de tratamiento son de lodos activados. Este proceso, en su modificación de aeración extendida, es ampliamente utilizado en el tratamiento de aguas residuales industriales. Para lograr una alta eficiencia en el tratamiento, se debe realizar una caracterización completa del agua residual y de las variaciones de flujo, con el fin de lograr la homogeneización del flujo y de la carga orgánica hacia el reactor. Otras variables que deben controlarse son la temperatura, la salinidad y la concentración de sustancias tóxicas ya que también influyen en la eficiencia del proceso (Moeller, 2004).

I.4.8 Lechos de secado de lodos

Los lechos de secado consisten en filtros poco profundos, llenos de arena y grava (piedras pequeñas, a veces llamada ripio), con un sistema de drenaje por debajo para recolectar los lixiviados. Este secado se basa en el drenaje de líquidos a través de la arena y la evaporación al aire del agua presente en la superficie de los lodos.

Su diseño y operación son muy sencillos y fáciles de comprender, siempre y cuando la tasa de carga de los lodos esté bien seleccionada y los puntos de entrada de los lodos estén bien diseñados. Según las características de los lodos, una fracción variable desde un 50 hasta un 80% se drena como lixiviados, líquidos todavía contaminados que deben ser recolectados y tratados antes de su descarga en el ambiente (Tilley *et al.*, 2014). Una vez secados hasta el grado deseado, los lodos son extraídos del lecho manual o mecánicamente.

Un tratamiento posterior para la estabilización y la reducción de patógenos puede ser necesario, según su uso o disposición final. Al considerar la instalación de un lecho de secado, se debe considerar no solo su facilidad de operación a bajos costos, sino también la amplia extensión de terreno que será necesaria y su potencial para generar malos olores.

I.5 Problemas ambientales, e impactos económicos y sociales

El ambiente posee una influencia indiscutida sobre la salud del individuo y de las comunidades. Según la Organización Mundial de la salud, el 25% del total de fallecimientos se debe a enfermedades provenientes del ambiente. De ahí la importancia del saneamiento ambiental, ya que con sus acciones contribuye a eliminar problemas ambientales y mejorar la salud de la población (Signorini, 2008).

La inadecuada disposición de los residuos en su mayoría a campo abierto, que se generan en cada una de las etapas del faenamiento de ganado, ocasiona una alteración en el equilibrio de los

ecosistemas cercanos a la fuente, aunado a la emisión de malos olores, descargas sin tratamiento a cuencas hídricas y la proliferación de fauna nociva transmisora de enfermedades como las aves carroñeras, roedores e insectos que producen enfermedades influyendo en la calidad de vida de los trabajadores y de las comunidades aledañas, (Cun-Jaramillo & Álvares-Díaz, 2017; Signorini, *et al.* 2006; Velasco, 2009).

Muchos de los decomisos se disponen a campo abierto, siendo un factor de riesgo ambiental susceptible de afectar el suelo directamente por desechos sólidos como pellejos, recortes, estiércol y grasa (Fundación Mapfre, 2005).

Otra vía de riesgos a la salud lo presenta directamente el músculo post-mortem, pues éste ofrece un ambiente altamente nutritivo a la microflora contaminante, satisfaciendo sus necesidades básicas para el crecimiento. La carne por su propia naturaleza y origen, no sólo es muy susceptible a la contaminación, sino que con frecuencia está implicada en la presentación de enfermedades trasmisibles por alimentos en el hombre causadas por microorganismos patógenos como *Salmonella* spp. y *Shigella* spp., además de contener, entre otros elementos huevos de parásitos y quistes de amibas (Signorini, *et al.* 2006). La carne se contamina al contacto con el pelo, piel, patas, contenido estomacal y entérico, leche de la ubre, sangre, semen, bilis, etcétera, instalaciones y equipamiento, superficie de contacto con manos y ropa de trabajadores e incluso el medio ambiente de las zonas de proceso y de almacenamiento (Signorini, 2007).

Uno de los estudios donde se analizó la calidad microbiológica en cuatro rastros municipales del Estado de Hidalgo, se encontró flora aerobia mesófila (FAM), coliformes, *Escherichia coli* y *Salmonella* spp. presentes en las canales porcinas y bovinas, operarios, utensilios y en el agua de escaldado, así como agua utilizada para el lavado final de los canales, lo que posibilita una contaminación cruzada (Godínez *et al.*, 2005).

De los padecimientos que pudieran ser atribuibles al consumo de carne y/o vísceras se encuentran la cisticercosis, infecciones intestinales, intoxicación alimentaria bacteriana, intoxicación por clembuterol, salmonelosis, shigelosis, teniasis y triquinosis. Basándose en algunos estudios nacionales, se pudo estimar que el 65% de éstas son generadas por el consumo de alimentos (Enfermedades Transmitidas por Alimentos, ETA) y, que, de ese número de casos, aproximadamente el 25% puede ser por consumo de carne y sus derivados.

La estimación del costo por los padecimientos mencionados en el párrafo anterior superó los 2,648 millones de pesos mexicanos, costo que si se pone en perspectiva representa el costo aproximado de mantener los rastros y mataderos municipales en el estado actual. La información

económica recabada puede ser aprovechada para comparar la inversión que es necesaria realizar en los rastros para la reducción de riesgos, con la valoración económica del impacto en la salud individual y comunitaria. Asimismo, hace posible conocer la valoración de las consecuencias de no tomar las medidas necesarias para reducir la contaminación de la carne para evitar la posibilidad de exacerbar la problemática derivada de la no intervención, lo que se traduce generalmente, en un incremento de costos lo que estaría ocasionando un impacto económico al presupuesto en salud.

Sin embargo, aún no se tienen estudios que estimen los porcentajes de padecimientos y enfermedades derivadas de la contaminación del agua generadas específicamente por residuos vertidos por los rastros. Signorini en el 2008, menciona que uno de los mayores impactos ambientales y a la salud pública provocados por la industria cárnica es el vertido de las aguas residuales con altas cantidades de DBO₅, que son vertidas directamente a mantos de agua como ríos, arroyos y lagunas o al drenaje municipal; dichas aguas están compuestas de sangre, excremento, contenido ruminal o estomacal, grasa, pluma y huesos, lo que es propicia para el desarrollo de microorganismos patógenos existentes en ella como *Salmonella* spp. y *Shigella* spp., además de contener huevos de parásitos, quistes de amibas, así como residuos de plaguicidas (presentes en el alimento de los animales), cloro (limpieza de instalaciones), salmuera, etc., resultando en un potencial contaminante del suelo y agua.

Un estudio realizado en la ciudad de Akwalbom, Nigeria sobre las condiciones sanitarias y posibles enfermedades relacionadas con efluentes de matadero de Iba Oku en la ciudad capital de Uyo, arrojó en los exámenes cuantitativos de microorganismos que estaban presentes especies de *Staphylococcus*, especies de *Vibrio* y coliformes fecales. También los exámenes fisicoquímicos revelaron que el cadmio (0.15 mg/l), el hierro (90 mg/l), el plomo (no detectado), el cobre (0.04 mg/l) y el zinc (90 mg/l) estaban por debajo del límite de la Organización Mundial de la Salud (OMS), lo que implica que la capacidad de asimilación de residuos de las corrientes es alta, un fenómeno atribuido a la dilución, sedimentación y depuración (Ukpong,- *et al.*, 2013).

El envenenamiento por plomo (Pb) es raro, pero niveles relativamente bajos de exposición crónica como se espera en el área investigada en este el estudio puede producir efectos adversos para la salud que pueden incluir interferencia en la química de los glóbulos rojos, retrasos en el desarrollo físico y mental anormal en bebés y niños pequeños, deficiencias visuales en la capacidad de atención, habilidades de audición y aprendizaje de los niños, y un ligero aumento en la presión arterial de algunos adultos. Otros efectos de la intoxicación crónica por plomo son los

signos y síntomas gastrointestinales, neuromusculares y renales, como anorexia, dolor de cabeza, malestar general, diarrea, parálisis del plomo, encefalopatía e insomnio (Ukpong, *et al.*, 2013).

Es importante considerar que, según datos de la Comisión Nacional del Agua en México, solamente el 16% de las aguas residuales que se eliminan al drenaje público reciben tratamiento en alguna de las 777 plantas instaladas en el país. Por ende, el que un rastro municipal elimine sus aguas residuales al drenaje, no es indicativo de que las mismas estén ausentes de riesgos y contaminación ambiental, debido a que el 84% de las mismas terminarán invariablemente contaminando a los mantos acuáticos (Signorini, 2006). Cun-Jaramillo y Álvarez Díaz (2017), indican también que los mataderos industriales vierten gran cantidad de residuos sólidos y líquidos que ocasionan impactos negativos a las redes de alcantarillados y cuerpos hídricos con cargas, generando también un impacto a los ecosistemas contiguos y de influencia.

En cuanto a los costos económicos, en México debido a la mala disposición de las aguas residuales, las cuales terminan en el sistema de drenaje público, generan un costo anual de tratamiento en las plantas de tratamiento de aguas municipales de aproximadamente \$1'296,194 dólares considerando un volumen anual vertido de 15'010,567 litros de agua residual (Signorini, *et al.*, 2006).

El aire de las instalaciones de los rastros puede también crear un grave peligro para el bienestar sanitario epidemiológico. Un estudio en Polonia sobre los niveles de contaminación microbiana realizado en plantas de aprovechamiento donde el común denominador son los residuos de animales se aislaron doce taxones diferentes con 14 especies, de los cuales las más ubicadas fueron las bacterias Gram-positivas: cocos y corinebacterias; en cuanto a los hongos, se aislaron nueve taxones con siete especies entre los cuales se encontraron *Penicillium chrysogenum*, *Aspergillus clavatus*, *Acremonium chorticola*, el género *Fusarium*, etc. La exposición ocupacional de los trabajadores al nivel de bioaerosol determinado puede tener efectos adversos para la salud debido a la muy mala calidad del aire (Chmielowiec-Korzeniowska *et al.* 2016).

En un estudio sobre la prevalencia de trastornos respiratorios entre trabajadores en mataderos, ocasionada por dichos contaminantes biológicos, tanto bacterias y hongos, demostraron que la exposición a bioaerosoles se asocia con una reducción significativa en los parámetros de la función pulmonar y un aumento en la prevalencia de síntomas respiratorios como son la tos, tos productiva, disnea, flema y sibilancias (Abbasali-Kasaeinasab *et al.*, -2017).

Cun-Jaramillo y Álvarez Díaz (2017), en su estudio de impacto ambiental del matadero municipal urbano en la provincia del Oro–Ecuador, los resultados muestran que la población en un radio de

100 metros, refiere serios problemas socio-ambientales negativos relacionados con malos olores, ruido, moscas y gallinazos. En lo relativo a salud pública sí es un hecho cierto que hay afectaciones que muestra como problemas infecciosos si tienen relación con la ubicación de los hogares respecto a la distancia del camal (rastro) y así se observa que afecciones como la fiebre tifoidea, las infecciones intestinales y el paludismo, todas relacionadas con la presencia de vectores biológicos, ratas, moscas y mosquitos, se reducen a medida que los hogares se alejan del camal al igual que la percepción de los malos olores ratificando lo planteado por Atogi-Akwoa y Adinyra (2011).

Otro de los problemas ocasionados por los residuos, son los riesgos ambientales que se presentan para la flora y fauna ocasionadas por infiltraciones de vertidos (Triana-Barrera, 2019). Los vertidos incontrolados con alta carga orgánica pueden dar lugar a una alteración de la disponibilidad de nutrientes o de oxígeno en el suelo, haciendo que este sea incapaz de realizar sus funciones biológicas, afectando por tanto a la vegetación y a la fauna. La modificación de especies vegetales y la alteración del hábitat de animales menores como aves e insectos son los impactos primordiales que se presentan en los factores ambientales afectados por el proceso de beneficio (Maldonado *et al.*, 2002).

Lograr que los estándares ambientales lleguen a un nivel específico implica también un nivel de costos específico para cada rastro en particular. Dichos costos serán los costos de tratamiento *in situ*, que se componen por los costos del sistema de tratamiento (equipo e instalaciones) y los costos de operación y mantenimiento durante el tiempo de vida del sistema. Además de esta evaluación también existen los costos *ex situ* los cuales pueden considerarse en la contabilidad general de los costos netos de evitar la contaminación. Entre ellos, existe el ahorro en los costos de potabilización, preservación de la vida acuática en los cuerpos receptores, desarrollo de actividades productivas y creación de empleos directos o indirectos, disminución de riesgo potencial de enfermedades gastrointestinales, disminución de fauna nociva y olores en zonas residenciales cercanas a los rastros. Los cuales, al no ser considerados oportunamente para su prevención, más tarde se convertirán en costos hundidos (Gómez-Verónica *et al.*, 2000).

De acuerdo con la revisión bibliográfica queda clara la escasez de investigaciones orientadas a la identificación y medición de impactos ambientales, sociales y económicos. En el sector de salud es importante conocer los costos económicos que los residuos generados en los rastros están ocasionando, pues sin duda servirá de sustento para que dicha problemática pueda ser presentada

ante los tomadores de decisiones porque al hablar sólo de impactos ambientales estos aún no han podido ser medibles en términos monetarios.

I.6 Legislación relativa a los Residuos generados en los rastros municipales

En el transitar hacia el modelo de sustentabilidad en la política pública en el país han existido avances que se sustentan a través de bases jurídicas, instituciones e instrumentos. Al hablar de las bases jurídicas desde sus inicios hasta la década de los 80's, el dinamismo sirvió para la consolidación de la normativa en México. Durante este periodo se promulgo la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en 1988, el instrumento rector de la operación de la política ambiental hasta el día de hoy (Jiménez–Martínez, 2015).

Los instrumentos emitidos terminaron por definir a nivel federal, el marco jurídico general que regula el tema de los residuos en nuestro país, el cual se sustenta en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, la Ley General para el Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley General para la Prevención y Gestión para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, los reglamentos correspondientes, y las Normas Oficiales Mexicanas que se aplican en todo el territorio.

I.6.1 Marco legal

En cuanto a la regulación ambiental a nivel mundial, México es uno de los países firmantes del Protocolo de Kyoto, instrumento legal que establece los límites a las emisiones de gases de efecto invernadero que provocan el cambio climático global para los países desarrollados y en transición. Los gases a disminuir son bióxido de carbono, metano, óxido nitroso, carbonos hidrofluorados (HFC) y perfluorados (PFC) y hexafluoruro de azufre, entre otros (COFEPRIS, 2007). El protocolo entró en vigor el 16 de febrero de 2005 para las naciones que lo ratificaron, México, lo hizo en el año 2000 (SEMARNAT, 2016).

Por tal motivo, el instrumento antes mencionado, es aplicable a los rastros por ser fuente emisora de gases de efecto invernadero. Esto ocasionado por la disposición final inadecuada de sus residuos como estiércol, contenido ruminal y sangre, que generan principalmente metano (Martínez-Hernández *et al.*, 2009; COFEPRIS 2007).

I.6.1.1 Federal

A nivel nacional, México cuenta con un marco regulador aplicable al manejo de los residuos, sin embargo, esta labor responde a una disposición enmarcada en la Ley suprema, la cual expresa que “Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar”.

En particular al tema de estudio, el artículo 115° faculta a los municipios, en términos de las leyes federales y estatales relativas, para encargarse de las funciones y servicios públicos, entre los que se encuentran: Agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de sus aguas residuales; Limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de residuos, así también el servicio de Rastro, entre otros.

En materia de ambiente México cuenta con diferentes leyes, y en la cúspide se encuentra la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), la cual tiene por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para: garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar; definir los principios de la política ambiental y los instrumentos para su aplicación; la preservación, la restauración y el mejoramiento del ambiente; la prevención y el control de la contaminación del aire, agua y suelo, entre otras.

La LGEEPA, así como la Constitución Política Mexicana, dicta las competencias y su coordinación en su capítulo II. En el artículo 7° se establece que corresponden a los Estados, la regulación de los sistemas de recolección, transporte, almacenamiento, manejo, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos e industriales que no estén considerados como peligrosos con lo dispuesto en la presente ley; la regulación del aprovechamiento sustentable y la prevención y control de la contaminación de las aguas de jurisdicción estatal; así como de las aguas nacionales que tengan asignadas; y la formulación, ejecución y evaluación del programa estatal de protección al ambiente, entre otras. De conformidad con lo dispuesto en esta ley y las leyes locales en la materia.

En su artículo 8° habla: Corresponden a los Municipios, las siguientes facultades: La aplicación de las disposiciones jurídicas relativas a la prevención y control: de los efectos sobre el ambiente ocasionado por la generación, transporte, almacenamiento, manejo, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos e industriales que no estén considerados como peligrosos; de las aguas que se descarguen en los sistemas de drenaje y alcantarillado de los centros de población, así como la prevención y control de la contaminación de las aguas nacionales que tengan asignadas, con la participación que conforme a la legislación local en la materia corresponda a los gobiernos de los

estados; y la prevención y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente en los centros de población, en relación con los efectos derivados de los servicios de alcantarillado, limpia, mercados, centrales de abasto, panteones, rastros, transporte locales.

En perspectiva, por ley es tarea de las entidades federativas el ordenar el manejo integral de los residuos sólidos e industriales (dentro de estos últimos se encuentran los generados por el procesamiento de carne), mientras que el municipio se encarga de que los rastros den cumplimiento a los instrumentos en materia, de no ser así sancionen a los rastros que impacten negativamente el ambiente y contamine los cuerpos de agua bajo su jurisdicción.

Específicamente para la regulación de residuos, se cuenta con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) en la cual se les clasifica en Residuos Sólidos Urbanos (RSU), Residuos Peligrosos (RP) y Residuos de Manejo Especial (RME); de acuerdo a esta categorización, los residuos generados en los rastros se sitúan en este último grupo, pues la ley los define como aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos.

De acuerdo a la LGPGIR, los RME son competencia de las entidades federativas, las cuales deberán de llevar a cabo acciones con el fin de proteger la salud, prevenir y controlar la contaminación ambiental producida por su manejo. Además, la misma Ley establece, que las entidades federativas deben actualizar su marco legal de forma que puedan implementar el control de los RME.

Algunas de las acciones son, el control y vigilancia del manejo integral de los residuos; promover la suscripción de convenios con los grandes generadores de residuos, en el ámbito de su competencia, para que formulen e instrumenten los planes de manejo de los residuos que generen; integrar el registro de los grandes generadores de residuos en el ámbito de su competencia y de empresas prestadoras de servicios de manejo de esos residuos, así como la base de datos en la que se recabe la información respecto al tipo, volumen y forma de manejo de los residuos e integrar la información relativa a la gestión integral de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, al Sistema Nacional de Información Ambiental y Recursos Naturales.

En base a la búsqueda de información, de acuerdo a los decretos realizados en dicha Ley, el cumplimiento por parte de los estados no puede ser verificado debido a que no existen datos publicados en sus páginas oficiales. Además, no se encontraron planes de manejo pertenecientes a

los residuos generados en los rastros mexicanos, por lo cual se puede diagnosticar que existe incumplimiento de la ley ambiental por parte de las autoridades competentes.

En materia de salud, la Ley General de Salud en el Título Decimosegundo “Control Sanitario de Productos y Servicios y de su Importación y Exportación”. En su fracción I, menciona que el ejercicio de control sanitario será aplicable al: Proceso, importación y exportación de alimentos, bebidas no alcohólicas, bebidas alcohólicas, entre otros; así como de las materias primas y, en su caso, aditivos que intervengan en su elaboración.

Por lo consiguiente, en el artículo 199º faculta a los Gobiernos de las Entidades federativas a ejercer la verificación para su consumo dentro o fuera del mismo establecimiento, basándose en las Normas Oficiales Mexicanas que al efecto se emiten.

De acuerdo a las Normas Oficiales Mexicanas que competen a la reglamentación de los rastros y sus residuos son las siguientes:

- La **NOM-194-SSA1-2004**, establece las especificaciones técnicas que deben considerarse en un rastro, para abasto, almacenamiento, transporte, expendio; y las especificaciones sanitarias de los productos.

En su revisión, se puede ver que su área de aplicación se encuentra restringida sólo al producto, sin embargo, demerita el factor de riesgo que representa el manejo inadecuado de los residuos que se generan en cada una de las áreas del rastro; que sin duda al estar bajo regulación se contaría con una mayor confiabilidad de la calidad del producto.

De sus especificaciones, la 6.1.8 establece “En las áreas donde se eliminan patas, cuernos, ubres u otras partes; se deben colocar recipientes de materiales anticorrosivos debidamente rotulados para su almacenamiento, que deben ser removidos cada turno o antes de ser necesario; cuando no se cuente con ductos o tolvas de conducción para este fin”. En cambio, estudios consultados, denotan que parte de los efluentes contienen: sangre, estiércol, pelos, plumas, grasas, huesos y otros contaminantes solubles (Signorini, 2007).

La especificación 6.1.9 establece: “Los rastros deberán contar con horno incinerador de capacidad suficiente para la disposición final de los productos rechazados, conforme a lo establecido en el punto 6.6.2.5 inciso XV (Con base en las lesiones que presenten las canales, vísceras u otros productos, se podrá llevar a cabo la destrucción inmediata en el horno incinerado, como uno de los procedimientos propuestos). De acuerdo al estudio de Signorini, 2007, es mayor el porcentaje de los establecimientos que no cumplen con dicha especificación.

Especificación 6.4.4 para el Área de desangrado, inciso i), “Debe contar con instalaciones para el izado del animal y ser lo suficientemente amplias para facilitar las acciones del personal y el desangrado de los animales. La eliminación de la sangre debe estar separada del drenaje general”. Sin embargo, existen estudios que señalan que, durante el proceso de sacrificio, la mayoría de los rastros no aprovechan la sangre que se genera, y esta se descarga directamente al alcantarillado (Ramos *et al.*, 2013; Pelcastre *et al.*, 2018; Signorini, 2007).

- La **NOM-161-SEMARNAT-2011**, que establece los criterios para clasificarlos y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo.

La presente norma conceptualiza a los RME como aquellos generados en los procesos industriales, y actividades comerciales y de servicios, como subproductos no deseados o como productos fuera de su especificación, además de los derivados del consumo, operación y mantenimiento de las demás áreas que forman parte de las instalaciones industriales, comerciales, de servicio, entre otras.

En base a criterios que emite la norma para que las entidades federativas soliciten el clasificar a un nuevo residuo en Residuo de Manejo Especial (RME), en sus especificaciones del punto 6.1 al 6.3, los residuos de los rastros obedecen, pues de acuerdo al 6.1 son generados en una actividad de beneficio y procesamiento, no reúne características domiciliarias, además de no poseer alguna característica de peligrosidad en los términos de la NOM-052-SEMARNAT-2005; el punto 6.2 también se cumple pues son residuos generados en una cantidad mayor a 10 toneladas al año y requieren un manejo específico para su valorización y aprovechamiento, a pesar de no contar con ello en la mayoría de sus instalaciones.

No obstante el punto 6.3 establece de manera obligatoria cumplir con que sea un residuo incluido en el Diagnostico Básico Estatal para la Gestión Integral de Residuos de una o más Entidades Federativas, o en un Estudio Técnico Económico; de acuerdo a la revisión bibliográfica realizada no se encontró ningún diagnostico estatal publicado, pero tomando como referencia el Diagnostico Básico Nacional, de los residuos generados en los rastros sólo se considera un RME, el estiércol de ganado, dejando así fuera los residuos que generan un mayor impacto ambiental y de salud, como lo son las aguas residuales, el contenido ruminal, los decomisos, etc. (SEMARNAT,2020); por lo cual los residuos derivados de los rastros no se consideran dentro del listado de residuos que estén sujetos a presentar un plan de manejo.

Aunado a esto, para ser incluidos en él, considerando que este es un instrumento a través del cual se busca minimizar la generación y maximizar el aprovechamiento de los residuos en los que se aplica, el apartado 7.1 dicta que debe demostrarse que se cuenta con la infraestructura necesaria para manejar el residuo, y que, por sus características y cantidad generada, se requiere facilitar su gestión o mejorar su manejo en todo el país.

El apartado 7.2 requiere que se trate de un residuo de alto volumen de generación, lo que implica que el residuo generado represente al menos el 10% del total de los RME, incluidos en el Diagnóstico Básico Estatal para la Gestión Integral de Residuos, y que sea generado por un número reducido de generadores, esto es, que el 80% del mismo, sea generado por el 20% o menos, de los generadores.

Mientras que el punto 7.3 solicita que el residuo como tal o los materiales que lo componen tengan un alto valor económico para el generador o para un tercero, es decir, que genere un beneficio en su manejo integral, a través de la reducción de costos para el generador o que sea rentable para el generador o para el tercero, con base en las posibilidades técnicas y económicas del residuo para su aprovechamiento, su valorización o la recuperación de sus componentes, compuestos o sustancias.

Cada uno de los apartados anteriores, denotan que la normatividad en lugar de promover un mayor control de los RME y sus impactos, frena el camino hacia su fortalecimiento, pues como se mencionó en párrafos anteriores, no se consideran todos los residuos de rastros dentro del Diagnóstico para la Gestión Integral de residuos.

Atendiendo particularmente al apartado 7.1, la norma exime su responsabilidad de establecer reglas, especificaciones, directrices y demás, pues delega a los generadores el determinar los residuos que requieren ser regularizados. Bajo esa circunstancia se lleva el riesgo que algunos residuos causantes de problemas al ambiente y a la salud humana, no lleguen al término de ser observados por la normatividad federal.

A su vez el punto 7.3 toma en consideración solo el factor económico, dejando a un lado el beneficio al ambiente y a la sociedad que se obtendría por el manejo integral de los residuos generados en los rastros.

- La **NOM-052-SEMARNAT-2005**, establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos. De acuerdo a esta norma, un residuo peligroso es aquel que presenta al menos una de las características CRETIB, es decir que sean Corrosivos, Reactivos, Explosivos, presenten Toxicidad Ambiental, Inflamabilidad o sean

Biológicos Infecciosos. Para determinar un residuo como peligroso por la característica “Biológica Infecciosa” se decreta en conformidad a la NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002, la cual lo define como aquellos materiales generados durante los servicios de atención médica que contengan agentes biológico-infecciosos y que puedan causar efectos nocivos a la salud y al ambiente.

De acuerdo a la literatura consultada, en los rastros se llegan a generar residuos que contienen microorganismos capaces de producir enfermedades, sin embargo, dada la especificación de la norma de ser los generados en “servicios de atención médica” deja a estos residuos sin una categorización para su regulación. Parte de los residuos que se enlistan en las Norma 087 como biológicos infecciosos son: la sangre, tejidos, órganos partes que se extirpan, cadáveres y partes de animales, todos ellos presentes en los rastros en ocasiones siendo potencialmente peligrosos.

Cabe mencionar al respecto que la LGPGIR , en su artículo 24° dice que “en el caso de la generación de residuos peligrosos considerados como infecciosos, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales”, conjuntamente con la Secretaría de Salud, emitirán normas oficiales mexicanas mediante las cuales se regule su manejo y disposición final”, lo que sugiere la posibilidad de crear una Norma Oficial Mexicana específica para el manejo de residuos de los rastros o bien, ampliar la norma actual sobre residuos biológico-infecciosos(Signorini, 2006).

- La **NOM-002-ECOL-1996**, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal; y la NOM-001-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

En cuanto a dichas normatividades, en general existe un incumplimiento de los rastros, al verter las aguas residuales generadas en el proceso de matanza, pues estas rebasan los límites máximos permisibles en cuanto a la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), la concentración de Sólidos Suspendidos Totales, Nitrógeno y Fosforo total. Signorini (2006), menciona que, de acuerdo con su estudio realizado, el contenido de DBO_5 de las aguas residuales de la industria cárnica es muy superior a los límites establecidos por la norma, además hace hincapié en que tan solo la contaminación generada por la sangre es de 200,000 mg/L.

Las disposiciones legales que regulan la operación de los rastros en el ámbito estatal son las Constituciones Políticas de los Estados y las Leyes Orgánicas Municipales, las cuales en su contenido retoman lo establecido en el artículo 115 constitucional, señalando al servicio público de rastros como una atribución del municipio (COFEPRIS, 2005).

La Ley de Salud Pública de los Estados también contiene algunas disposiciones en esta materia; en ellas se establece que corresponde al estado en materia de salubridad local, la regulación, control y fomento sanitario de los rastros. Además, menciona que el ejecutivo estatal y los Ayuntamientos, en el ámbito de sus respectivas competencias y, en su caso, en los términos de los convenios que celebren, dentro de sus prioridades se encontrará el Vigilar que los Servicios Municipales de rastros cumplan las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes.

Referente a los residuos generados en los rastros, de acuerdo a la LGPGIR, los Residuos de Manejo Especial (RME) son competencia de las entidades federativas y son aquellos generados en procesos productivos, por los servicios de salud, actividades pesqueras, agrícolas, silvícolas, ganaderas, todos provenientes del tratamiento de aguas residuales, entre otras; incluyendo los residuos de los insumos utilizados en esas actividades. En materia de protección ambiental y el manejo de los residuos cada estado cuenta con leyes y/o programas de regulación, los cuales contemplan los preceptos de la LGEEPA y la LGPGIR.

I.6.1.2 Estatal

Las disposiciones legales que regulan la operación de los rastros en el ámbito estatal son las Constituciones Políticas de los Estados y las Leyes Orgánicas Municipales, las cuales en su contenido retoman lo establecido en el artículo 115 constitucional, señalando al servicio público de rastros como una atribución del municipio (COFEPRIS, 2005).

La Ley de Salud Pública de los Estados también contiene algunas disposiciones en esta materia; en ellas se establece que corresponde al estado en materia de salubridad local, la regulación, control y fomento sanitario de los rastros. Además, menciona que el ejecutivo estatal y los Ayuntamientos, en el ámbito de sus respectivas competencias y, en su caso, en los términos de los convenios que celebren, dentro de sus prioridades se encontrará el Vigilar que los Servicios Municipales de rastros cumplan las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes.

Referente a los residuos generados en los rastros, de acuerdo a la LGPGIR, los Residuos de Manejo Especial (RME) son competencia de las entidades federativas y son aquellos generados en procesos productivos, por los servicios de salud, actividades pesqueras, agrícolas, silvícolas, ganaderas, todos provenientes del tratamiento de aguas residuales, entre otras; incluyendo los residuos de los insumos utilizados en esas actividades. En materia de protección ambiental y el manejo de los residuos cada estado cuenta con leyes y/o programas de regulación, los cuales contemplan los preceptos de la LGEEPA y la LGPGIR.

I.6.1.3 Municipal

Los instrumentos jurídicos que regulan el funcionamiento y operación de rastros en el ámbito municipal son el Bando de Policía y Buen Gobierno y el Reglamento de Rastros Municipales. El Bando de Policía y Buen Gobierno contiene un conjunto de normas administrativas que regulan el funcionamiento de la administración pública municipal y el de la vida comunitaria. En este ordenamiento se enuncian los servicios públicos a cargo del ayuntamiento, entre ellos el de rastros, reglamentando su organización, funcionamiento, administración, conservación y explotación de los mismos, con el fin de asegurar que su prestación se realice de manera continua, equitativa y general para toda la población del municipio.

El Reglamento del Rastro del Municipal regula todo lo relacionado con la operación de este servicio público; en él se norma lo referente a los procedimientos para el sacrificio del ganado; establece los requisitos que se prestan al interior del mismo, y determina las sanciones a que serán objeto las personas que infrinjan el reglamento. Además, son base jurídica todos los reglamentos expedidos por cada municipio, en materia de protección al ambiente y los recursos naturales, bajo la observancia del derecho de todo ser humano a vivir en un ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar, establecido por la suprema Carta Magna.

CAPITULO II

II.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los rastros o mataderos en México, son sitios destinados al sacrificio de animales para el consumo humano en forma de alimentos cárnicos. Sin embargo, en sus diferentes actividades operativas, desde la recepción del ganado que se va a sacrificar hasta la distribución de la carne procesada se genera una gran cantidad de residuos como excretas, sobrantes de pastura, orina, sangre, vísceras, entre otros.

Dichos residuos al no ser correctamente canalizados para su manejo ante la inexistencia de tecnologías para ser valorizados, son desechados directamente a drenajes públicos, canales o fosas, también en cuerpos de agua aledaños como arroyos y ríos, sin tratamiento previo. Estos residuos ocasionan diferentes problemas ambientales, de salud pública (Signorini, 2008), y por ende económicos ocasionados por la atención a enfermedades producidas ante su deficiente manejo como teniasis, triquinosis, salmonelosis, fiebre tifoidea, paratifoidea, disentería, cólera, entre otras.

Actualmente se incrementa el interés sobre los residuos y su manejo, por lo que, en los últimos años, se ha publicado información sobre manejos, tratamientos y estrategias aplicados en diferentes países, a pesar de ello escasos son los datos que muestren información de los residuos generados en rastros; además no existir un documento que reúna información sobre la situación actual de los residuos de rastros en México.

Por consiguiente, el presente trabajo realiza una revisión y compilación bibliográfica de los residuos generados en rastros y su manejo. Esta investigación intenta ser una herramienta de consulta para estudiantes, investigadores, empresarios y tomadores de decisiones en los distintos niveles de gobierno; para evaluar, diseñar, crear, emitir e implementar mejoras a través de la gestión integral de residuos generados en los rastros de México.

II.2 JUSTIFICACIÓN

La carne, como producto alimenticio se encuentra incluida en la dieta de un gran porcentaje de la población mexicana por su aporte proteico, entre las carnes de mayor demanda se encuentra la carne de pollo, res, y cerdo, entre otras. En el año 2018 se presentó un alza en los niveles de consumo y producción. De acuerdo a estimaciones realizadas por el Consejo Mexicano de la Carne, este comportamiento se mantendrá para los próximos años. Esto repercute directamente en una mayor generación de residuos, resultantes de las diferentes etapas del proceso de obtención de carne, los cuales son confinados en sitios inadecuados que originan diversos impactos negativos.

Algunas de las causas en el incremento de los residuos de rastros mexicanos son debido a los patrones de consumo y los objetivos de producción en el mercado cárnico internacional, convirtiendo esta situación en una problemática en materia ambiental y de salud, ya que su generación cada vez es mayor y no se cuenta con un manejo integral ni con tecnologías que disminuyan sus impactos, para reintegrarlos en los ecosistemas o en procesos productivos.

Existen pocos estudios sobre los residuos generados en los rastros de México, estadísticas de generación y tecnologías implementadas para su manejo integral y la información que se encuentra accesible es escasa y dispersa. En este sentido, la presente investigación tiene como fin identificar y recabar información sobre la situación actual respecto la generación y manejo de los residuos de rastros en México. Esta información será eficiente para personas que requieran de datos referentes a este tipo de residuos en un solo documento. A su vez la consulta de dicho material puede ser aprovechado para dar pie a futuras investigaciones, para el diseño de estrategias de manejo, la elaboración de planes de manejo, gestación de políticas públicas, proyectos productivos, etcétera.

CAPITULO III

OBJETIVOS

III. 1 OBJETIVO GENERAL

Analizar la generación y manejo de los residuos generados en rastros municipales y las alternativas para su aprovechamiento.

III.2 OBJETIVOS PARTICULARES

- Recopilar información acerca de los residuos generados en rastros municipales en México.
- Conocer el manejo actual de estos residuos en los rastros municipales de México.
- Identificar las alternativas factibles para el aprovechamiento sustentable de los residuos generados en los rastros mexicanos.

CAPÍTULO IV

PROPUESTA A IMPLEMENTAR

El trabajo de investigación se llevó a cabo siguiendo las siguientes líneas de acción:

1. Una revisión bibliográfica exhaustiva para concentrar la información acerca de:
 - Los residuos generados en rastros de México
 - Impactos ambientales, sociales y económicos por los residuos de los rastros en México
 - Métodos de tratamiento y manejos aplicables al tratamiento de residuos de rastros en México
 - La legislación mexicana aplicable al manejo de residuos en los rastros
 - Alternativas de aprovechamiento de los residuos generados en los rastros.

Las fuentes de información consultadas fueron publicaciones realizadas por las dependencias de gobierno encargadas de la administración y regulación de los rastros en sus sitios web oficiales, consultas de tesis realizadas sobre residuos de rastros en la biblioteca digital de la Universidad Nacional Autónoma de México; leyes y normas oficiales mexicanas. Asimismo, se utilizaron buscadores internacionales de divulgación científica como Elsevier Journal, PubMed-NCBI, Redalyc, Google Scholar, Academia.edu, y Dialnet plus, para la búsqueda artículos científicos y se consultaron libros.

Los trabajos considerados fueron los publicados en los últimos 15 años, los cuales abordaron en su tema principal algunos de los temas que den respuesta los objetivos particulares propuestos en el presente estudio.

CAPITULO V

PRINCIPALES HALLAZGOS

V.1 Residuos generados en rastros mexicanos

La producción de cárnicos ha ido en aumento principalmente a partir del año 2017, tanto en exportación como en el consumo interno de la población mexicana. Según estimaciones del Centro de Información de Mercados Agroalimentarios con información del Servicio Agrícola Exterior del Departamento de agricultura de los Estados Unidos (USDA), en el año 2018, México se posicionó en el octavo puesto a nivel mundial con **271 mil 430 toneladas** y un consumo anual *per cápita* de 65 kilos, de acuerdo con la Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO).

El mismo organismo, señala para el año 2019 en su Revista del Consumidor que, del consumo anual por mexicano, 33 kilogramos corresponden a pollo, 18 a carne de puerco y 14 kilos a carne bovina (PROFECO, 2019).



Figura 5.1. Consumo de carne aviar, porcina y bovina. **Fuente:** Revista del consumidor, octubre 2019.

Sin embargo, a pesar de ser una fuente económica primordial, se ignora el costo ambiental que ello ocasiona. Uno de los procesos donde se puede visualizar esta insuficiencia, es “la matanza” realizada en los rastros o también llamados mataderos. Por ende, los esfuerzos en la implementación de buenas prácticas enfocadas a la protección del ambiente son casi nulos. También puede ser contemplado en el escaso desarrollo de investigaciones destinadas a la Gestión Integral de los residuos generados en dicho proceso en nuestro país.

En la búsqueda de información, destaca el estudio “Evaluación de riesgos de los rastros y mataderos municipales” por Signorini *et al* (2006), el cual es resultado del trabajo coordinado entre la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios y la Dirección General de Promoción de la Salud; para este trabajo se aplicó un cuestionario por las Direcciones de Regulación y Fomento Sanitario de cada entidad federativa, a los rastros que se presume proveen carne a las localidades con más de 50,000 habitantes.

El propósito de dicha actividad fue obtener, en primer lugar, un diagnóstico de la situación sobre las características físicas, operativas y sanitarias de los rastros y, mediante una evaluación de riesgos, identificar los que requieran atención prioritaria con la finalidad de establecer un programa de mejoramiento de las condiciones sanitarias. Como parte de la evaluación se identificaron los riesgos derivados del vertido de aguas residuales y decomisos. Para ello presentaron un diagrama de flujo con los insumos y los residuos generados en cada paso del proceso (figura 5.2). En los resultados mostraron por etapas del proceso los insumos utilizados, actividades en que se implementaron y los residuos generados, lo cuales se presentan a continuación:

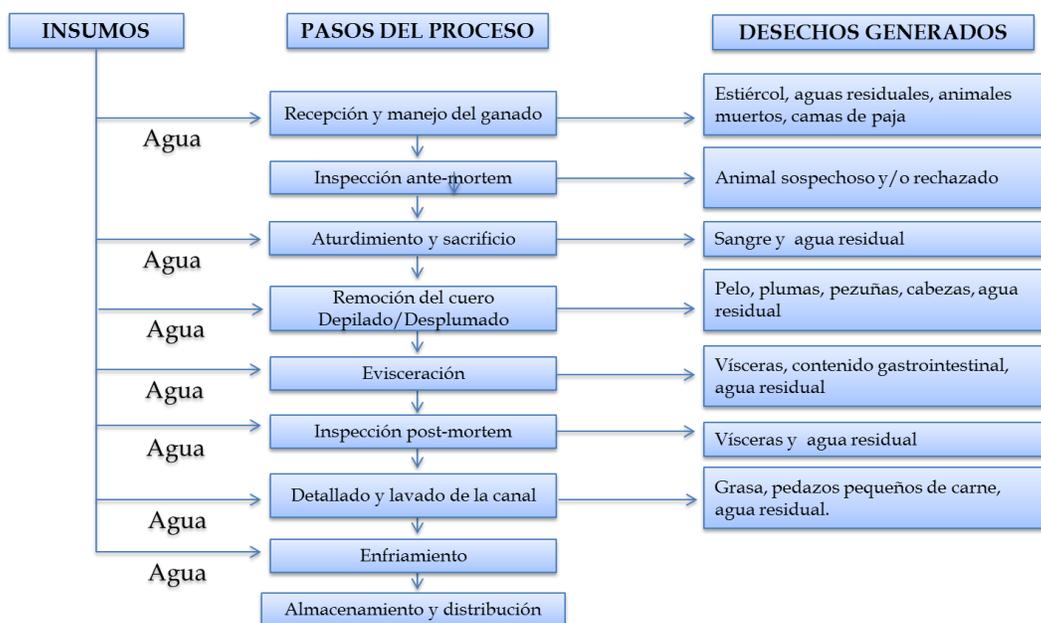


Figura 5.2. Diagrama de flujo por operaciones en el proceso de la carne en general. **Fuente:** Signorini *et al.*, 2006.

- Etapa 1: Recepción y manejo del ganado (Inspección antemortem).

En esta primera etapa (figura 5.3), mencionan que durante el traslado como en el corral de descanso se acumulan grandes cantidades de heces, orina y, ocasionalmente, restos de alimento que pasarán a formar parte de las aguas residuales, así como el agua del bañado de los animales previo al sacrificio, que contribuye con grandes cantidades de fósforo, nitrógeno y carbono; desperdiciando agua en esta etapa en la mayoría de los rastros al no usarla a presión.

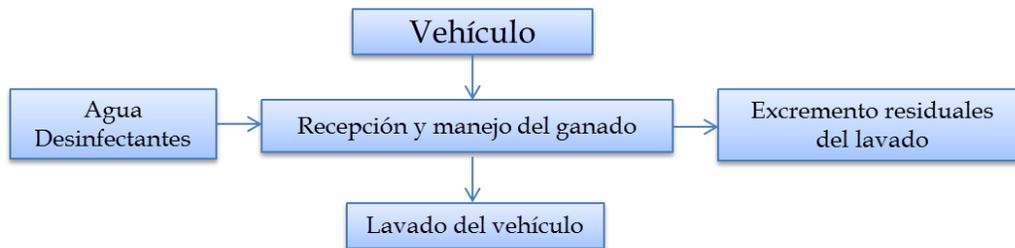


Figura 5.3. Diagrama de flujo de los insumos y los residuos generados durante la recepción y manejo del ganado. **Fuente:** Signorini *et al.*, 2006.

- Etapa 2: Aturdimiento o insensibilización y sacrificio

La insensibilización tiene la finalidad de evitar el sufrimiento de los animales durante el desangrado, el estudio reporta la utilización de equipos de electro-insensibilización o choque eléctrico para porcinos, pistola de émbolo oculto o de perno cautivo para bovinos, ovinos, caprinos, equinos y venados, baños electrificados en aves, y desnucamiento para conejos. En esta etapa la sangre es el residuo más abundante (figura 5.4).



Figura 5.4. Diagrama de flujo de los insumos y los residuos generados durante la recepción y manejo del ganado. **Fuente:** Signorini *et al.*, 2006.

- Etapa 3: *Proceso de rasurado (depilado) y retiro de la piel en porcinos.*

El escaldado-depilado sólo se realiza en el ganado porcino, debido a que la carne de cerdo se puede comercializar con piel. El propósito de este paso es la remoción del pelo y la suciedad de la superficie, para ello las canales son escaldadas con agua a 60° lo que facilita el proceso, en algunos casos se agregan compuestos químicos alcalinos que ayudan en la remoción de aceites.

Después del escaldado, parte del pelo es removida manual o mecánicamente. En algunos lugares a este paso puede seguir un chamuscado de pelo, de manera artesanal o automatizada, para posteriormente realizar un lavado con agua fría para retirar los residuos (figura 5.5).



Figura 5.5. Diagrama de flujo de los insumos y los residuos generados en la depilación de la canal de cerdo. **Fuente:** Signorini *et al.*, 2006.

Mencionan que cuando la piel y la grasa se comercializan por separado, en este paso se llevan a diferentes áreas de la planta para su procesamiento. La piel se deposita en hielo o en salmuera con el objetivo de prepararla para el encurtido (figura 5.6).

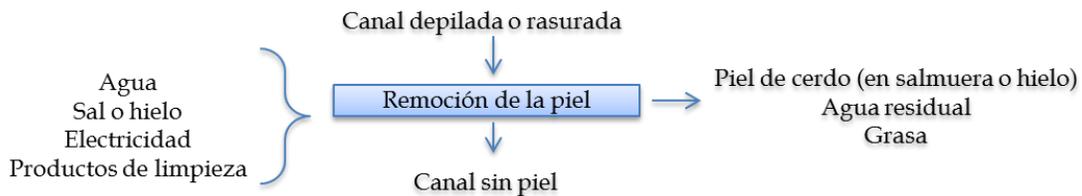


Figura 5.6. Diagrama de flujo de los insumos y los residuos generados en la remoción de la piel de cerdo. **Fuente:** Signorini *et al.*, 2006.

En esta etapa, el residuo que más se genera, es el agua residual, la cual contiene altos niveles de materia orgánica, grasa y suciedad en general. El agua de los tanques de escaldado puede llegar a temperaturas mayores de 75°C, por lo que la grasa se encuentra en estado líquido, sin embargo, al enfriarse se vuelve sólida y obstruye el drenaje haciendo necesario utilizar agua caliente para su limpieza, de ahí que el consumo de agua es muy alto en esta etapa.

Proceso de remoción del cuero en ganado bovino.

Primero se remueven piel, cabeza, pezuñas y la cola. La remoción del cuero se hace de manera manual, o mediante un mecanismo neumático o hidráulico, posteriormente éste se sumerge en salmuera (figura 5.7).

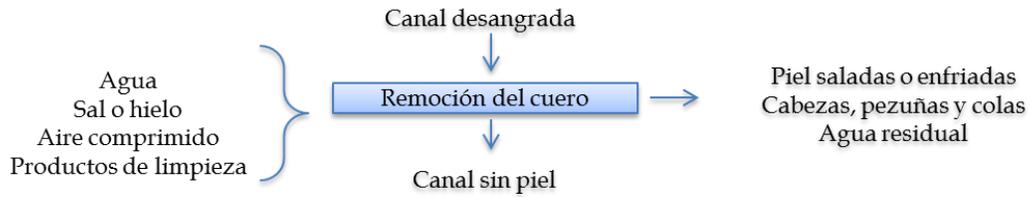


Figura 5.7. Diagrama de flujo de los insumos y los residuos generados en el proceso de remoción de la piel en el ganado bovino. **Fuente:** Signorini *et al.*, 2006.

La grasa y músculos subcutáneos son recuperados y representan el 15% del peso de la piel, la cual, a su vez, es equivalente en promedio al 17% del peso vivo del animal y es uno de los subproductos más apreciados económicamente.

Proceso de Desplumado de las aves.

Después del aturdimiento y el sacrificio se procede al escaldado, donde el animal es sumergido en agua caliente para facilitar el retirado de las plumas. El desplume se hace de manera manual o mecánica, posteriormente se queman las plumas o cualquier resto de éstas que queden en el canal, para después realizar un lavado con agua fría o con hielo con el fin de eliminar el material quemado de la piel y ayudar a su enfriamiento (figura 5.8).



Figura 5.8. Diagrama de flujo de los insumos y los residuos generados en el desplume de la canal de ave. **Fuente:** Signorini *et al.*, 2006.

- Etapa 4: Evisceración y división de la canal

En esta etapa se remueven todos los órganos de la cavidad torácica y abdominal, en el caso de los porcinos también se retira la cabeza. Posteriormente se elimina la grasa abdominal, en algunas especies, y se procede a la división longitudinal de la canal de manera manual o mecánica (figura 5.9). Es indispensable que, una vez retiradas las vísceras de la canal, éstas se identifiquen de tal manera que se conozca la canal de procedencia al momento de la inspección post-mortem. En el caso de las aves, la evisceración puede o no formar parte del proceso y, en general, la canal se mantiene completa y con piel.

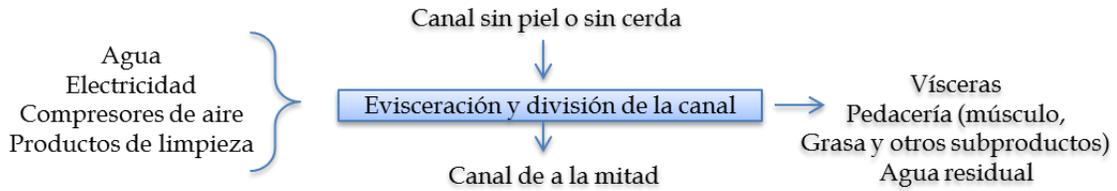


Figura 5.9. Diagrama de flujo de insumos y residuos en la evisceración y corte de la canal de bovinos y porcinos. **Fuente:** Signorini *et al.*, 2006.

En esta etapa los residuos generados son restos de grasa, piel o pelo, vísceras y el músculo que presenten cambios (por ejemplo, hematomas), los cuales resultan del detallado de la carne. Esto permite eliminarlos como residuos sólidos de manera que durante el lavado se disminuya la cantidad de agua utilizada y se elimine este tipo de desechos en las aguas residuales. Esta última consideración dada en el estudio, resulta negativa, pues no todos los rastros cuentan con una planta tratadora de aguas interna, además que los residuos mencionados anteriormente pueden ser sometidos a transformación mediante diferentes manejos para poder ser reaprovechados. Además, parte de los residuos son despojos comestibles como la lengua, hígado, corazón, los riñones, etc., que en el diagrama pertenecería al apartado de pedacería.

- Etapa 5: Inspección post-mortem y procesamiento de vísceras

Los residuos generados son vísceras las cuales son recolectadas, separadas en vísceras verdes y rojas, contenido gástrico e intestinal, el cual debe evitarse su eliminación a través del agua residual, el rumen de gran tamaño y contenido de alimento no digerido que tiene una capacidad aproximada de 36 a 45 kg que incluye alimento, líquidos, microorganismo y el agua residual, pues su consumo es muy alto en el lavado de vísceras y, al desecharse, contiene una gran cantidad de materia orgánica y grasa (figura 6). Se estima que el 20% del total de agua consumida en los rastros o mataderos corresponde a esta etapa.

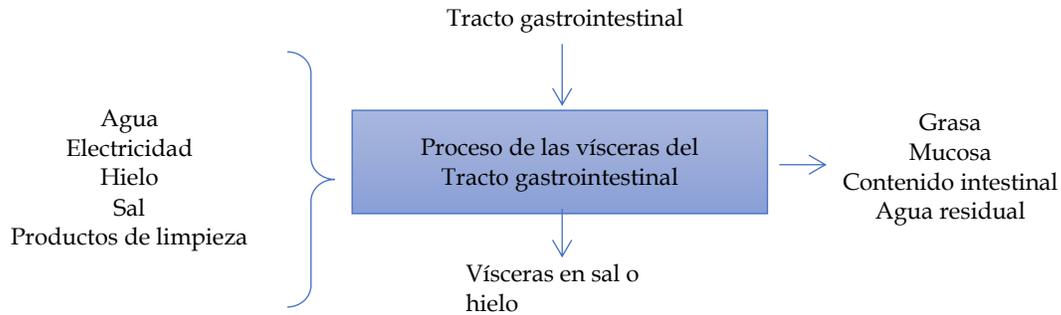


Figura 5.10. Diagrama de flujo de insumos y residuos del procesamiento del tracto gastrointestinal.

Fuente: Signorini *et al.*, 2006.

- Etapa 6: Lavado de la canal

La canal es lavada con agua a presión o manguera simple. Cabe señalar que la cantidad de agua que se utiliza en este proceso no se encuentra cuantificada.

- Etapa 7: Limpieza de las instalaciones

Las instalaciones se lavan diariamente, incluso dos o más veces, dependiendo de la cantidad y especies animales sacrificadas. Ese proceso puede realizarse únicamente con agua a presión o bien incluyendo el uso de detergentes, productos alcalinos (para la remoción de grasa y proteína), desinfectantes, o una mezcla de los anteriores. La cantidad de agua que se utiliza en este proceso no fue cuantificada. Tampoco se tipificó de manera exacta el tipo de residuos que contiene, aunque con seguridad está compuesta por sangre, orina, heces, pelo, cerdas o plumas, grasa, detergentes y desinfectantes, entre otros.

El residuo que tiene un mayor volumen de generación en los rastros son las aguas residuales, por su consumo en todas las etapas del procesamiento de la carne. Su composición se basa en la cantidad de contaminantes que la planta de sacrificio produce dependiendo del tipo y cantidad de especies que faene, así como los residuos que se desechen y el tipo de tecnología empleada, entre otros factores. Por consiguiente, los efluentes generados tienen diferentes cargas de contaminantes, para los cuales en el estudio de Signorini *et al.* (2006), se tomó como referencia la caracterización de éstos, con los datos publicados en la guía para la aplicación de producción más limpia a la industria de procesamiento de carne “Cleaner Production Assessment in Meat Processing” de Ingenieros Consultores y Planificadores AS, Dinamarca (COWI) y Kieper, B.H, 1985 (Tabla 5.1).

Tabla 5.1. Concentraciones promedio de contaminantes en el agua residual en rastros.

Parámetro (unidad)	Especies faenadas		
	Porcinos ^a	Bovinos ^a	Aves ^b
DBO5 mg/L	1250	2000	1550
DQO o COD mg/L	2500	4000	2500
Sólidos suspendidos mg/L	700	1600	ND
Nitrógeno total mg/L	150	180	150-400
Fósforo total mg/L	25	27	16-50
Grasa mg/L	150	270	ND
pH	7.2	7.2	ND

Fuente: NI.

Un trabajo de revisión realizado por Basilio, (2012), acerca de los desechos de rastros TIF menciona que los subproductos y desechos generados en los rastros municipales se dividen en dos partes, que son las aguas residuales del proceso y residuos sólidos, como estiércol, vísceras, partes de grasa, sangre, entre otros; clasificando a las aguas residuales como las generadas durante el lavado de los corrales, actividades en la sala de matanza y baños del personal y a los residuos sólidos como partes de los animales no apropiadas para el consumo humano y que necesitan un tratamiento para ser depositados al ambiente. Las aguas residuales de los rastros son de carga orgánica alta, ricas en nutrientes biológicos, temperatura relativamente cálida, pH neutro y libres de material tóxico. El principal contaminante disuelto en las aguas residuales de los rastros es la sangre, con una demanda química de oxígeno de 375-000 mg/L (Basilio, 2012).

En este trabajo de revisión en mención, no se encuentra la fuente citada de donde extrajo la información, sin embargo, de la bibliografía consultada, es muy posible que dicha fuente sea Quiroga, et al. 1994 “Manual para la instalación del pequeño rastro modular de la FAO; se llegó a esta conclusión porque el resto de los trabajos mencionados no abordan el tema de rastros, sólo uno más publicado por la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios, pero al ser éste consultado, no se encontró la información descrita (COFEPRIS).

La Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) en el 2007 publicó la Guía para el manejo de residuos en rastros y mataderos municipales, donde propone opciones para su manejo; los tratamientos son destinados para los siguientes residuos: sangre, heces, residuos de alimentos, contenido gástrico/ruminal, grasa y pedacería, cuernos, pezuñas y otros no comestibles, órganos decomisados y animales muertos. Es importante mencionar que la fuente de los residuos generados en la guía fue Signorini, *et al.* 2006.

Debido a que son muy poco diversos los estudios publicados sobre los residuos generados en México, se realizó una consulta en el Instituto Nacional de Estadística y Geografía de las estadísticas del sacrificio de ganado en los rastros municipales en el año 2019, y en correlación con los datos proporcionados sobre la generación de residuos del estudio “Evaluación de riesgos de los rastros y mataderos municipales” (figura 5.11.) se realizó una estimación de las cantidades totales generadas de Aguas residuales, Heces y Orina, Sangre y Decomisos.

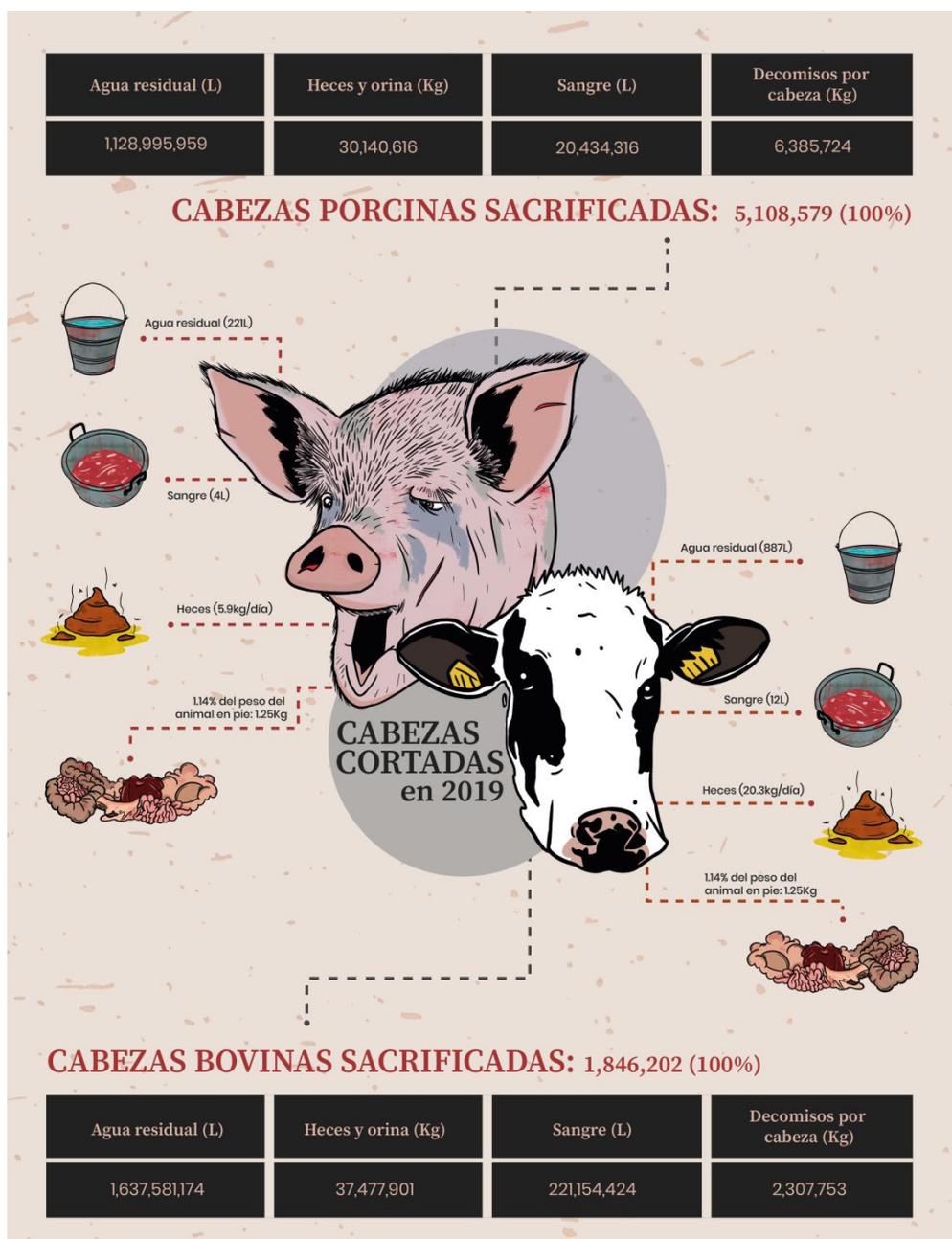


Figura 5.11. Principales residuos y cantidad de generación por individuo en el proceso de matanza de ganado bovino y porcino. **Fuente:** Elaboración propia con datos de Signorini *et al.*, (2006).

Los estados con una mayor producción de ganado bovino y porcino se pueden observar en la figura 5.12 y 5.13 respectivamente.

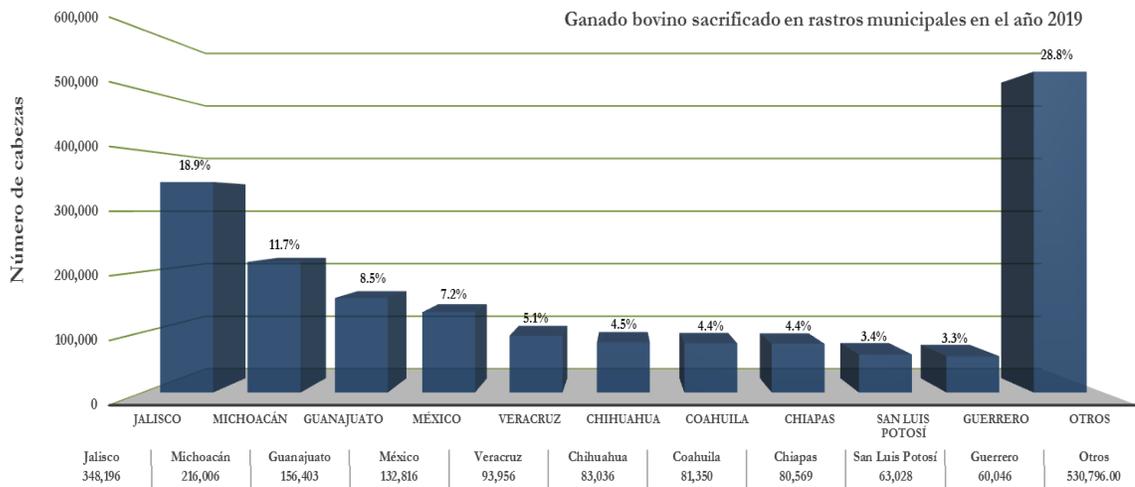


Figura 5.12. Entidades con mayor número de sacrificio de ganado bovino en sus rastros municipales.

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, 2019.

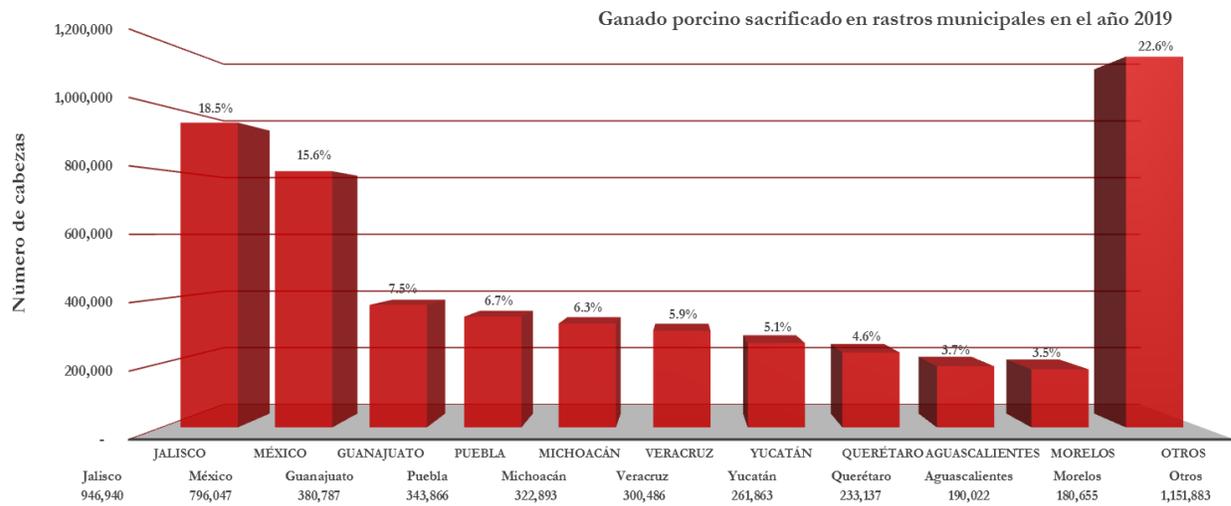


Figura 5.13. Entidades con mayor número de sacrificio de ganado porcino en sus rastros municipales.

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, 2019.

Por entidad, en el año 2019 se sacrificaron un total de un millón, ochocientos cuarenta y seis mil doscientos dos (1, 846,202) cabezas de bovino. Mientras que el sacrificio de ganado porcino fue de Cinco millones ciento ocho mil quinientos setenta y nueve cabezas (5, 108, 579), los datos se pueden observar en la figura 5.13.

Tabla 5.2. Sacrificio de ganado bovino y porcino en los rastros municipales de la República Mexicana en el año 2019.

CABEZAS SACRIFICADAS EN LOS RASTROS MUNICIPALES EN EL AÑO 2019		
ENTIDAD	GANADO BOVINO	GANADO PORCINO
Aguascalientes	37,009	190,022
Baja California	4,698	3,350
Baja California Sur	13,437	5,396
Campeche	11,915	42,505
Coahuila de Zaragoza	81,350	47,311
Colima	13,588	101,142
Chiapas	80,569	9,145
Chihuahua	83,036	31,669
Durango	44,421	4,911
Guanajuato	156,403	380,787
Guerrero	60,046	168,693
Hidalgo	42,652	152,482
Jalisco	348,196	946,940
México	132,816	796,047
Michoacán de Ocampo	216,006	322,893
Morelos	17,105	180,655
Nayarit	24,917	83,166
Nuevo León	10,369	4,596
Oaxaca	30,623	46,624
Puebla	33,021	343,866
Querétaro	43,231	233,137
Quintana Roo	8,312	77,811
San Luis Potosí	63,028	117,471
Sinaloa	39,612	60,843
Sonora	21,783	59,036
Tabasco	34,931	4,478
Tamaulipas	33,364	12,655
Tlaxcala	7,277	42,232
Veracruz de Ignacio de la Llave	93,956	300,486
Yucatán	14,252	261,863
Zacatecas	44,279	76,367
Nacional		

Fuente: INEGI, 2019.

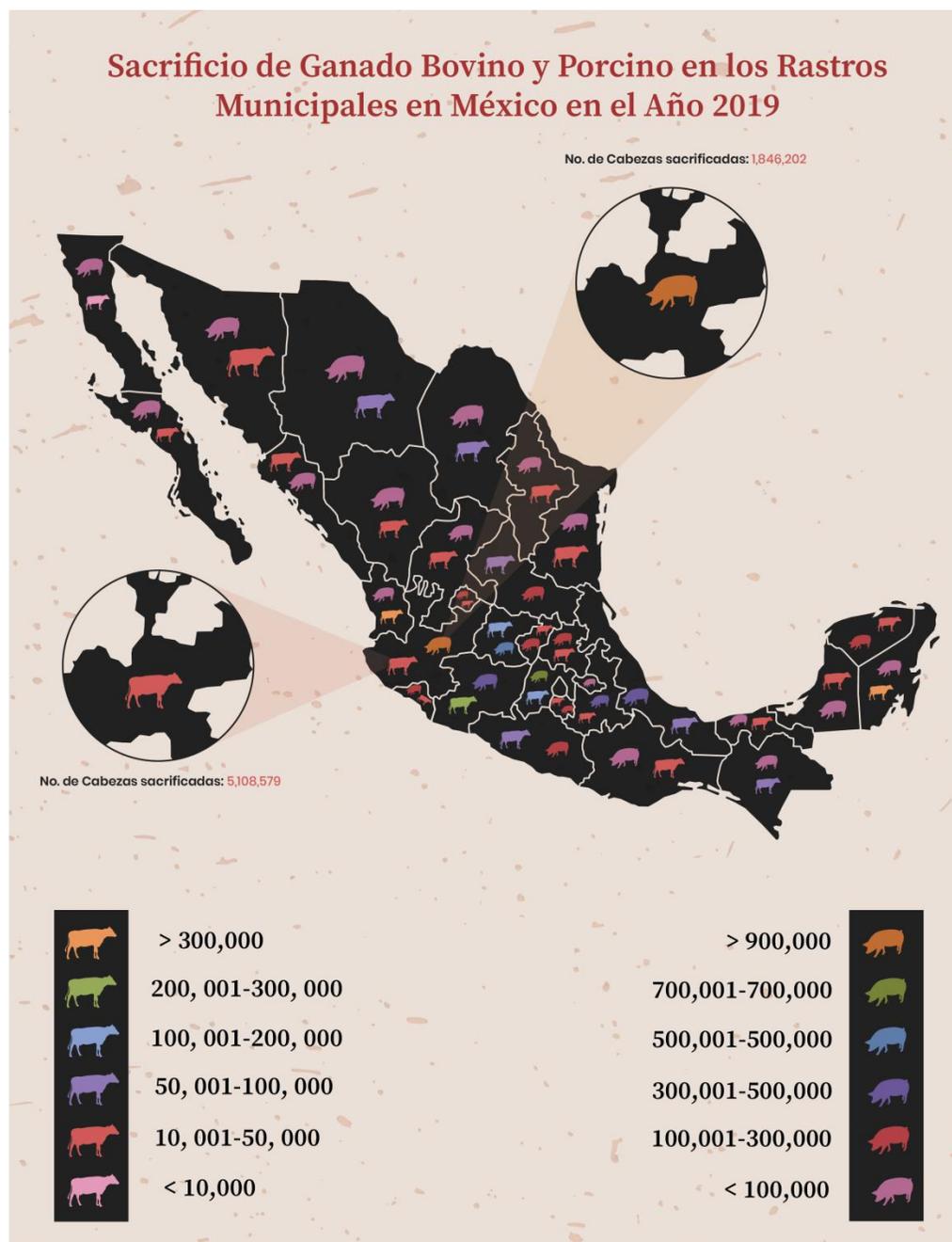


Figura 5.14. Sacrificio de ganado bovino y porcino por entidad en los rastros municipales de la República Mexicana en el año 2019. **Fuente:** Elaboración propia con datos de INEGI, 2019.

Conocida la cantidad de la faena anual de cada tipo de ganado, se multiplicó primeramente el total de las cabezas sacrificadas de ganado bovino por el consumo de agua por cabeza, considerando la estimación de 887 litros; seguido por 20.3 kg la cantidad promedio de heces y orina producidos al día, por 12 litros de sangre que se desecha por cabeza; y para el cálculo del decomiso de órganos

por canal se restó 0.50% del peso del animal en pie al peso promedio por bovino que es de 250 kg y después se multiplicó por el número total de cabezas sacrificadas por estado (Tabla 5.3).

Tabla 5.3. Generación de residuos por la matanza de ganado bovino en los rastros municipales de la República Mexicana en el año 2019.

GENERACIÓN DE RESIDUOS PROCEDENTES DE LA MATANZA DE GANADO BOVINO EN RASTROS MUNICIPALES DE LA REPÚBLICA MEXICANA EN EL AÑO 2019					
ENTIDAD	CABEZAS SACRIFICADAS	AGUA RESIDUAL (L)	HECES Y ORINA (Kg)	TOTAL DE SANGRE (L)	DECOMISOS POR CABEZA
Jalisco	348,196	308,849,852	7,068,379	4,178,352	435,245
Michoacán	216,006	191,597,322	4,384,922	2,592,072	270,008
Guanajuato	156,403	138,729,461	3,174,981	1,876,836	195,504
México	132,816	117,807,792	2,696,165	1,593,792	166,020
Veracruz	93,956	83,338,972	1,907,307	1,127,472	117,445
Chihuahua	83,036	73,652,932	1,685,631	996,432	103,795
Coahuila	81,350	72,157,450	1,651,405	976,200	101,688
Chiapas	80,569	71,464,703	1,635,551	966,828	100,711
San Luis Potosí	63,028	55,905,836	1,279,468	756,336	78,785
Guerrero	60,046	53,260,802	1,218,934	720,552	75,058
Durango	44,421	39,401,427	901,746	533,052	55,526
Zacatecas	44,279	39,275,473	898,864	531,348	55,349
Querétaro	43,231	38,345,897	877,589	518,772	54,039
Hidalgo	42,652	37,832,324	865,836	511,824	53,315
Sinaloa	39,612	35,135,844	804,124	475,344	49,515
Aguascalientes	37,009	32,826,983	751,283	444,108	46,261
Tabasco	34,931	30,983,797	709,099	419,172	43,664
Tamaulipas	33,364	29,593,868	677,289	400,368	41,705
Puebla	33,021	29,289,627	670,326	396,252	41,276
Oaxaca	30,623	27,162,601	621,647	367,476	38,279
Nayarit	24,917	22,101,379	505,815	299,004	31,146
Sonora	21,783	19,321,521	442,195	261,396	27,229
Morelos	17,105	15,172,135	347,232	205,260	21,381
Yucatán	14,252	12,641,524	289,316	171,024	17,815
Colima	13,588	12,052,556	275,836	163,056	16,985
Baja California Sur	13,437	11,918,619	272,771	161,244	16,796

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, 2019; Signorini, *et al.*, 2006.

Para los residuos generados del sacrificio de ganado porcino, se multiplicó primeramente el total de las cabezas sacrificadas por el consumo de agua por cabeza, considerando la estimación de 221 litros; seguido por 5.9 kg la cantidad promedio de heces y orina producidos al día, por cuatro

litros de sangre que se desecha por cabeza; y para el cálculo del decomiso de órganos por canal se restó 0.50% del peso del animal en pie al peso promedio por porcino que es de 100 kg y después se multiplicó por el número total de cabezas sacrificadas por estado. Es importante mencionar que, al no poseer datos específicos sobre decomisos en porcinos, se realizó la estimación a partir del valor de los bovinos.

Para las estimaciones de los residuos generados solo se consideró al ganado bovino y porcino debido a que, en los datos abiertos de INEGI, no cuentan con las estimaciones del sacrificio de aves, y en el caso del ganado ovino, caprino y equinos no existen datos respecto a la generación de sus residuos durante su proceso de matanza. Además de ser el tipo de ganado que genera una mayor cantidad de residuos (tabla 5.4), pues en el caso de las aves la canal se mantiene completa y con piel para la venta.

Tabla 5.4. Generación de residuos por la matanza de ganado porcino en los rastros municipales de la República Mexicana en el año 2019.

GENERACIÓN DE RESIDUOS PROCEDENTES DE LA MATANZA DE GANADO PORCINO -EN RASTROS MUNICIPALES DE LA REPÚBLICA MEXICANA EN EL AÑO 2019					
ENTIDAD	CABEZAS SACRIFICADAS	LITROS DE AGUA RESIDUAL	HECES Y ORINA TOTAL (Kg)	TOTAL DE SANGRE (L)	DECOMISOS POR CABEZA
Jalisco	946,940	209,273,740	5,586,946	3,787,760	1,183,675
México	796,047	175,926,387	4,696,677	3,184,188	995,059
Guanajuato	380,787	84,153,927	2,246,643	1,523,148	475,984
Puebla	343,866	75,994,386	2,028,809	1,375,464	429,833
Michoacán	322,893	71,359,353	1,905,069	1,291,572	403,616
Veracruz	300,486	66,407,406	1,772,867	1,201,944	375,608
Yucatán	261,863	57,871,723	1,544,992	1,047,452	327,329
Querétaro	233,137	51,523,277	1,375,508	932,548	291,421
Aguascalientes	190,022	41,994,862	1,121,130	760,088	237,528
Morelos	180,655	39,924,755	1,065,865	722,620	225,819
Guerrero	168,693	37,281,153	995,289	674,772	210,866
Hidalgo	152,482	33,698,522	899,644	609,928	190,603
San Luis Potosí	117,471	25,961,091	693,079	469,884	146,839
Colima	101,142	22,352,382	596,738	404,568	126,428
Nayarit	83,166	18,379,686	490,679	332,664	103,958
Quintana Roo	77,811	17,196,231	459,085	311,244	97,264
Zacatecas	76,367	16,877,107	450,565	305,468	95,459
Sinaloa	60,843	13,446,303	358,974	243,372	76,054

Continuación Tabla 5.4

ENTIDAD	CABEZAS SACRIFICADAS	LITROS DE AGUA RESIDUAL	HECES Y ORINA TOTAL EN KG	TOTAL DE SANGRE (L)	DECOMISOS POR CABEZA
Sonora	59,036	13,046,956	348,312	236,144	73,795
Coahuila de Zaragoza	47,311	10,455,731	279,135	189,244	59,139
Oaxaca	46,624	10,303,904	275,082	186,496	58,280
Campeche	42,505	9,393,605	250,780	170,020	53,131
Tlaxcala	42,232	9,333,272	249,169	168,928	52,790
Chihuahua	31,669	6,998,849	186,847	126,676	39,586
Tamaulipas	12,655	2,796,755	74,665	50,620	15,819
Chiapas	9,145	2,021,045	53,956	36,580	11,431
Baja California Sur	5,396	1,192,516	31,836	21,584	6,745
Durango	4,911	1,085,331	28,975	19,644	6,139
Nuevo León	4,596	1,015,716	27,116	18,384	5,745
Tabasco	4,478	989,638	26,420	17,912	5,598
Baja California	3,350	740,350	19,765	13,400	4,188
TOTAL:	5,108,579	1,128,995,959	30,140,616	20,434,316	6,385,724

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, 2019; Signorini, *et al.*, 2006.

Tabla 5.5. Generación de residuos por la matanza de ganado bovino y porcino en los rastros municipales de la República Mexicana en el año 2019.

GANADO	CABEZAS SACRIFICADAS	AGUA RESIDUAL (L)	HECES Y ORINA (Kg)	TOTAL DE SANGRE (L)	DECOMISOS POR CABEZA
PORCINO	5,108,579	1,128,995,959	30,140,616	20,434,316	6,385,724
BOVINO	1,846,202	1,637,581,174	37,477,901	22,154,424	2,307,753
TOTAL	6,954,781	2,766,577,133	67,618,517	42,588,740	8,693,476

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, 2019; Signorini, *et al.*, 2006.

Haciendo uso de los datos abiertos, disponibles en la Red Nacional de Metadatos de INEGI del número total de cabezas sacrificadas por año, se graficó el comportamiento de la generación de los principales residuos generados durante el proceso de matanza tanto de ganado bovino como porcino desde el año 2008 hasta el año 2019.

El sacrificio de ganado porcino a lo largo de los años consultados se ha mantenido estable, a diferencia del bovino, en el cual se observa una baja, que indica que el tipo de carne que más se consume es la de cerdo (Figura 5.13.).

Los datos son totalmente contrastantes en la generación de aguas residuales durante el proceso de matanza, pues a pesar que el número de cabezas de ganado porcino sacrificadas es muy superior a las cabezas de ganado bovino, los litros de agua residuales de éste último son más del triple resultante a las generadas por el ganado porcino (Figura 5.14.).

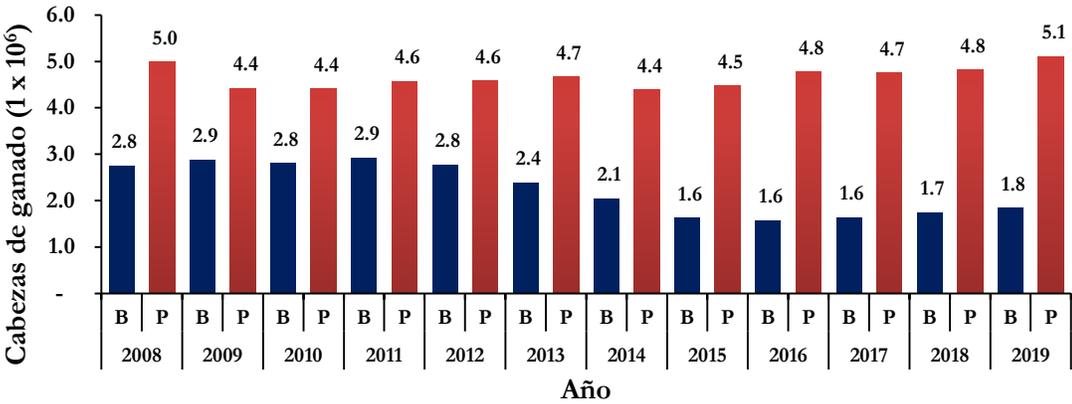


Figura 5.15. Cabezas de ganado bovino y porcino en rastros municipales del año 2008 al 2019. **Fuente:** Elaboración propia con datos de INEGI, 2019; Signorini, *et al.*, 2006.

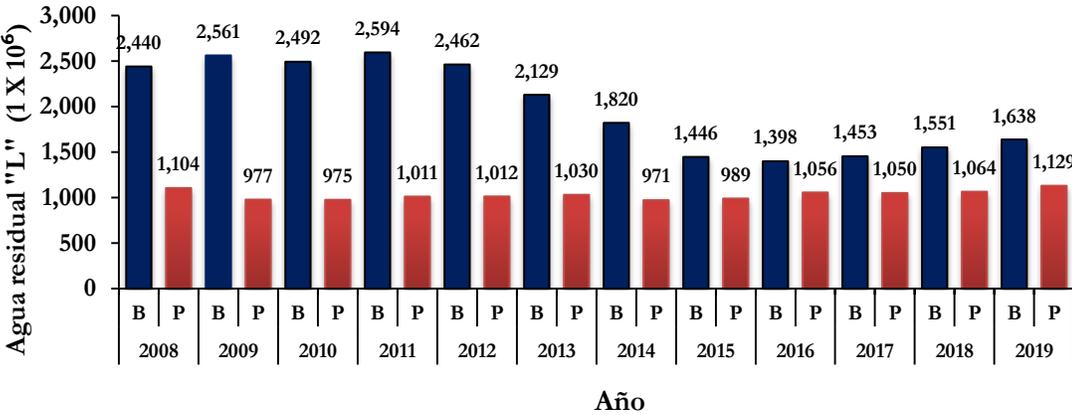


Figura 5.16. Litros de agua generados en el sacrificio de ganado en rastros municipales del año 2008 al 2019. **Fuente:** Elaboración propia con datos de INEGI, 2019; Signorini, *et al.*, 2006.

En correlación con la disminución en la matanza de ganado bovino, los litros de aguas residuales generados también presentaron una baja de dos terceras partes, haciendo la comparativa del año 2008 al 2019.

En la generación de cada residuo generado, se puede observar que, a partir del año 2015, los valores tienen a aproximarse derivado del aumento del sacrificio de ganado porcino, justo en el mismo año. Por lo que la tendencia muestra que el sacrificio de ganado va en aumento, si bien no

individualmente en el caso del ganado bovino para México, pero sí en conjunto, y con ello también cada vez será mayor la generación de residuos. Es por ello que se torna imprescindible que los diferentes sectores involucrados en la producción y regulación de cárnicos atiendan el manejo integral de los residuos generados en los rastros municipales de la República Mexicana.

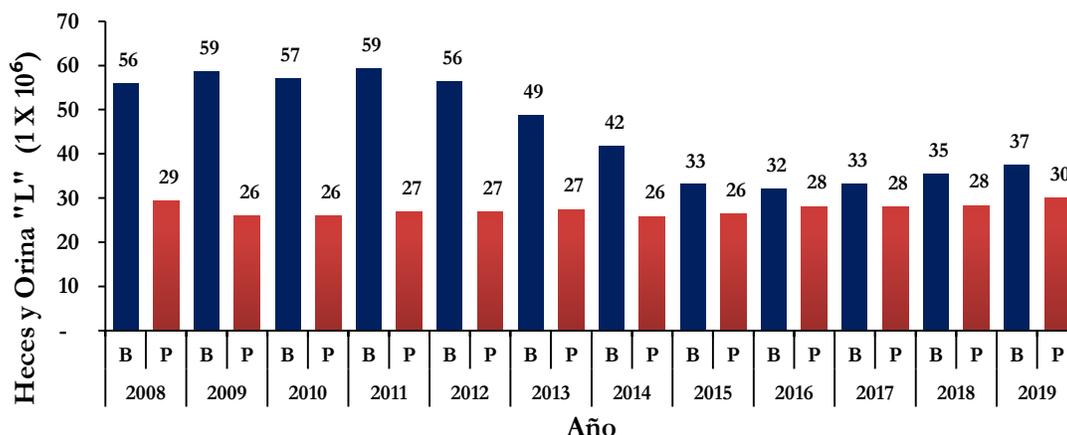


Figura 5.17. Heces y orina generados en el sacrificio de ganado en rastros municipales del año 2008 al 2019. **Fuente:** Elaboración propia con datos de INEGI, 2019; Signorini, *et al.*, 2006.

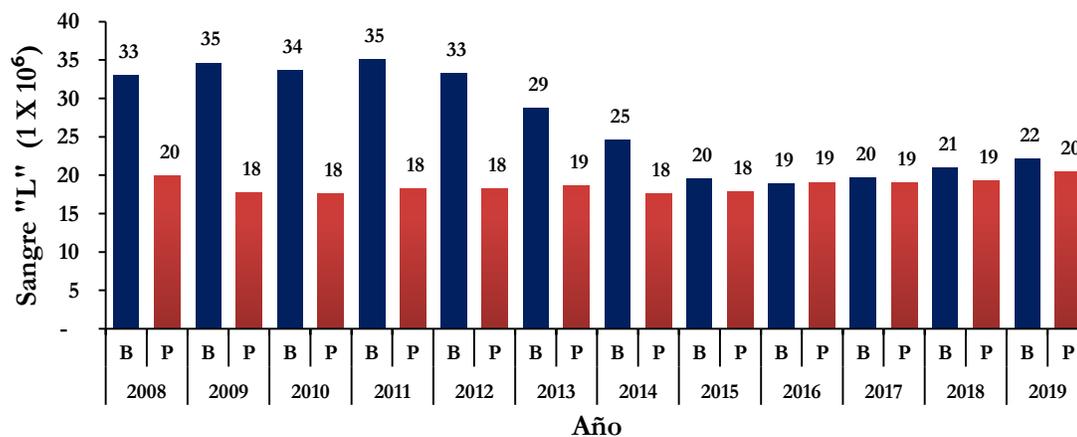


Figura 5.18. Litros de sangre generados en el sacrificio de ganado en rastros municipales del año 2008 al 2019. **Fuente:** Elaboración propia con datos de INEGI, 2019; Signorini, *et al.*, 2006.

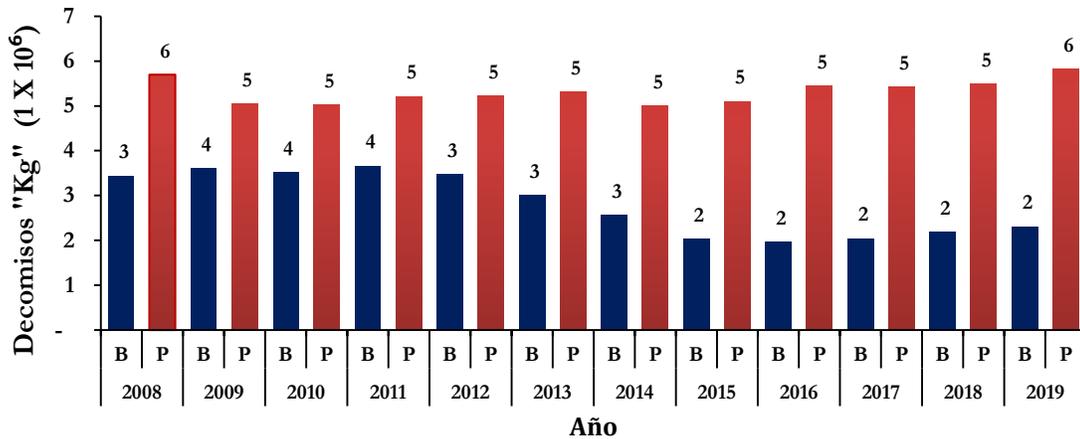


Figura 5.19. Decomisos generados en el sacrificio de ganado en rastros municipales del año 2008 al 2019.
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, 2019; Signorini, *et al.*, 2006.

Los residuos contemplados son solo algunos de los generados en los rastros, para los cuales fue posible su estimación debido a que de ellos si existe información promedio de su generación. Los resultados demuestran que se carece de información sobre la cantidad de residuos generados por rastro, entidad, e inclusive a nivel nacional, pues los trabajos revisados sólo se sustentan a partir de estimaciones no experimentales. Por ello sería de gran importancia que estudios se realicen con el objetivo de cuantificar las cantidades de cada residuo generado tanto en cada uno de las etapas de la producción cárnica como de los insumos que se utilizan por el personal adscrito en el desempeño de sus labores. La información que se genere serviría de sustento para la aplicación del manejo y tecnologías adecuados acorde al volumen de generación.

V.2 Manejo actual de los residuos generados en los rastros municipales

Los residuos sólidos y líquidos son vertidos, casi en la totalidad de los rastros, en el drenaje o cuerpos de agua. Esta situación representa, además del evidente daño ambiental, un gran desperdicio de recursos que pueden ser empleados en diversas actividades y bien pueden ser considerados como un subproducto de la matanza. Esto significa que se requiere un cambio de paradigma hacia uno con visión ambientalista en el que se entienda que los residuos no son algo de lo que nos tenemos que deshacer inmediatamente si no que son recursos que podemos y debemos aprovechar. Al mismo tiempo, disminuimos la contaminación de la naturaleza y prevenimos riesgos a la salud humana directa o indirectamente (COFEPRIS, 2007). Por ello se

han experimentado con diferentes métodos de tratamientos. A continuación, se muestran los encontrados en la revisión bibliográfica.

V.2.1 Estudios para el manejo de residuos generados en rastros

V.2.1.1 Estudios sobre el manejo de residuos de aspecto sólido

Según Uicab-Brito y Sandoval Castro (2003) en su estudio *Uso del contenido ruminal y algunos de los residuos de la industria cárnica en la elaboración de composta* se determina que el compostaje es una tecnología poco costosa que puede ser aplicada para el manejo de algunos de los residuos de mataderos, como son el contenido ruminal por ser de los contaminantes con mayor impacto ambiental.

Vicencio-De la Rosa *et al.* 2011 realizaron un estudio orientado a la producción de composta y vermicomposta a partir de *lodos provenientes de la planta de tratamiento de aguas residuales* del rastro municipal de la ciudad de Durango. Para la estabilización se utilizaron y compararon entre sí dos métodos de composteo: pilas con volteo periódico y vermicomposteo. La composta producida por el método de pilas volteadas fue la de mejor calidad. La composta y vermicomposta de acuerdo a la NOM-004-SEMARNAT-2002, resultaron ser biosólidos excelentes de clase A, libres de microorganismos patógenos y ricas en nitrógeno, aptas para ser usadas en jardinería sin ninguna objeción.

Buscando brindar alternativas tecnológicas, Laines-Canepa *et al.*, 2013 trabajaron en el diseño, construcción y operación uso de un *biodigestor anaerobio para el aprovechamiento del contenido gástrico ruminal*, bajo condiciones mesófilas en un biodigestor por lotes, tipo cúpula, construido con geomembrana de polivinilo de cloruro (PVC) y mezclado con un sistema de agitación hidráulica. El contenido gástrico ruminal vacuno reportó una concentración de sólidos volátiles apta (10.39% del peso húmedo) para su uso en la producción de biogás, así mismo la proporción del metano y la concentración del ácido sulfhídrico en el biogás resultaron ser aceptables.

Los residuos resultantes del tratamiento de aguas, también son recursos que pueden ser aprovechados como lo plantean Sarabia-Méndez *et al.* (2017) en su estudio comparativo de la *codigestión anaerobia de excretas de borrego más lodos de aguas residuales*, la codigestión anaerobia de excretas de borrego más *rumen* y digestión anaerobia de excretas de borrego. La composición del biogás en cuanto a CH₄ y CO₂ es muy similar en los tres tratamientos. Sin embargo, el T3 presenta menor porcentaje de CH₄ (61% contra 64% de los otros tratamientos). Por otro lado, el T1 es donde se obtuvo la menor concentración de H₂S. Los resultados mostraron que el T1 se

considera el mejor, ya que presentó menor concentración de H_2S . Además, de que es el tratamiento que comienza a generar biogás en el menor tiempo, en comparación con los otros dos. En la práctica esto implica una reducción en el tiempo de retención de los residuos y por ende un volumen de biodigestor menor, disminuyendo costos tanto para su construcción como por el tratamiento del biogás para la eliminación del H_2S .

Martínez-Hernández *et al.* (2009), recomiendan el *aprovechamiento de biogás a través de biodigestores para la generación de energía eléctrica*, como opción rentable para el tratamiento de los residuos como son el rumen, residuos de panza e intestinos, estiércol, residuos de frutas y verduras de mercado tratados mediante codigestión anaeróbica. Además, sugieren que es importante considerar que la producción de biogás es dependiente de la temperatura, y que un descenso de tres grados del valor óptimo se refleja en un descenso de hasta un 60%; a su vez la composición de la carga de biomasa al birreactor influye en el proceso de codigestión, pues en el proceso la mezcla de residuos de mataderos, residuos de frutas, vegetales y excretas incrementaron la proporción de producción de biogás.

Un residuo más generado en los rastros son las grasas animales extraídas directamente de residuos orgánicos, y en ello trabajaron Rivera-Ivanna *et al.* (2009) para la producción de biodiesel por vía enzimática. El proceso se basó en reacciones de transesterificación realizadas por vía enzimática con dos lipasas comerciales N435 y RM IM. De las dos enzimas probadas, la enzima N435 fue la más eficiente tanto en el sistema libre de solvente como en el sistema con terbutanol como solvente. Para llevar a cabo con éxito la síntesis de biodiesel, es determinante la selección de los parámetros adecuados como son: el catalizador, el radio molar y el tipo de solvente a utilizar. Las grasas animales resultaron ser una alternativa a bajo costo para la producción de biodiesel mediante la reacción de transesterificación.

5.2.1.2 Estudios sobre el manejo de residuos de aspecto líquido

Para el tratamiento terciario de agua residual de rastro Romero-Ortiz *et al.* (2011), evaluaron la eficiencia de *remoción de Nitrógeno y Fosfato* mediante el *uso de hidrófitas* de las especies *Eichhornia crassipes*, *Lemna gibba* y *Myriophyllum aquaticum*, previamente tratada con sistemas anaerobios en serie. Los reactores anaerobios fueron un digestor de flujo ascendente con manto de lodo (UASB) y como tratamiento secundario un reactor de película fija adherida (RAPF), también evaluados para la remoción de amonio, ortofosfatos y nitritos. El agua residual analizada fue proporcionada por el Rastro Frigorífico La Paz, S.A. de C.V. La mayor remoción de materia orgánica y nitratos

en el sistema anaerobio fue en el reactor UASB; la mayor remoción de ortofosfatos fue en el reactor RAPF y la remoción de nutrientes del efluente la hidrófita más eficiente fue *Myriophyllum aquaticum*. El estudio concluyó que el tratamiento del agua residual de rastro, con la combinación de los dos métodos utilizados tanto el sistema anaerobio como las hidrófitas resultó para mejorar la calidad del agua.

Un estudio enfocado a la *remoción de materia orgánica en aguas residuales de rastro por el proceso de Contactor Biológico Rotacional* fue realizado por Castillo-Borges *et al.* (2012), donde diseñaron y construyeron un reactor a escala piloto para determinar la eficiencia del tratamiento en el que se probaron las cargas orgánicas de 6.6, 12.2 y 11.6 gDQO_s/m²/d a 30 rpm a las que les correspondieron tiempos de retención de hidráulicos (THR) de 47.4, 31.6 y 23.7 horas. Los resultados demostraron que la carga orgánica más eficiente fue la de 12.2 gDQO_s/m²/d, con una remoción como DQO de 98.35%, una DBO₅ cd 97.96%, 62.11% de remoción de nitrógeno Kjeldahl total, eliminación de 37.81% de sólidos totales, 48.33% de remoción de sólidos suspendidos totales y 70% de reducción de alcalinidad. En general, el sistema de tratamiento aeróbico por medio de un CBR resulta con eficiencias de remoción de materia orgánica medida como DQO por arriba del 90% en casi todos los casos.

En el 2009, Morales-Avelino y colaboradores, para el *tratamiento de aguas residuales* presentaron una alternativa de *floculación* utilizando semillas maceradas de *Moringa oleífera* Lam como coagulante, en solución y suspensión, para reducir la absorbancia de las partículas suspendidas en las aguas residuales generadas. Las semillas de moringa se utilizaron en dos formas: en suspensión y en solución. Con el tren de *tratamiento coagulación-sedimentación* y la utilización de altas dosis de coagulante (25 g/l), se obtuvieron reducciones de 80% de absorbancia. La dosis óptima de Moringa fue de 25 g/l. La forma de agregación de la Moringa (solución y suspensión) no fue significativa, por lo que resultaría más económico utilizarla en suspensión. La utilización de moringa como tratamiento fisicoquímico del tipo coagulación- floculación se puede utilizar con éxito en la remoción de materia orgánica de las aguas de fosa estudiadas.

Peña-Loera (2012), utilizó un *sistema acoplado anaerobio* a escala laboratorio para estudiar el *tratamiento de agua residual* del rastro municipal de Cuernavaca, el tipo de reactor anaerobio utilizado fue un reactor UASB y el aerobio consistió de un reactor de lodos activados con aireación intermitente LAAI. El tratamiento de las aguas residuales del rastro municipal de Cuernavaca mediante el sistema acoplado UASB-LAAI, permitió obtener una remoción global de la materia orgánica medida como DQO de 97% en promedio.

En otro trabajo se realizó un comparativo a nivel de laboratorio donde se desarrollaron dos procesos, uno *de tipo fisicoquímico de coagulación floculación* y otro *de tipo biológico An/Ar*, siendo ambos técnicamente factibles para el *tratamiento de agua residual* de rastro. El primero de ellos alcanzó una eficiencia de remoción de DQO del 94.2% inicial, con una dosis óptima de 250 mg/l de $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$ más una dosis de 5 mg/l de un polímero aniónico, el ERJOPOL 2098-A a pH=4; las velocidades de agitación para la fase de coagulación y floculación fueron de 200 rpm durante 10 s y de 20 rpm durante 20 min respectivamente. Respecto al proceso biológico, la eficiencia de remoción cuando solo se aplica la etapa anaerobia fue de 60-80%; sin embargo, al aplicar el proceso global An/Ar se alcanzó el 97% de remoción de materia orgánica medida como DQO. Las mejores condiciones para el tratamiento biológico fueron un TRH de 20 h para el FA y 9 h de aireación para el SBR. El FA ha sido clave en el sistema biológico An/Ar, ya que se obtuvieron eficiencias más altas de remoción al incrementar la carga orgánica suministrada (López-López *et al.*, 2008).

Pelcastre *et al.*, (2018), realizaron un estudio con la sangre de ovino obtenida del rastro municipal de Zumpango, Estado de México, para la elaboración de un producto tipo empanizador a base de harina de sangre y otro a base de plasma sanguíneo adicionado con trigo y especias; la metodología para el primer producto consistió en el secado de la sangre, molido, tamizado y la preparación del sustituto de empanizador mientras para el segundo sustituto la sangre fue centrifugada, se separó el plasma, secado en estufa, molido y su preparación. El análisis sensorial de los productos se llevó a cabo tras emplearlos para recubrir pechuga de pollo. Como resultado se logró obtener los productos esperados, y se concluyó que el sustituto a base de harina de sangre tuvo mayor aceptación.

Es importante, contar con investigaciones encaminadas a brindar alternativas ante la problemática de los residuos resultantes del proceso de producción de cárnicos, sin embargo, en México aún no se considera un tema de importancia para destinar la ciencia y los recursos económicos para su resolución, por ello a continuación se presentan estudios realizados en otros países de Latinoamérica.

Para el *tratamiento de aguas residuales* de mataderos Muñoz-Muñoz en el año 2005, revisó tres posibles métodos de tratamientos, tratamientos físicos y químicos (primario), tratamientos biológicos anaerobios o aeróbicos (secundario) y una combinación de los dos tratamientos secundarios para una población menor de 200 habitantes. Con los elementos de referencia y teniendo en cuenta que los sistemas combinados anaerobios y aerobios son los ideales, se justifica

y recomienda para el tratamiento de las aguas residuales del matadero de una población pequeña desde el punto de vista técnico un tratamiento preliminar, seguido de un tratamiento primario y un sistema de tratamiento secundario.

Para el *tratamiento de lodos activos*, Pabón y Suárez-Gélvez, (2009), desarrollaron la investigación en una planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa Frigorífico Frigofrontera Ltda., constituida por un sistema de tratamiento primario que incluye cribado, desarenado, trampeo de grasa y sedimentación, un reactor de lodo activo con recirculación para el tratamiento secundario y un filtro descendente como tratamiento terciario. Los resultados del arranque del reactor aerobio permiten concluir que es viable utilizar como inóculo contenido ruminal, adaptándolo con variaciones de carga con variadas proporciones de sustrato (agua ruminaza-aguasangre). El sistema de lodos activos (reactor y sedimentador) reportó una eficiencia promedio de 46.4% en DBO_5 y un 40.84% en sólidos suspendidos. El reactor de lodos activos aporta una eficiencia promedio de eficiencia en remoción de DBO_5 de 46.4% y de sólidos suspendidos de 40.84% mostrando que es una tecnología viable técnica y ambientalmente para estabilizar la materia orgánica contaminante generada en las industrias de faenado de ganado.

Castro-Leonor *et al.* (2014), evaluaron la *lombricultura* para la producción de humus de lombriz a partir de residuos como *estiércol, sangre, vísceras* y otros para la recuperación de suelos degradados. La lombricultura permite mitigar los procesos de contaminación de acuerdo a la capacidad productiva del lombricultor. Con esta técnica se llegaría a recuperar un 60% de residuos de matadero al año, en caso de que el procesamiento alcance su máximo nivel en cuanto a su capacidad actual de procesamiento. El humus de lombriz es estéril, permitiendo fertilizar sin correr el riesgo de transmitir enfermedades y plagas insectiles a los cultivos. La población de lombrices generadas en el proceso puede ser una fuente de ingresos ya que son proteína para alimento de aves.

Cuadros *et al.* (2009), proponen como alternativa la técnica de *digestión anaerobia*, utilizándolos residuos de matadero municipal de Badajoz (*contenido ruminal, vísceras, intestinos, grasas, aguas de lavado, sangre, purines*). Las experiencias se realizaron en una planta de Digestión Anaerobia a escala de laboratorio que consta de un digestor de flujo continuo de tipo CSRT (continuous-flow stirred tank reactor) de seis litros de capacidad, el inóculo inicial se tomó de la depuradora de aguas residuales urbanas de Bajadoz. Los resultados mostraron una eliminación de la contaminación en términos de DQO degradada es del 75.3% del lodo efluente, y del 97.8% de la fracción líquida. La producción de biogás es de 10.8 l/día lo que supone 30.8 Nm^3 biogás/ m^3 sustrato degradado.

En el año 2011, se presentó un estudio sobre el aprovechamiento de patas de pollos como alternativa para disminuir residuos generados en los mataderos, para la producción de *jaleas y gelatinas*. La investigación se llevó a cabo en dos etapas. En la primera etapa, las jaleas se obtuvieron a partir de las patas del pollo y se evaluaron sus cualidades sensoriales para verificar su aceptabilidad. En la segunda etapa, se produjo gelatinas y se analizó también sus cualidades sensoriales para comprobar su aceptabilidad. Los resultados mostraron que la mayoría de los catadores aprobaron los productos con más de siete puntos en la escala hedónica y más del 80% dijeron que consumirían los productos. Los niveles de proteínas en las jaleas y gelatinas de patas de pollo superaron en cuatro veces los niveles de los productos comerciales, lo que indica una superioridad con respecto a las calidades químicas y potencialmente medicinales (Almeida *et al.*, 2012).

Ríos y Ramírez (2012), presentaron un estudio sobre el aprovechamiento del *contenido ruminal bovino* para cebsa cunícola, como estrategia para diezmar la contaminación generada por mataderos. Se prepararon cuatro tratamientos, en el tratamiento uno (T1), tratamiento testigo, se suministró concentrado comercial a voluntad. Para los tratamientos dos (T2), tres (T3) y cuatro (T4) se mezclaron en diferentes proporciones contenido ruminal, *Gliricidia sepium* y maíz. La mezcla, se ensiló por un periodo de treinta días, siguiendo las sugerencias aportadas por Trillos y colaboradores (2006) en su trabajo. Los resultados permiten afirmar que el contenido ruminal utilizado en la dieta, en las proporciones adecuadas, se convierte en una alternativa, para la generación de proteína de origen animal (cunícola), ofreciendo un destino final no contaminante para este deshecho de matadero. Gracias a dichas investigaciones que se centran en la búsqueda de soluciones técnicas viables para el tratamiento de residuos de rastros y su valorización energética se establecen los manejos para ser aplicados de acuerdo a las necesidades específicas que presente cada establecimiento.

5.2.2 Tipos de manejo para el tratamiento para los residuos generados en rastros

En los últimos años se ha incrementado la demanda de productos cárnicos y de sus derivados, y por consiguiente una mayor generación de residuos resultantes del proceso de faenamiento en rastros. Lamentablemente un gran porcentaje de éstos es dispuesto inadecuadamente, trayendo consigo afectaciones directas e indirectas al ambiente y salud humana. A razón de lo anterior, es necesario implementar alternativas de manejo integral para disminuir su potencial contaminante.

Los residuos de los rastros son vertidos casi en su totalidad, en el drenaje, cuerpos de agua o espacios abiertos, lo que representa un gran desperdicio de recursos que pueden ser empleados en diversas actividades y bien pueden ser considerados como un subproducto de la matanza. Esto significa que se requiere un cambio de paradigma hacia uno con visión ambientalista en el que se entienda que los residuos no son algo de lo que nos tenemos que deshacer inmediatamente, sino que son recursos que podemos y debemos aprovechar (COFEPRIS, 2007).

La implementación de medidas como las propuestas (tabla 5.5), pueden ser fuente para generar ingresos extras por el manejo integral de los residuos, además, resulta más económico tratar el agua antes de verterla al drenaje y/o cuerpos de agua, en comparación con el costo que se tendría para reparar los impactos ambientales y la salud humana generados (COFEPRIS, 2007).

Es importante resaltar que aún en México no existe un manual predeterminado u obligatorio de los tratamientos para el manejo de los residuos originados en los rastros y que cada uno deberá encontrar las medidas más convenientes que permitan cumplir con la legislación ambiental, el proteger la salud pública y el aprovechamiento de los residuos.

En relación a los tratamientos implementados en los rastros de la República Mexicana, en base a la revisión bibliográfica, se puede catalogar como nula, pues si bien en artículos se denota estudios basados en la utilización de sus residuos para los métodos experimentales, no los hay sobre manejos in situ. Además, ninguna instancia oficial ha reportado a través de sus sistemas de información datos sobre el monitoreo e inspección de los tratamientos que se utilizan para el manejo de sus residuos o medidas aplicadas para reducir o mitigar sus impactos.

Tabla 5.6. Alternativas de manejo integral propuestos para el tratamiento de residuos generados en los rastros de la República Mexicana.

ALTERNATIVAS DE MANEJO INTEGRAL PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS GENERADOS EN LOS RASTROS			
MANEJO	RESIDUOS A TRATAR	ETAPA DE MANEJO INTEGRAL	REFERENCIA
Lavado en seco	Contenido ruminal	Reducción	Guerrero <i>et al.</i> 2004
Tanque de recolección y de almacenamiento	Sangre	Separación	Guerrero <i>et al.</i> 2004
Rejas y tamices finos removibles	Rumen Estiércol	Separación	Guerrero <i>et al.</i> 2004
Producción de subproductos	Residuos sólidos gruesos (hueso, carne)	Reciclaje Co-procesamiento	Guerrero <i>et al.</i> 2004López-Caetano & Miranda, 2005Herrera, 2008
Planta de rendimiento	Sangre, grasa y pedacería, cuernos, pezuñas y otros no comestibles	Co-procesamiento	Signorini <i>et al.</i> , 2006COFEPRIS, 2007
Biodigestión	Sangre, estiércol, residuos de alimentos, contenido gástrico, rumen, grasa pedacería	Reciclaje Tratamiento biológico	COFEPRIS, 2007
Compostaje	Rumen, contenido gástrico, estiércol, sangre, residuos de alimentos, grasa y pedacería	Tratamiento biológico	Uicab & Sandoval-Castro, 2003Guerrero <i>et al.</i> , 2004COFEPRIS, 2007García <i>et al.</i> , 2011 Cun-Jaramillo, 2017Cruz-Lazo & González de Cruz, 2015Pérez-Gavilán <i>et al.</i> , 2017
Lodos activados	Aguas residuales	Tratamiento biológico	Pabón & Suárez, 2009Triana, 2019

Continuación tabla 5.6.

ALTERNATIVAS DE MANEJO INTEGRAL PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS GENERADOS EN LOS RASTROS			
MANEJO	RESIDUOS A TRATAR	ETAPA DE MANEJO INTEGRAL	REFERENCIA
Lecho de secado	Aguas residuales	Tratamiento biológico	López-Caetano & Miranda, 2005
Lombricomposta	Estiércol, rumen, sangre, vísceras, lodos de las aguas residuales	Tratamiento biológico	Rada, 2010Vicencio-De la Rosa <i>et al.</i> , 2011Castro-Leonor <i>et al.</i> , 2014
Contactador biológico rotacional	Aguas residuales	Tratamiento biológico	Castillo-Borges <i>et al.</i> , 2012
Pretratamiento Trampa de sólidos Cribado Desarenador Remoción de grasas Homogenización	Aguas residuales	Tratamiento físico	López-Caetano & Miranda, 2005Muñoz, 2005COFEPRIS, 2007Triana, 2019
Tamiz parabólico	Aguas residuales	Tratamiento físico	López-Caetano & Miranda, 2005
Laguna anaerobia	Aguas residuales	Tratamiento físico-biológico	López-Caetano & Miranda, 2005
Laguna facultativa	Aguas residuales	Tratamiento físico-biológico-químico	López-Caetano & Miranda, 2005
Lecho percolador	Aguas residuales	Tratamiento físico-biológico	López-Caetano & Miranda, 2005
Tratamiento primario Fisicoquímico Flotación Coagulación Sedimentación	Aguas residuales	Tratamiento físico-químico (Individual o combinados)	López-Caetano & Miranda, 2005Muñoz, 2005 Triana, 2019
Zanja de oxidación	Aguas residuales	Tratamiento físico-químico	López-Caetano & Miranda, 2005

Continuación tabla 5.6.

ALTERNATIVAS DE MANEJO INTEGRAL PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS GENERADOS EN LOS RASTROS			
MANEJO	RESIDUOS A TRATAR	ETAPA DE MANEJO INTEGRAL	REFERENCIA
Laguna aireada	Aguas residuales	Tratamiento físico-biológico-químico	López-Caetano & Miranda, 2005
Lecho percolador	Aguas residuales	Tratamiento físico-biológico	López-Caetano & Miranda, 2005
Tratamiento terciario/avanzado Ionización Cloración Ósmosis inversa Electrodiálisis Recarbonatación Ozonización	Aguas residuales	Tratamiento físico/ Tratamiento químico	Muñoz, 2005 Triana, 2019
Tamiz parabólico	Aguas residuales	Tratamiento físico	López-Caetano & Miranda, 2005
Lombricomposta	Estiércol, rumen, sangre, vísceras, lodos de las aguas residuales	Tratamiento biológico	Rada, 2010 Vicencio-De la Rosa <i>et al.</i> , 2011 Castro-Leonor <i>et al.</i> , 2014
Contactador biológico rotacional	Aguas residuales	Tratamiento biológico	Castillo-Borges <i>et al.</i> , 2012
Fosa de sedimentación	Aguas residuales	Almacenamiento	Signorini <i>et al.</i> , 2006

V.3 Alternativas factibles de aprovechamiento sustentable de los residuos generados en rastros mexicanos

La recuperación y separación de los residuos de manera integral en el rastro es esencial, puesto que esto puede permitir el valorarlos como subproductos y su aprovechamiento alternativo como estrategia para una producción más limpia. Por esta razón, existen alternativas para emplear los residuos como materias primas de forma individual o en conjunto (Tabla 5.6). Algunos de los subproductos son las harinas, alimentos para animales, compostaje o incluso, generación de energía.

En base a la revisión bibliográfica, existe una variedad de residuos que podrían tener un eventual uso de aprovechamiento sustentable. Sin embargo, en la búsqueda de los trabajos de sustento, se encontró uno con mayor antigüedad, que excede el periodo de tiempo considerado para el aporte de información en el desarrollo de este trabajo. El trabajo en mención formo parte de las memorias de un taller regional organizado por el Instituto de Investigaciones Porcinas y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, titulado “Tratamiento y utilización de residuos de origen animal, pesquero y alimenticio en la alimentación animal”; donde participo el autor Falla-Cabrera en el año de 1995. Su publicación en particular fue referida debido a que en sólo ese estudio se presentó una mayor variedad de alternativas de aprovechamiento.

Con respecto a la adopción de las alternativas de aprovechamiento, sería importante el considerar evaluar a cada una de ellas en distintos aspectos para conocer la viabilidad en cuanto a las necesidades técnicas y los recursos económicos que posee cada rastro. Otro aspecto a considerar en la evaluación dependerá de los usos, necesidades y aceptación de la región donde se implementen.

En general estas alternativas pueden ser aplicadas en los rastros de forma industrial u optar por vender sus residuos a plantas de subproductos; y con ello ayudar a reducir los impactos generados por su inadecuada disposición final.

Tabla 5.7. Alternativas de aprovechamiento de los residuos generados en los rastros de la República Mexicana.

ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS GENERADOS EN LOS RASTROS MEXICANOS				
RESIDUO	ALTERNATIVAS DE PROCESO	SUBPRODUCTO OBTENIDO	UTILIZACIÓN	REFERENCIA
Sangre	Se mezcla con otros alimentos, suministrada el mismo día de su preparación	Sangre fresca Sangre mezclada	Alimentación de cerdos Alimentación de aves	Falla-Cabrera, 1994 COFEPRIS, 2007
	Consumo directo sin proceso	Sangre coagulada	Alimentación de cerdos Alimentación en aves	Falla-Cabrera, 1994
	Coagulación- Prensado-Secado -Molido	Sangre seca molida	Alimentación de cerdos	Falla-Cabrera, 1995
	Secado forzado en digestores, Sola o mezclada con otros desechos comestibles	Harina de sangre, carne y hueso	Alimentación de cerdos	Falla-Cabrera, 1994
	Sangre con cal viva	Sangre fresca conservada	Usos diversos	COFEPRIS, 2007
	Secada al sol, mezclada con productos de origen vegetal	Sangre deshidratada Harina de sangre	Alimentación porcina bovina	COFEPRIS, 2007Cruz-Lazo & González de Cruz, 2015Pérez-Gavilán <i>et al.</i> , 2017
	Cocción en tambores y se mueve para evitar se quemé	Sangre cocinada y Deshidratada	Alimentación de cerdos y aves	COFEPRIS, 2007Cruz-Lazo & González de Cruz, 2015
	Coagulación-Centrifugado-Secado	Sangre rica en sólido	Para ser utilizada en el proceso de compost y humus	Cruz-Lazo & González de Cruz, 2015

Continuación tabla 5.7.

ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS GENERADOS EN LOS RASTROS MEXICANOS				
RESIDUO	ALTERNATIVAS DE PROCESO	SUBPRODUCTO OBTENIDO	UTILIZACIÓN	REFERENCIA
Plasma	Anticoagulantes-Centrifugación	Proteínas	Para productos de panadería Formas geles que retienen agua Grasas estabilizadoras de emulsiones cárnicas	Ramos <i>et al.</i> , 2013
Contenido ruminal	Secado	Contenido ruminal semi-seco	Proteína de origen animal	Falla-Cabrera, 1994
	Secado completo al ambiente -Molido	Contenido ruminal seco Abono orgánico	Proteína de origen animal Abono para plantas	Falla-Cabrera, 1994COFEPRIS, 2007Cruz-Lazo & González de Cruz, 2015
	Secado completo en digestores- Tamizado	Harina forrajera	Proteína de origen animal	Falla-Cabrera, 1994
	Secado al ambiente	Contenido ruminal seco Mezclado	Proteína de origen animal	Falla-Cabrera, 1994
	Secado al ambiente o por aire forzado con aglutinantes	Bloques nutricionales	Proteína de origen animal	Falla-Cabrera, 1994
	Secado completo en digestor	Harina forrajera y carne	Dieta balanceada-Suplemento alimenticio en rumiantes Avicultura-aporte de carotenos al huevo	Falla-Cabrera, 1994
	Compostaje	Fertilizante orgánico	Enriquecedor de suelos	Uicab & Sandoval-Castro, 2003Antunez, 2005Cruz- Lazo & González de Cruz, 2015
	Mezcla de proporciones	Ceba cunícola	Proteína de origen animal	Ríos & Ramírez, 2012
Sebo/grasa	Limpieza-Molido-cocimiento -prensado-molido-tamizado	Aceites, Chicharrón, Harina de carne	Complemento alimenticio animal	Falla-Cabrera, 1994
Hueso fresco	Cocimiento-Separación de sólidos- Secado-Molido	Aceite, Proteína, Harina de hueso al vapor	Suplemento energético Engorde de pollos y de cerdos	Falla-Cabrera, 1994

Continuación tabla 5.7.

ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS GENERADOS EN LOS RASTROS MEXICANOS				
RESIDUO	ALTERNATIVAS DE PROCESO	SUBPRODUCTO OBTENIDO	UTILIZACIÓN	REFERENCIA
Desperdicios de hueso	Cocción a vapor de agua- Recuperación de grasas-Trituración de huesos	Cebo y grasa de hueso Harina de huesos	Lubricantes para relojes, máquinas de coser, etc. Fabricación de cola, gelatina, carbón activado y animal- Harina de huesos	Cruz-Lazo & González de Cruz, 2015 Restrepo, 2006
Desperdicios de matanza de bovinos, porcinos y aves	Molido-Secado en digestor- Tamizado	Aceites, Oleosterina y Harina de carne mixta	Suplemento energético Engorde de pollos y de cerdos	Falla-Cabrera, 1994
Desechos de matanza de aves y aves muertas en granja	Secado en digestor-Tamizado	Accites, Harina mixta de carne y pluma	Engorde de pollos y de cerdos	Falla-Cabrera, 1994
Aguas residuales y sangre	Digestor anaerobio	Biogás	Generación de electricidad	López-Rodríguez <i>et al.</i> , 2009
Lodos de aguas residuales	Vermicomposteo Compostaje	Lombrices Fertilizante orgánico	Venta de lombriz Aplicación en jardinería	Vicencio de la Rosa <i>et al.</i> , 2011
Estiércol	Compostaje	Abono orgánico	Abono para plantas	Cruz-Lazo & González de Cruz, 2015
	Digestión anaerobia	Biogás	Energía calorífica Generación de electricidad	Triana, 2019
Cuernos y pezuñas	Los cuernos se trabajan mecánicamente para obtener harina, y cocción de las pezuñas y cascos	Abono y Botones Lubricantes	Se utilizan en la fabricación de mangos de cuchillos, botones Lubricantes en la industria	Cruz-Lazo & González de Cruz, 2015
Piel de ganado bovino	Curtido	Cuero	Elaboración de zapatos, cinchos, carteras, etc.	Cruz-Lazo & González de Cruz, 2015

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

La producción cárnica en México presentó un ascenso a partir del año 2017, y con ello una mayor generación de residuos resultantes del proceso de matanza de ganado bovino, porcino y avícola, principalmente. Los residuos que se generan en una mayor cantidad en los rastros municipales, son las aguas residuales, las heces y orina en conjunto, la sangre, seguido por los decomisos. En cuanto al proceso de faenamiento los bovinos representan la especie que genera mayor volumen de residuos sólidos y líquidos.

Los impactos resultantes en el proceso de sacrificio y faenado se relacionan a la falta de un Plan de Manejo de Residuos en cada establecimiento que especifique el manejo de los residuos con base en un diagnóstico de generación y análisis de las particularidades de cada rastro. Pues de ejecutarse dicho instrumento favorecería reducir los impactos negativos al ambiente generados por los residuos y a su vez proporcionarían recursos económicos adicionales por su aprovechamiento.

De los mayores impactos ambientales ocasionados por el proceso de matanza en los rastros municipales es el vertido de las aguas residuales, que la mayoría de las veces concentra otros residuos como sangre, pelo, contenido ruminal, entre otros; lo que las dota de altas concentraciones de DBO_5 , no solo por el impacto ambiental en cuerpos de agua y/o pozos acuíferos, sino por el impacto a la salud pública generado por esta inadecuada disposición final.

El marco legal en México no cuenta con una norma específica para la gestión de los Residuos generados en los rastros. Por tanto, es de suma importancia realizar los estudios pertinentes para emitir una propuesta al ejecutivo federal con el fin de que los residuos generados en los rastros se incorporen al listado de RME sujetos a Plan de Manejo.

Se identificó que el proceso de composteo es una tecnología poco costosa que puede ser aplicada para el manejo de algunos de los residuos de los rastros, como lo es el contenido ruminal, por su forma de obtención y componentes de origen. Otros de las alternativas de manejo propuestas, debido a su bajo costo y factibilidad para ser adoptado por todos los rastros, es la separación manual o mecánica de sangre en tanques de recolección y almacenamiento, siguiendo las especificaciones dadas por la NOM-1994-SSA1-2004; y el lavado en seco del contenido ruminal.

De acuerdo a la revisión bibliográfica se pudo observar que la mayoría de los rastros mexicanos no cuentan con una infraestructura adecuada para manejar ambientalmente el proceso de producción de carne, esto se refiere a tecnologías ambientales como las plantas de tratamiento de aguas residuales, biodigestores, sistemas de tratamientos de lodos, compostas, etc. Además, en México más del 90% de los rastros no cuenta con una planta de rendimiento, no produce harina de sangre, ni destina ésta a ningún proceso posterior.

A pesar de ello, se puede observar que es factible el uso de residuos de la industria cárnica para el desarrollo de nuevos productos; si bien no con el equipo en las instalaciones de los rastros, pero sí, surgirá partir de la iniciativa de establecer al menos una planta de rendimiento por municipio y que esta sea centro de acopio y procesamiento de los residuos presentes en la región.

Para el transitar hacia un modelo sustentable aplicado a los rastros, es importante considerar que la mayoría de los rastros municipales tienen muchos años de funcionamiento, operando con las mismas condiciones de infraestructura y sufren de carencias en su proceso; por lo tanto, si las autoridades competentes realizan una evaluación de cada uno de ellos y se implementan buenas prácticas de manufactura, los impactos al ambiente y a la salud humana disminuirán de manera significativa.

Aunado a ello, los organismos responsables deben implementar programas enfocados a la Gestión Ambiental en los rastros; entre ellas se encuentran, como se mencionó anteriormente, los planes de manejo; la estrategia de producción más limpia; un análisis del ciclo de vida para el manejo sostenible de los residuos, y/o las certificaciones TIF, BPM o de Calidad Suprema. A la par de cualquier instrumento es imperativo que quienes se encarguen de los procesos en los rastros también tengan clara su responsabilidad y la necesidad de implementar planes adecuados de producción más limpia, antes de aplicar costosas inversiones en el tratamiento de los residuos.

Sin duda, es necesaria una modificación en las prioridades de acción principalmente de las autoridades municipales. Tendría que haber un cambio en el paradigma de gobierno, pues en las plantas de sacrificio se deben de fortalecer actividades de monitoreo ambiental para contar con un registro integral y continuo de los volúmenes generados de residuos, estadísticas de las cabezas sacrificadas en los rastros por día, mes o anualmente y de los tratamientos que se aplican para la mitigación de riesgos a la salud humana e impactos ambientales; con el propósito de aplicar las medidas idóneas para el manejo integral de los residuos.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Almeida, P. F., Salles, J. A., Farias, T., & Curvelo Santana, J. C. (2012). Aprovechamiento de patas de pollos como alternativa para disminuir residuos generados en los mataderos. *Información tecnológica*, 23(4), 42-52.
- Arroyo P. (2008). La alimentación en la evolución del hombre: su relación con el riesgo de enfermedades crónico-degenerativas. *Bol Med Hosp Infant Mex*, 65, 431-440.
- Avelino, F. M., Novelo, R. M., & Dávila, M. T. (2009). Tratamiento de aguas residuales de rastro mediante semillas de Moringa oleifera Lam como coagulante. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(3), 523-529.
- Blumenschine, J.R. y Cavallo, A.J. (2000). Carroñero y evolución humana. *Investigación y Ciencia. Temas*. n° 19. Los Orígenes de la Humanidad. 76-84.
- Borges, E. R. C., Rojas, A. B., Novelo, R. I. M., Rodríguez, J. H. O., & Canul, R. P. (2012). Remoción de materia orgánica en aguas residuales de rastro por el proceso de Contactador Biológico Rotacional. *Ingeniería*, 16(2), 83-91.
- Canepa, J. R. L., & Olivier, J. A. S. (2013). Degradación anaerobia del contenido gástrico ruminal bovino para la obtención de biogás, en un biodigestor tipo cúpula. *Ingeniería*, 17(1), 57-65.
- Castro, L., Rodríguez, A., & Balcazar, H. (2014). Mitigación de la contaminación por residuos sólidos de matadero y otros, mediante lombricultura, en la ciudad de Sucre. *Revista de Aplicaciones de la Ingeniería* 2014, 1-11.
- Chmielowiec-Korzeniowska, A., Tymczyna, L., Drabik, A., & Krzosek, L. (2016). Microbial contamination level of air in animal waste utilization plants. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 23(1).
- COFEPRIS, Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (2005). *Guía para la Administración de Rastros y Mataderos Municipales*. México, D.F. 24pp.
- COFEPRIS, Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (2006). *Evaluación de Riesgos de los rastros y Mataderos Municipales*. [En línea] Disponible en: https://www.gob.mx/uploads/attachment/file/154388/Evaluacion_de_riesgos_de_los_rastros_y_mataderos_municipales.pdf. Consultado en noviembre de 2019.
- COFEPRIS, Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (2007). *Guía para el manejo de residuos en rastros y mataderos municipales*. [En línea] Disponible en:

https://ziladoc.com/queue/guia-para-el-manejo-de-residuos-en-rastros-y-mataderos-municipales_pdf?queue_id=-1. Consultado en noviembre de 2019.

- Cruz Lazo, J.A., & González de Cruz, D.N. (2015). Propuesta para el aprovechamiento de los residuos generados en el rastro municipal del San Miguel. Tesis de grado. Universidad de El Salvador. San Miguel, El Salvador.131pp.
- Cuadros, F., López, F., Ruiz, A., Rubiales, F., & Gonzáles, A. (2009). Reciclado, reutilización y valorización energética de los residuos de matadero en Extremadura.
- Díaz, C. C. A. Á. (2017). Estudio de impacto ambiental de un matadero municipal urbano en la provincia de El Oro. *Revista Científica Agroecosistemas*, 5(1), 160-168.
- Djordje, O., Milutin, R., & Slavica, N. S. (2011). Remediación de subproductos de animales sacrificados con respecto a nuevas regulaciones. *Tehnologija Mesa*, 52(1), 31-38.
- Eaton SB, Konner M (1985). Paleolithic nutrition. A consideration of its nature and current implications. *N Engl J Med*, 312, 283-9.
- Empresas, M. A. P. F. R. E. (2005). Minimización del riesgo medioambiental en los mataderos. Centro de documentación FUNDACIÓN MAPFRE.
- Espinosa, I. y. R., Viramontes, G. V., & Fabián, G. C. S. (2009). Producción de biodiesel a partir de residuos grasos animales por vía enzimática. *Grasas y aceites*.
- Falla-Cabrera. 1995. Desechos de matadero como alimento animal en Colombia. Frigorífico Guadalupe S. A. Santa fe de Bogotá Colombia. Folleto. 30p.
- FIRCO, Fideicomiso de Riesgo Compartido (2017). ¿Conoces el proceso del ganado dentro de un Rastro TIF? [En línea] Disponible en: https://www.gob.mx/firco/es/articulos/conoces-el-proceso-del-ganado-dentro-de-un-rastro_tif?idiom=esRASTROS. Consultado en noviembre de 2019.
- Flores, M. (2007). Efecto de los tratamientos fisicoquímicos y biológicos en la digestión anaerobia de aguas residuales de rastro (Doctoral dissertation, Tesis en especialidad en Biotecnología. UAM-Iztapalapa. 9 pp.
- Ganadería Revuelta, Membresías y certificaciones (2019). [En línea] Disponible en: <http://www.ganaderiarevuelta.com.mx/certificaciones/>. Consultado en noviembre de 2019.
- Godínez, G., Reyes, J. A., Zúñiga, A., Sánchez, I., Castro, J., Román, A. D., & Santos, E. M. (2005). Condiciones microbiológicas en cuatro rastros municipales del estado de Hidalgo. Universidad autónoma del estado de Hidalgo.

- Godínez, G., Reyes, J. A., Zúñiga, A., Sánchez, I., Castro, J., Román, A. D., & Santos, E. M. (2005). Condiciones microbiológicas en cuatro rastros municipales del estado de Hidalgo. Universidad autónoma del estado de Hidalgo.
- Gómez González, V., Drucker, A. G., Escalante Semerena, R., Rubio Leonel, O., Rosales Puc, E., Canul, V., & Magaña, A. (2000). Implicaciones económicas y ambientales de la normatividad ambiental aplicada al tratamiento de desechos en los rastros yucatecos. *Investigación económica*, 60(231), 181-214.
- Guerrero, J., & Ramírez, I. (2004). Manejo ambiental de residuos en mataderos de pequeños municipios. *Scientia et technica*, 10(26), 199-204.
- Hansen, P. I., Christiansen, K., & Hummelose, B. (2000). Cleaner production assessment in meat processing. UNEP D'TIE, DEPA, Denmark.
- Hómez, M. (1998). Aspectos descriptivos técnicos para el aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en un matadero municipal para procesos de compostaje y lombricultura. In Asociación Peruana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental-AIDIS, *Gestión ambiental en el siglo XXI*, Lima, APIS, Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Lima.
- Jiménez Martínez, N. M. (2015). La gestión integral de residuos sólidos urbanos en México: entre la intención y la realidad. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales* N° 17, 29-56.
- Juárez R., S.I. (2013). Evaluación del Cumplimiento de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM's en un Rastro y una Procesadora de Embutidos Tipo TIF del Edo. de México. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Cuautitlán Izcalli, Edo. DeMex. 131pp.
- Kasaeinasab, A., Jahangiri, M., Karimi, A., Tabatabaei, H. R., & Safari, S. (2017). Respiratory disorders among workers in slaughterhouses. *Safety and health at work*, 8(1), 84-88.
- Larsen CS (2003). Animal source foods and human health during evolution. *J Nutr.* 133 Suppl 2: 3893S:7S.
- LGPGIR, Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (2003). Diario Oficial de la Federación (DOF), viernes 19 de enero de 2018. México. 40 pp. [En línea] Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgpgir/LGPGIR_orig_08oct03.pdf[Fecha de consulta: 10 de noviembre del 2019].

- Linares, M. Y., Aguilar, E. A. M., Theodorou, S. A. A., & Salcedo, M. T. M. (2016). Costos ambientales en el Matadero Industrial de Agua Santa, CA, estado Trujillo, Venezuela. *Visión Gerencial*, (1), 44-64.
- López Caetano, F., & Miranda Lisboa, A. (2005). Estudio descriptivo del manejo y destino de los desechos en una planta de faena de bovinos. Tesis de grado. Universidad de la Republica. Montevideo, Uruguay. 55pp.
- López, A. L., De la Barrera Fraire, J., Rodríguez, R. V., & Argueta, C. B. (2008). Estudio comparativo entre un proceso fisicoquímico y uno biológico para tratar agua residual de rastro. *Interciencia*, 33(7), 490-495.
- Martínez Hernández, D. A., Castañeda Sánchez, A. M., & García Galeana, E. (2009). Exploitation of biogás in municipal in slaughterhouses: Technical-economical evaluation; Aprovechamiento de biogás en rastros y mataderos municipales: Evaluación técnica - económica.
- MEPROSA (2019). Tipos de rastros. [En línea] Disponible en: <https://meprosa.mx/tipos-de-rastros/>. Consultado en noviembre de 2019.
- Montfort, G. R. C., & Moreno, L. V. Proteínas de la sangre animal: obtención industrial, valor nutritivo y funcionalidad. *Avances deficiencia y tecnología alimentaria en México*. 321-352.
- Muñoz, D. M. (2005). Sistema de tratamiento de aguas residuales de matadero: para una población menor 2000 habitantes. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial: BSAA*, 3(1), 87-98.
- Nježić, Z., & Okanović, Đ. (2010). Protección del medio ambiente en la industria cárnica. *Food and Feed research*, 37(1), 31-36.
- OCETIF, Organismo de Certificación de Establecimientos TIF, A.C. Certificación de Buenas Prácticas de Manufactura. [En línea] Disponible en: <https://www.ocetif.org/buenas-practicas-manufactura>. Consultado en noviembre de 2019.
- Organismo Nacional de Certificación y Verificación Agroalimentaria, A.C. [En línea] Disponible en: <http://www.cva.org.mx/certificacion-mexico-calidad-suprema/>. Consultado en noviembre de 2019.
- Pabón, S. L., & Gélvez, J. H. S. (2009). Arranque y operación a escala real de un sistema de tratamiento de lodos activos para aguas residuales de matadero. *Ingeniería e Investigación*, 29(2), 53-58.

- Pagés-Díaz, J., Pereda-Reyes, I., Taherzadeh, M. J., Sárvári-Horváth, I., & Lundin, M. (2014). Anaerobic co-digestion of solid slaughterhouse wastes with agro-residues: synergistic and antagonistic interactions determined in batch digestion assays. *Chemical Engineering Journal*, 245, 89-98.
- Pelcastre, V., Ramírez, S., Cruz, E. A., Hernández, M., Ruíz, A. K., & Vázquez, G. A. (2018). Aprovechamiento de Sangre Ovina para la Elaboración de un Sustituto de Empanizador. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 5(10).
- Peña Loera, B. (2012). Tratamiento de aguas residuales del rastro municipal de Cuernavaca mediante un sistema acoplado anaerobio – aerobio con aireación intermitente. Tesis de grado. Universidad Nacional Autónoma de México. Morelos, México. 113 pp.
- Perdigón, R. A. P. (2010). Una breve descripción del manejo de los residuos generados en los mataderos de Colombia y su inclusión en los procesos de las tecnologías limpias o apropiadas. *Boletín Semillas Ambientales*, 4(2).
- Pérez Gavilán E. J. P., Ballesteros N. E; Sánchez G. J. I; Macedo S. L; 2017. Industrialización de Sangre Animal Entera. [En línea] Disponible en: <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/industrializacion-sangre-animal-entera-t41546.htm>
- Ramón, A. J., & Maldonado, J. I. (2013). Sistema de tratamiento para aguas residuales industriales en mataderos. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo*, 34-47.
- Restrepo Gallego, M. (2006). Producción más limpia en la industria alimentaria. Artículo de revisión. Vol. 1, No.1. 1-8.
- Ríos, M. (2012). Aprovechamiento del contenido ruminal bovino para ceba cunicola, como estrategia para diezmar la contaminación generada por el matadero en San Alberto. *Prospectiva*, 10(2), 56-63.
- Romero-Ortiz, L., Ramírez-Vives, F., Álvarez-Silva, C., & Miranda-Arce, M. G. (2011). Uso de hidrófitas y un sistema anaerobio para el tratamiento de agua residual de rastro. *Polibotánica*, (31), 157-167.
- Rosero, D. R., & Enríquez, M. P. O. (2015). Manejo de residuos sólidos en la Planta de Sacrificio Frigovito SA. *Boletín Informativo CEI*, 2(3).
- SAGARPA, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2014). Norma Oficial Mexicana NOM-033-SAG/ZOO-2014. Diario Oficial de la Federación (DOF), miércoles 26 de agosto del 2015. [En línea] Disponible en:

http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5405210&fecha=26/08/2015 [Fecha de consulta: 13 de noviembre del 2019].

SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (1996). Norma Oficial Mexicana NOM-002-ECOL-1996. Diario Oficial de la Federación (DOF), miércoles 03 de junio del 1998. Disponible en: <https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3295/1/nom-002-semarnat-1996.pdf> [Fecha de consulta: 19 de noviembre del 2019].

SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (1996). Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996. Diario Oficial de la Federación (DOF), miércoles 23 de abril del 2003. Disponible en: <https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3290/1/nom-001-semarnat-1996.pdf> [Fecha de consulta: 19 de noviembre del 2019].

SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2002). Norma Oficial Mexicana NOM-087-ECOL-SSA1-2002. Diario Oficial de la Federación (DOF), jueves 01 de noviembre del 2001. Disponible en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/087ecolssa.html> [Fecha de consulta: 21 de noviembre del 2019].

SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2005). Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005. Diario Oficial de la Federación (DOF), miércoles 23 de abril del 2003. Disponible en: <http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/1055/SEMARNA/SEMARNA.htm> [Fecha de consulta: 21 de noviembre del 2019].

SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2013). Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011. Diario Oficial de la Federación (DOF), viernes 1 de febrero del 2013. [En línea] Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5286505&fecha=01/02/2013 [Fecha de consulta: 17 de noviembre del 2019].

Sarabia Méndez, M. A., Laines Canepa, J. R., Sosa Olivier, J. A., & Escalante Espinosa, E. (2017). Producción de biogás mediante codigestión anaerobia de excretas de borrego y rumen adicionadas con lodos procedentes de una planta de aguas residuales. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 33(1), 109-116.

SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2020). Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos. Primera edición, mayo 2020. Disponible en:

<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/554385/DBGIR-15-mayo-2020.pdf> [Fecha de consulta: 04 de junio del 2020].

SENASICA, Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (1994). Norma Oficial Mexicana NOM-009-ZOO-1994. Diario Oficial de la Federación (DOF), martes 12 de noviembre de 1996. [En línea] Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/203872/NOM-009-ZOO-1994_161194_Orig.pdf [Fecha de consulta: 13 de noviembre del 2019].

SENASICA, Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (2015). Establecimientos Tipo Inspección Federal (TIF). [En línea] Disponible en: <https://www.gob.mx/senasica/acciones-y-programas/establecimientos-tipo-inspeccion-federal-tif>. Consultado en noviembre de 2019.

SENASICA, Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (2018). Rastros no certificados. [En línea] Disponible en: <https://www.gob.mx/senasica/acciones-y-programas/rastros-nocertificados>. Consultado en noviembre de 2019.

SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pecuaria (2019). Capacidad Instalada para sacrificio de especies pecuarias. [En línea] Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/517698/Capacidad_instalada_para_sacrificio_de_especies_pecuarias_octubre_2019.pdf. Consultado en noviembre de 2019.

Signorini, M. (2007). Evaluación de riesgos de los rastros y mataderos municipales. *Nacameh*, 1 (2), 118-141.

Signorini, M. (2008). Rastros municipales su impacto en la salud pública. *Nacameh*, 2 (1), 1-24.

SSA, Secretaría de Salud (2004). Norma Oficial Mexicana NOM-194-SSA1-2004. Diario Oficial de la Federación (DOF), miércoles 26 de diciembre del 2012. [En línea] Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5283380&fecha=26/12/2012 [Fecha de consulta: 13 de noviembre del 2019].

Triana B., K.M. (2019). Impactos ambientales generados en plantas de beneficio bovino. Tesis de Licenciatura. Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA. Bogotá, Colombia. 65pp.

Trillos, G.L., Plata, O.L., Mestre, A.T., & Araujo, G.A. (2006). Análisis físico – químicos de los contenidos ruminales frescos y ensilados de bovinos sacrificados en el valle del César. Ingeniería agroindustrial. U.P. C. 2007.

- Uicab-Brito, L. A., & Castro, C. S. (2003). Uso del contenido ruminal y algunos residuos de la industria cárnica en la elaboración de composta. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 2(2), 45-63.
- Ukpong, E. C., Ogarekpe, N. M., & Bejor, E. S. (2013). Sanitary conditions and possible diseases linked with slaughterhouses effluent of Iba Oku in Uyo capital city, Akwa Ibom state, Nigeria. *Am J Environ Eng*, 3, 216-66.
- Vicencio-De la Rosa, M., Pérez-López, M., Medina-Herrera, E., & Martínez-Prado, M. A. (2011). Producción de composta y vermicomposta a partir de los lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales de un rastro. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 27(3), 263-270.

Cuernavaca, Morelos a 06 de Mayo de 2021

**COMISIÓN DE SEGUIMIENTO DE LA
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
P R E S E N T E**

COMO MIEMBRO DEL JURADO REVISOR DE TESINA, HAGO DE SU CONOCIMIENTO QUE DESPUES DE HABER ANALIZADO LA TESINA QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS, DEL ESTUDIANTE C. **BETSABE SALAS RAMOS**, CON NÚMERO DE MATRÍCULA 10034048, BAJO EL TÍTULO “ANÁLISIS DE LA GENERACIÓN Y MANEJO DE LOS RESIDUOS DE RASTROS MUNICIPALES EN MÉXICO Y ALTERNATIVAS PARA SU APROVECHAMIENTO”, CONSIDERO QUE EL DOCUMENTO REÚNE LOS REQUISITOS ACADÉMICOS PARA SU DEFENSA ORAL EN EL EXAMEN, POR LO TANTO, EMITO MI **VOTO APROBATORIO**.

AGRADEZCO DE ANTEMANO LA ATENCIÓN QUE SE SIRVA PRESTAR A LA PRESENTE.

ATENTAMENTE
Por Una Humanidad Culta

DR. ALEXIS JOAVANY RODRIGUEZ SOLÍS



Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

ALEXIS JOAVANY RODRIGUEZ SOLIS | Fecha:2021-05-06 19:53:03 | Firmante
Fc5WZb396WEhOvFaqtIRHLo9qVUkmHnD5NDKMOsU60Zq43XczSUdWSDhs1Eis4VShAPpT1M5hK9PISxMETbLP4o6gbANKjGPxENNkKjRvwo9neFCwtoIgzDj0YRhuasRqk
JsjL0HGsaK2LMj1Bk9Lw331Eqb0gzbJXa9KDuBfaUumWv3j92UiqnBcY0wTp0Jba3GZNo8KE4M718N1McONPihUqsohTT6ROizqSMH06i0QZMihAadgMTTnVC-eyCOMSiEnSJ
T9GGd5Wr25Sdx8y3kUDbwWry5CzmVc4FsPq1yGvcbuDRtsdYbcE5vaxwWtnF82MPEpaz810YNA==



Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:

Nv0TQS

<https://efirma.uaem.mx/noRepudia/@hXj1265jW5waQ9LAMXa3xxoI8CddXo>



Una universidad de excelencia

RECTORÍA
2017-2023

Cuernavaca, Morelos a 06 de Mayo de 2021

**COMISIÓN DE SEGUIMIENTO DE LA
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
P R E S E N T E**

COMO MIEMBRO DEL JURADO REVISOR DE TESINA, HAGO DE SU CONOCIMIENTO QUE DESPUES DE HABER ANALIZADO LA TESINA QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS, DEL ESTUDIANTE C. **BETSABE SALAS RAMOS**, CON NÚMERO DE MATRÍCULA 10034048, BAJO EL TÍTULO "ANÁLISIS DE LA GENERACIÓN Y MANEJO DE LOS RESIDUOS DE RASTROS MUNICIPALES EN MÉXICO Y ALTERNATIVAS PARA SU APROVECHAMIENTO", CONSIDERO QUE EL DOCUMENTO REÚNE LOS REQUISITOS ACADÉMICOS PARA SU DEFENSA ORAL EN EL EXAMEN, POR LO TANTO, EMITO MI **VOTO APROBATORIO**.

AGRADEZCO DE ANTEMANO LA ATENCIÓN QUE SE SIRVA PRESTAR A LA PRESENTE.

ATENTAMENTE
Por Una Humanidad Culta

M.I. ARIADNA ZENIL RODRIGUEZ



Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

ARIADNA ZENIL RODRIGUEZ | Fecha:2021-05-07 00:54:36 | Firmante
FDIqVE7Iw/c/4sv8BX2TgTnqx15wkYjyfnHgYaNqYXScr5zInqIB7eF3YhL9kywp5InCOK57ScTBeL8LrWpH819015DvvnFNW3teVQcxR7fak1CbwckHgGLOUq5enY8pvHTUyfrbl
ZYnjmZbgPips8xuzCFO1po303tsnQSMILTrmRd3t1F6TK2X3zALxixOuhUkUjyDnypNWrGbn80syLUwfwqpan5L9hmdXioQJMSivQseI3K0LkaqDV6I32OBNXMR5y2KLEKodrtin8
qPT8O/V1uBoVJut1FKNyPHPOpKwMbaND85wvF0Xe0UT1Ni-xyb16TBPw--



Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:

q3eMVH

<https://efirma.uaem.mx/noRepudia/131tg7L2NSQjysBdYPqvdCr4YueY95>



Cuernavaca, Morelos a 06 de Mayo de 2021

**COMISIÓN DE SEGUIMIENTO DE LA
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
P R E S E N T E**

COMO MIEMBRO DEL JURADO REVISOR DE TESINA, HAGO DE SU CONOCIMIENTO QUE DESPUES DE HABER ANALIZADO LA TESINA QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS, DE LA ESTUDIANTE C. **BETSABE SALAS RAMOS**, CON NÚMERO DE MATRÍCULA 10034048, BAJO EL TÍTULO “ANÁLISIS DE LA GENERACIÓN Y MANEJO DE LOS RESIDUOS DE RASTROS MUNICIPALES EN MÉXICO Y ALTERNATIVAS PARA SU APROVECHAMIENTO”, CONSIDERO QUE EL DOCUMENTO REÚNE LOS REQUISITOS ACADÉMICOS PARA SU DEFENSA ORAL EN EL EXAMEN, POR LO TANTO, EMITO MI **VOTO APROBATORIO**.

AGRADEZCO DE ANTEMANO LA ATENCIÓN QUE SE SIRVA PRESTAR A LA PRESENTE.

A T E N T A M E N T E
Por Una Humanidad Culta

DRA. MARÍA LUISA CASTREJÓN GODÍNEZ



Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

MARIA LUISA CASTREJON GODINEZ | Fecha:2021-05-06 18:30:44 | Firmante
dssdZ:DUaIVMvmw5ybwVmyVPgASTGIFbvCj3IWgo66YhYyptfWazcbHRM6O1CBhyOpHEREGMZCXX/SmtQupU0Jy0IQ9UYgd3p2ph06bRhYDM6ci4BBFHqnyLH4qJyEFTBhw
0wJwsN3VBjgqD9oSYHivH5pMnoFQIR4HSie1q5riBISFUtsqjVRUhu9hDiCVWWPpDws4188eHYgoVCprHvsY6MN9QNPBgiV2k6W7GifVomads4FTguzyOjoxTL8X5BEeYbq
FAmNwMox15LAazQyUkCBDrAF0OzaM6TY7mkVb6uXCHDM087JyCYImkDXgqC03xWIA0vujRw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



voLP8p

<https://efirma.uaem.mx/hoRepuIdo/zYZGUVr0xU08DVQZh2iHPPL4xWy6L4y>



Cuernavaca, Morelos a 06 de Mayo de 2021

**COMISIÓN DE SEGUIMIENTO DE LA
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
P R E S E N T E**

COMO MIEMBRO DEL JURADO REVISOR DE TESINA, HAGO DE SU CONOCIMIENTO QUE DESPUES DE HABER ANALIZADO LA TESINA QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS, DEL ESTUDIANTE C. **BETSABE SALAS RAMOS**, CON NÚMERO DE MATRÍCULA 10034048, BAJO EL TÍTULO "ANÁLISIS DE LA GENERACIÓN Y MANEJO DE LOS RESIDUOS DE RASTROS MUNICIPALES EN MÉXICO Y ALTERNATIVAS PARA SU APROVECHAMIENTO", CONSIDERO QUE EL DOCUMENTO REÚNE LOS REQUISITOS ACADÉMICOS PARA SU DEFENSA ORAL EN EL EXAMEN, POR LO TANTO, EMITO MI **VOTO APROBATORIO**.

AGRADEZCO DE ANTEMANO LA ATENCIÓN QUE SE SIRVA PRESTAR A LA PRESENTE.

A T E N T A M E N T E
Por Una Humanidad Culta

Dr. JOSÉ MANUEL CUBOS RAMÍREZ



Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válida de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

JOSE MANUEL CUBOS RAMIREZ | Fecha:2021-05-11 21:26:49 | Firmante
uBe9U11AR6Z0e+ZVhw80hvBjDUTJiDeSxJAABvly1skLOD1YDLRdixfILTL1ZdQpATfBWEedRFmed7s+Kb3vgtL5L7NEFqGo4Hdy8nuVKyOikaATWubad4kPFzYg1ZOX5ZK8
/Wpks8qooPioxAC6AikXoq3jLTqEAOuaD1Nixw2+gllOBmXbkIslpVNEipFdF1ILgPDL178PescpTKk9gWIGegZzrcE2wz2iqEoqYLR9HHVNaapubxT1EnIn8K8U44YUipn4Qvz
SXhvgCRFczl40p0sm2Q8iPBTnZzg8r0+2fV0sFbBKPMSNKP80p1muTTgTIA==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



IVyIAq

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/2R2bxJRFysWEao29X17AH7B5L8TEES4I>



Cuernavaca, Morelos a 13 de Mayo de 2021

**COMISIÓN DE SEGUIMIENTO DE LA
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
P R E S E N T E**

COMO MIEMBRO DEL JURADO REVISOR DE TESINA, HAGO DE SU CONOCIMIENTO QUE DESPUES DE HABER ANALIZADO LA TESINA QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS, DEL ESTUDIANTE C. **BETSABE SALAS RAMOS**, CON NÚMERO DE MATRÍCULA 10034048, BAJO EL TÍTULO "ANÁLISIS DE LA GENERACIÓN Y MANEJO DE LOS RESIDUOS DE RASTROS MUNICIPALES EN MÉXICO Y ALTERNATIVAS PARA SU APROVECHAMIENTO", CONSIDERO QUE EL DOCUMENTO REÚNE LOS REQUISITOS ACADÉMICOS PARA SU DEFENSA ORAL EN EL EXAMEN, POR LO TANTO, EMITO MI **VOTO APROBATORIO**.

AGRADEZCO DE ANTEMANO LA ATENCIÓN QUE SE SIRVA PRESTAR A LA PRESENTE.

ATENTAMENTE
Por Una Humanidad Culta

Dr. JORGE ANTONIO GUERRERO ÁLVAREZ
Profesor Investigador
jguerrero@uaem.mx



Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

JORGE ANTONIO GUERRERO ALVAREZ | Fecha:2021-05-13 12:38:08 | Firmante
FEDVmfPoZOAri4CHpcH68YkhYYWAn-XbV83rlsLk+DDUJdXKFHTz1CiqSEIQ4UrpQVWWUmo6fNSQSHORM0ItzUCeL+MKYFubHafFYPfMfYhM38jvLAJUbazW3b4sACmrf
8SlnD6J+3O83W5YxogzkIPN+bC0I2jGm0dh7QM8uCB49jhI8AH+ts6qvFRQLpANxdXhcSSw7z1k0KRRExFzredDHTKwYDBPgY2KvGf5nYEZlpcARqWqR2Qpv1PkbwlgMhEz
Exq2V/VeoF2l/DfUoK6FNpnkvVhKd9TtpHye8LoQWGI8N69N0WRHmNLVj0b4QGTulog124A==



Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:

4n|SN

<https://efirma.uaem.mx/hoRepubdo/eVp5eSioK1P2KncpezQkFOOZl5jySNzNG>

