

UNIVERSIDAD DE SONORA
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
Departamento de Ingeniería Industrial

**ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LA CARNE DE BOVINO EN
SONORA: ETAPA DE SACRIFICIO**

TRABAJO ESCRITO

Que para obtener el **DIPLOMA** de:
Especialización en Desarrollo Sustentable

Presenta:

ALMA ANGELINA FLORES SOTO

Director de Tesina:

Dra. Clara Rosalía Álvarez Chávez

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



“El saber de mis hijos
hará mi grandeza”



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

RESUMEN

Mediante un análisis de ciclo de vida se identificaron y evaluaron los impactos al ambiente presentes durante la etapa de sacrificio del sistema de producción de la carne de bovino de la marca México Calidad Suprema en un rastro tipo inspección federal (TIF) en el estado de Sonora. Para ello se caracterizó el proceso de sacrificio efectuado en el rastro y se obtuvieron datos cualitativos y cuantitativos de los insumos utilizados, así como de los productos y emisiones del proceso al agua, aire, residuos sólidos, etc. Los impactos al ambiente identificados y evaluados mediante el software GaBi Education fueron: potencial de calentamiento global, de eutrofización, de acidificación del aire, de creación fotoquímica de ozono y toxicidad humana. Los resultados mostraron que los principales impactos al ambiente son el potencial de eutrofización y el de calentamiento global debido a la contaminación de las aguas residuales con materia orgánica y productos químicos durante el proceso de producción y a las emisiones de CH_4 y CO_2 debido a la fermentación entérica del ganado, manejo del estiércol y el uso de energías fósiles. Se propusieron oportunidades para mejorar los aspectos ambientales en el rastro tales como la instalación de una planta tratadora de aguas residuales, optimizar el uso de agua, el uso de energías renovables, entre otros. Los resultados de esta investigación son útiles en los esfuerzos para mejorar los aspectos ambientales y a prevenir la contaminación en esta etapa de la cadena de producción de carne de bovino.

ABSTRACT

Using a life cycle analysis were identified and assessed the impacts to the environment present during the stage of sacrifice in the production system for beef brand in Mexico Supreme Quality at Federally Slaughterhouse Inspected (TIF) in the state of Sonora. To this end, characterized the slaughter process carried out in the slaughterhouse and obtained qualitative and quantitative data inputs used, as well as product and process emissions to water, air, solid waste, etc. The environmental impacts identified and analyzed using software GaBi Education were: global warming potential, eutrophication, acidification of the air, photochemical ozone creation and human toxicity. The results showed that the main environmental impacts include the potential for eutrophication and global warming due to pollution of wastewater containing organic matter and chemicals during the production process and CH₄ and CO₂ emissions due to enteric fermentation livestock, manure management and use of fossil fuels. Opportunities were proposed to improve the environmental aspects in the slaughterhouse such as the installation of a wastewater treatment plant to optimize water use, use of renewable energy, among others. The results of this research are useful in efforts to improve the environmental aspects and prevent pollution at this stage of the production chain of beef in the slaughterhouse in the study.

ÍNDICE

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
ÍNDICE	4
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE TABLAS	8
1. INTRODUCCIÓN	9
2. OBJETIVO ESTRATEGICO	11
3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
4. ANÁLISIS LITERARIO	12
4.1 Sustentabilidad y la Industria Alimentaria	12
4.2 Principios de la Industria Alimentaria Sustentable	13
4.3 Impactos de la Industria Ganadera al Ambiente	14
4.3.1 Impactos al Ambiente	14
4.4 Análisis del Ciclo de Vida y su Uso en la Evaluación de Impactos al Ambiente	17
4.4.1 Objetivo y Definición del Alcance	17
4.4.2 Análisis de Inventarios	18
4.4.3 Evaluación del Impacto	18
4.4.4 Interpretación	19
4.5 Estudios sobre el Análisis del Ciclo de Vida en la Producción de la Carne.	19
4.6 Tendencias Actuales en el Consumo de Alimentos	22
4.6.1. Marca Oficial México Calidad Suprema	24
4.6.2. Proceso de Obtención de la Marca Oficial México Calidad Suprema (MCS).	25
5. METODOLOGÍA	30
5.1. Tipo de estudio	30
5.2. Diseño utilizado	30
5.3. Alcance	30

5.4. Objeto de estudio	30
5.5. Instrumento de Recolección de Datos	30
5.6. Manejo de los Datos	31
6. RESULTADOS	33
6.1. Descripción del Caso de Estudio	33
6.1.1 Departamento de Producción	34
6.1.2 Departamento de Calidad	35
6.1.3 Departamento de Embarques	35
6.1.4 Departamento de Mantenimiento	35
6.2 Caracterización del Proceso de Producción	35
6.2.1 Inspección Ante-mortem	37
6.2.2 Lavado	37
6.2.3 Aturdimiento o Insensibilización	37
6.2.4 Sacrificio	37
6.2.5 Estación de Transferencia	38
6.2.6 Desollado	38
6.2.7 Remoción de la Cabeza	38
6.2.8 Eviscerado	38
6.2.9 Aserrado de la Canal	38
6.2.10 Lavado de la Canal	39
6.2.11 Refrigeración	39
6.3 Limpieza y Desinfección de las Instalaciones	40
6.4 Aguas Residuales	41
6.5 Maquinaria y Equipo	41
6.6 Análisis del Ciclo de Vida del Proceso de Sacrificio del Ganado Bovino en el Rastro en Estudio	43
6.6.1 Unidad Funcional	43
6.6.2 Asignación	44

6.6.3	Inventario del Ciclo de Vida	44
6.6.4	Cálculo de las Emisiones al Ambiente Durante el proceso de Sacrificio	46
6.7	Evaluación de Impactos al Ambiente Mediante el Uso del GaBi Education Software	48
	*NS- No significativo	52
6.8	Oportunidades para Mejorar los Aspectos Ambientales en la Etapa de Sacrificio del Ganado Bovino en el Rastro en Estudio	52
6.8.1	Propuestas	52
7.	ANÁLISIS	56
7.1.	Evaluación de los Impactos	56
7.1.1	Calentamiento Global.....	56
7.1.2.	Agotamiento de agua y Eutrofización del agua	56
7.1.3.	Lluvia Acida.....	58
7.1.4.	Creación Fotoquímica de Ozono	59
7.1.5	Toxicidad Humana	59
7.1.6	Residuos Sólidos	59
7.2.	Comparación con Otras Investigaciones	60
	CONCLUSIONES	64
	RECOMENDACIONES	65
	REFERENCIAS	66
	ANEXOS	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fases para el ACV de acuerdo al ISO 14044.....	19
Figura 2. Uso de energía en el sistema de producción de carne de cerdo sin hueso (Unidad funcional: 1 kg.).....	20
Figura 3. Emisiones de gases de efecto invernadero en el sistema de producción de carne de cerdo sin hueso (Unidad funcional: 1 kg).....	21
Figura 4. Principales Estados Productores de Carne Bovino (2005).....	26
Figura 5. Flujo del proceso de producción de la carne de bovino. PC-003-2002.....	27
Figura 6. Ubicación de las Empresas y Diversidad de Productos de la marca oficial MCS.....	27
Figura 7. Etapas del proceso productivo de carne bovino de la Marca Oficial México Calidad Suprema (PC-003-2002).....	33
Figura 8. Caracterización del proceso de sacrificio en el rastro TIF.....	36
Figura 9. Principales insumos y emisiones en el proceso de sacrificio en un rastro.....	36
Figura 10. Balance de masa de proceso de sacrificio de ganado bovino.....	44
Figura 11. Resultado del análisis en el GaBi Education software de las emisiones al aire en el rastro en estudio que contribuyen al potencial de calentamiento global (Método CML 2001 Dec. 07).....	48
Figura 12. Resultados del análisis en el GaBi Education software de las emisiones al aire en el rastro en estudio que contribuyen al potencial de acidificación (Método CML 2001 Dec. 07).....	49
Figura 13. Resultado del análisis en el GaBi Education software de las emisiones al aire en el rastro en estudio que contribuyen al potencial de Creación fotoquímica de ozono (Método CML 2001 Dec. 07).....	49
Figura 14. Resultado del análisis en el GaBi Education software de las emisiones al aire en el rastro en estudio que contribuyen al potencial de toxicidad humana (Método CML 2001 Dec. 07).....	50
Figura 15. Resultados del análisis en el GaBi Education software del uso del agua en el rastro en estudio que contribuyen al agotamiento potencial del agua (Método CML 2001 Dec. 07).....	50
Figura 18. Emisiones de gases de efecto invernadero en un ACV de 1 kg de carne de cerdo libre de hueso.....	62
Figura 19. Emisiones de gases de efecto invernadero de 1 kg de carne de bovino libre de hueso del rastro en estudio.....	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Potencial de Calentamiento global generado por la producción de carne.....	22
Tabla 2. Impacto de la producción de carne en Dinamarca.....	22
Tabla 3.Producto y co-productos del proceso de sacrificio en el rastro en estudio.....	34
Tabla 4. Frecuencia de la limpieza en el rastro (Calendario de procedimientos POES).....	40
Tabla 5. Inventario de maquinarias y equipo usado en el rastro, características, fuente de energía y horas funcionamiento.....	42
Tabla 6. Inventario de insumos en el rastro TIF en estudio.....	44
Tabla 7. Asignación de los principales insumos del proceso de sacrificio en relación a la unidad funcional (299.5kg).	45
Tabla 8. Sustancias químicas utilizadas en los procesos para desinfectar y blanquear los co-productos..	45
Tabla 9. Productos químicos utilizados en la limpieza de los procesos del rastro.....	45
Tabla 10. Emisiones e impacto potencial al ambiente del proceso de sacrificio en el rastro TIF en estudio, por unidad funcional (299.5 kg).	46
Tabla 11. Co-productos para reproceso y sub-productos.....	47
Tabla 12. Residuos orgánicos recolectados en el contenedor al mes.....	47
Tabla 13. Resultados de los impactos potenciales al ambiente generados en el rastro TIF en estudio de acuerdo a los resultados del GaBi Education software utilizando el método CML2001 Dec. 07.....	52
Tabla 14. Propuestas de prevención de la contaminación para mejorar el desempeño, ambiental en el caso de estudio.....	55
Tabla 15. Comparación entre resultados de los promedios de las muestras de agua residual obtenidas en el caso estudio con los límites máximos permisibles que indica la NOM-001-ECOL-1996 y con la guía medio ambiente, salud y seguridad de los procesos cárnicos de la CFI.....	58
Tabla 16. Comparación entre el ACV de carne de cerdo en Dinamarca y el ACV realizado para el rastro en estudio.....	60

1. INTRODUCCIÓN

La cadena de suministros de la producción de carne de bovino tiene un gran impacto al medio ambiente que incluye emisiones de gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global, el uso y contaminación de suelo y agua el consumo de energía y la generación de residuos entre otros. Aunado a eso y siendo el consumo de alimentos una necesidad para el ser humano, es imperativo el desarrollo e implementación de prácticas sustentables en el sistema de producción de los alimentos (Baldwin, 2009).

En el primer capítulo de esta tesis se muestra el análisis literario el cual inicia describiendo la industria alimentaria y su relación con la sustentabilidad. Posteriormente trata los impactos de la industria ganadera al ambiente a través de la contaminación del aire, agua y la generación de residuos. Después describe la herramienta conocida como análisis de ciclo de vida y su uso en la evaluación de impactos al ambiente derivados de malas prácticas de manufactura o gestión de los residuos. Continuando con las tendencias actuales en el consumo de alimentos como son la simplicidad y sustentabilidad en el desarrollo de alimentos y el uso de sellos o etiquetas verdes en la producción de estos.

En el segundo capítulo, se muestra la metodología empleada para realizar el análisis de ciclo de vida en la etapa de sacrificio llevado a cabo en un rastro tipo inspección federal (TIF) durante el sistema de producción de carne de bovino en Sonora de la marca oficial México Calidad Suprema. Aquí se describe el caso de estudio y los instrumentos de recolección y manejo de los datos.

En el tercer capítulo se encuentra la descripción de los resultados iniciando con la descripción del proceso de sacrificio de ganado bovino en el rastro TIF incluyendo la limpieza y desinfección de las instalaciones. Se continúa con el análisis de ciclo de vida describiendo la obtención de la unidad funcional, los inventarios y cálculos de insumos y emisiones en relación a la unidad funcional seleccionada. Posteriormente se presentan los impactos al ambiente evaluados a través del software GaBi Education. Por último, se mencionan las oportunidades de prevención de la contaminación propuestas para mejorar los aspectos ambientales en la etapa de sacrificio del rastro en estudio.

El cuarto capítulo presenta el análisis de los resultados donde se discuten y comparan los impactos al ambiente evaluados en relación a estudios similares

Al final se presentan las conclusiones de esta investigación en base a la realización del análisis de ciclo de vida y por último las recomendaciones para futuras investigaciones.

2. OBJETIVO ESTRATEGICO

Reducir y/o prevenir potencialmente la contaminación en la etapa de sacrificio durante el sistema de producción de la carne de bovino en Sonora de la marca oficial México Calidad Suprema (MCS).

3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

3.1 Realizar un análisis literario acerca de los impactos al ambiente generados a partir de la producción de carne de bovino, de la marca oficial México Calidad Suprema y la percepción que tiene el consumidor acerca de la calidad de la carne considerando su proceso de producción.

3.2 Llevar a cabo una Evaluación del Ciclo de Vida del sistema de producción de la carne de bovino durante la fase de sacrificio en un rastro Tipo Inspección Federal (TIF) de Hermosillo Sonora con la finalidad de identificar y evaluar sus impactos al ambiente.

3.3 Identificar oportunidades para mejorar los aspectos ambientales en la etapa de sacrificio del ganado.

4. ANÁLISIS LITERARIO

4.1 Sustentabilidad y la Industria Alimentaria

La adecuada nutrición, la seguridad alimentaria, así como el impacto que tiene esta industria al ambiente por el uso excesivo de recursos o la contribución al calentamiento global son componentes de las preocupaciones del sistema actual de alimentación (Baldwin, 2009).

La cadena de suministros de la industria alimentaria comprende desde la producción del alimento, su transformación, distribución, compra, consumo y la disposición final de los residuos generados en cada una de estos subsistemas. Todas y cada una de estas etapas contribuyen significativamente al cambio climático. Por ejemplo, la producción de alimentos de origen agrícola por sí sola es responsable del 17-32 % de las emisiones de efecto invernadero (Bellarby et al., 2008; citado por Baldwin, 2009). Por otro lado, el sector pecuario que está ligado a la agricultura es una rama de la industria alimentaria que también contribuye de manera significativa a las emisiones de gases de efecto invernadero. El procesamiento de alimentos constituye el 25 % de todo el consumo de agua mundialmente (Baldwin, 2009).

Desde el punto de vista de la nutrición, la producción, comercialización y consumo de la carne son importantes porque los productos de origen animal proporcionan al ser humano proteínas de alta calidad y una variedad de micronutrientes que son difíciles de obtener en cantidades suficientes en alimentos de origen vegetal, tales como el hierro, calcio y zinc y vitaminas esenciales como la vitamina A, vitamina B12 y la riboflavina. El consumo insuficiente de estos nutrientes provoca anemia, crecimiento deficiente, problemas de la visión y ceguera, raquitismo, rendimiento cognitivo deficiente, etc. (El estado mundial de la agricultura y la alimentación, 2009).

Dado que la cadena de suministros alimenticios impacta en gran medida al ambiente y siendo el consumo de alimentos una necesidad vital del ser humano, es imperativo el desarrollo e implementación de prácticas sustentables en esta industria (Baldwin, 2009). La definición de Desarrollo Sustentable según el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sustentable (2000) es satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades. Según Baldwin (2009), un suministro sustentable de alimentos significaría que el alimento es producido y consumido de tal manera que apoye el bienestar de las futuras generaciones.

Para que la industria alimentaria sea sustentable se debe considerar el uso y las fuentes de energía, el uso de agua, suelo y biodiversidad, el manejo de los residuos o emisiones al agua, aire, y suelo, la calidad, cantidad, precio justo y seguridad de los alimentos, así como las oportunidades de empleo y el bienestar de los empleados (Kramer y Meeusen, 2003; citados en Baldwin, 2009).

4.2 Principios de la Industria Alimentaria Sustentable

En el Reino Unido se ha desarrollado una estrategia para el desarrollo sustentable en la industria alimentaria en donde los principios que se incluyen son (DEFRA, 2006; citados en Baldwin, 2009):

- Productos seguros y saludables, asegurando que todos los consumidores tienen acceso a alimentos nutritivos y con la información exacta sobre los alimentos.
- Apoyar la viabilidad y diversidad de las economías rurales y urbanas y comunidades.
- Permitir medios de subsistencia viables para hacer una gestión sustentable de la tierra a través del mercado y de los pagos a las prestaciones públicas.
- Respetar y operar dentro de los límites biológicos de los recursos naturales como suelo, agua y biodiversidad.
- Lograr altos estándares en el desempeño ambiental reduciendo el consumo de energía, minimizando la entrada de recursos y usando energía renovable cuando sea posible.
- Obtener altos estándares en la salud y bienestar del animal.
- Mantener el recurso disponible para el cultivo de alimentos y el suministro de otros beneficios públicos en el tiempo.

Considerando estos principios, el sistema alimentario actual debe hacer cambios en su diseño y procesos para ser más sustentable. Por ejemplo, evitar el uso de recursos no renovables y hacer un uso adecuado de los recursos naturales evitando impactos adversos al ambiente, producir productos seguros y saludables garantizando que los consumidores tengan acceso a alimentos con gran valor nutricional e información precisa sobre su origen, procesamiento e ingredientes.

4.3 Impactos de la Industria Ganadera al Ambiente

La ganadería y la industria cárnica además de ser una importante fuente de alimentos de alto valor nutricional para el ser humano y de ayudar a la economía de un país contribuyen en toda la cadena de suministro a la contaminación del aire, el agua, agotamiento y degradación de la tierra y pérdida de la biodiversidad. Un ejemplo de ello son algunos países en América Latina y el Caribe donde la producción pecuaria en la actualidad se enfrenta a la presión de la globalización y el crecimiento de la demanda mundial por alimentos de origen animal, la cual ha tenido un crecimiento anual del 3.8% que es muy superior a la tasa del crecimiento promedio del sector a nivel global (2.1%); su contribución al PIB agropecuario es alrededor del 45 % y el valor de la producción anual supera los 79 mil millones de dólares. Sin embargo, estos indicadores positivos difieren con las preocupantes cifras de degradación de los recursos naturales, vulnerabilidad al cambio climático y niveles de pobreza en las zonas rurales de la región (Ayudando a desarrollar una ganadería sustentable en América Latina y el Caribe: lecciones a partir de casos exitosos, 2008).

Los impactos al ambiente del sistema de la producción de la carne se originan por los insumos que se requieren tales como forrajes, granos, nutrientes especiales y aditivos para el alimento del ganado, las vacunas y otros medicamentos, el insumo de recursos como el agua, energía eléctrica y las emisiones que genera el ganado (metano) y los residuos generados en los procesos como es el estiércol, aguas residuales y en el caso del sacrificio y procesamiento sangre y grasa. Además, en este sistema de producción se presentan riesgos que puedan causar lesiones o enfermedades ocupacionales. A continuación se describen los impactos al ambiente.

4.3.1 Impactos al Ambiente

Aire. La FAO en su examen del Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación (2009) afirma que la ganadería es fuente de gases que contaminan la atmósfera y contribuyen al efecto invernadero. El efecto invernadero es un fenómeno natural del planeta Tierra. La atmósfera de la Tierra está compuesta de muchos gases, los más abundante son el nitrógeno (N_2) y el oxígeno (O_2), los demás en mucha menos cantidad son los gases llamados de invernadero como por ejemplo el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el dióxido de nitrógeno (NO_2). Estos gases son de vital importancia para la vida en la tierra, ya que los rayos del sol quedan atrapados en estos gases y mantienen la temperatura idónea en el planeta a este efecto de calentamiento se le llama efecto invernadero.

En toda la cadena de producción de la carne de bovino se generan gases que contribuyen al efecto invernadero y por ende al cambio climático. En la cría y engorda del ganado la fermentación entérica y el estiércol producen emisiones de metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O). En el sacrificio, la elaboración y el transporte del ganado o productos de origen animal se generan emisiones relacionadas principalmente al uso de combustibles fósiles. Esto ha generado una creciente preocupación sobre el cambio climático por lo que se necesitan intervenciones normativas y soluciones técnicas para abordar tanto los efectos de la producción pecuaria en el cambio climático como los posibles efectos que tiene en el ganado. Actualmente se conoce como contribuye el ganado al cambio climático pero se conoce muy poco de los efectos adversos del calentamiento global a la ganadería (FAO, 2009).

Agua. La ganadería puede empeorar la calidad del agua mediante la liberación de nitrógeno (N), fósforo (P) y otras sustancias en los cauces fluviales y en las aguas subterráneas que provienen principalmente del estiércol producidos en las operaciones ganaderas intensivas. El manejo ineficiente del estiércol a menudo coopera a la contaminación y la eutrofización de las aguas de superficie y subterráneas y de los ecosistemas litorales y también a la acumulación de metales pesados en el suelo. El estudio de la FAO (2009) cita a Menzi (2009) quien menciona la magnitud del problema y lo ilustra mediante el hecho de que la cantidad total de nutrientes presentes en las excreciones de los animales es igual o superior a la cantidad total contenida en todos los fertilizantes químicos empleados al año. El estiércol del ganado puede contribuir a la contaminación por N, debido al amoníaco liberado (NH_3) por los estanques de desechos a la atmósfera. El N atmosférico vuelve a entrar en el ciclo hidrológico mediante la lluvia y pasa al agua de arroyos, ríos, lagos y costas. El N del agua contribuye a que aumenten las algas que reducen el oxígeno disponible para los peces. Hay dos formas de modificar la crianza del ganado que ofrecen soluciones a algunos de los problemas de la contaminación que originan. Se trata de confinar menos a los animales y de mejorar los sistemas de tratamiento de los desechos (Melvin L. Myers, 1998).

En el proceso de sacrificio y deshuese se requiere de grandes volúmenes de agua para diversos usos como es la limpieza inicial del ganado, el lavado de las canaletas, el lavado del canal, manufacturación secundaria (operaciones de sub-productos), las operaciones de limpieza y la refrigeración del producto terminado. Es por ello que en esta etapa del proceso se generan efluentes de residuos con un alto contenido de materia orgánica soluble, como lo es la sangre.

La sangre es un efluente con una elevada demanda biológica de oxígeno (DBO) provocando la contaminación o degradación del agua mediante la reducción de los niveles de oxígeno que requieren los organismos acuáticos para sobrevivir (Berkowitz, 1998; Carawan and Pilkington, 1986, citado en Baldwin, 2009, p.26). En general, los efluentes de la etapa de sacrificio aumentan los niveles de nitrógeno, fósforo, sólidos y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) de los cuerpos receptores de agua que puede dar lugar a la eutrofización (Benka-Coker & Ojior, 1995, citados por Arvanitoyannis & Ladas, 2008, p. 544). Por tal motivo estos efluentes no pueden ser vertidos directamente al alcantarillado del sistema municipal de una ciudad ya que los contaminantes de las aguas residuales adquieren la forma de sólidos suspendidos (SS) y coloides (Urbaniak & Sakson, 1999; citados por Arvanitoyannis & Ladas, 2008, p. 544).

Residuos. En la industria de la carne el proceso de sacrificio es el que tiene mayor contribución de residuos líquidos (sangre y agua) (Benka, Coker & Ojior, 1995; citados por Arvanitoyannis & Ladas, 2008, p. 543). Los residuos en esta parte del proceso se pueden definir como la parte de las canales o animales que no están destinados para consumo humano (Comisión de las Comunidades Europeas, 1990; citado por Arvanitoyannis & Ladas, 2008, p. 543).

En el sector industrial del procesamiento de alimentos se generan una gran cantidad de residuos que contienen componentes valiosos que son desperdiciados debido a que las empresas no saben cómo recuperarlos. Actualmente, los beneficios económicos del reuso o recuperación son bajos porque no existe la cultura de información entre las empresas en donde los residuos de una pueden ser de utilidad a otras. A lo anterior se suma la falta de legislación e incentivos para fomentar las actividades de reuso, reciclaje y la conservación de los recursos (Baldwin, 2009). Los residuos del procesamiento de la carne contienen sangre, tejidos de carne y grasas, extractos de carne, contenidos de vientre, estiércol, pelos, suciedad; en la curación de la piel se generan soluciones de cepillado, conservantes y detergentes cáusticos o alcalinos (Carawan and Pilkington, 1986; citado en Baldwin, 2009, p. 26), algunos de estos residuos son utilizados, pero otros son desperdiciados a pesar de su potencial de uso.

4.4 Análisis del Ciclo de Vida y su Uso en la Evaluación de Impactos al Ambiente

El análisis o evaluación del ciclo de vida es una herramienta que ha sido desarrollada para identificar y evaluar los impactos de un producto o de un servicio. Esta herramienta evalúa todas las etapas del ciclo de vida de un producto y permite conocer cual o cuales etapas en el ciclo de vida de un proceso o un producto tiene una contribución significativa al ambiente y se pueden evaluar tanto datos cualitativos como cuantitativos (Mattsson y Sonesson, 2003). En el caso de los alimentos se realiza desde la materia prima hasta el punto de consumo (Mattsson y Sonesson, 2003; Baldwin, 2009; Manual para el Análisis del Ciclo de Vida, 2009).

Actualmente el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) es reconocido por dos estándares creados por la Organización Internacional de Normalización (ISO por sus siglas en inglés): ISO 14040 e ISO 14044. El Análisis del Ciclo de Vida es definido por el ISO 14040 e ISO 14044 como la recolección y análisis de entradas y salidas y los potenciales impactos ambientales de un sistema de producto durante su ciclo de vida (Manual para el Análisis del Ciclo de Vida, 2009). El ACV se realiza (conforme al ISO 14040 e ISO 14044) en cuatro fases que son las siguientes (Mattsson y Sonesson, 2003; Manual para el Análisis del Ciclo de Vida, 2009) (Figura 1):

4.4.1 Objetivo y Definición del Alcance.

En esta parte se define el propósito del análisis y su alcance. El objetivo y alcance de análisis son definidos mediante el establecimiento de los límites del sistema y la definición de la unidad funcional (unidad de referencia). La unidad funcional es definida por el ISO como un rendimiento cuantificado de un sistema de producto para usar como una unidad de referencia en el estudio de la evaluación del ciclo de vida, todos los datos de entradas y salidas en el estudio son relacionados a la unidad funcional. Un ejemplo de unidad funcional es 1 Kg. de papas saliendo de la granja o 1 litro de leche saliendo de la industria láctea (Mattsson y Sonesson, 2003).

Hay cuatro opciones principales para definir los límites del sistema usado.

- o De la cuna a la tumba: incluye la materia y energía utilizadas en toda la cadena de suministros desde la extracción de materiales, transportación, fase de uso y el tratamiento final del producto.
- o De la cuna hasta la puerta: Incluye todos los procesos desde la extracción de las materias primas hasta la fase de producción (puerta de la fábrica);

usado para determinar los impactos al ambiente en la producción de un producto.

- De la puerta a la tumba: Incluye los procesos desde el uso y las fases de finales (todo después de la producción); usado para determinar los impactos ambientales de un producto una vez que deja la fábrica.
- De la puerta a la puerta: Incluye los procesos solamente de la fase de producción; usado para determinar impactos ambientales de un paso de producción o proceso.

4.4.2 Análisis de Inventarios.

Se obtiene información acerca de las entradas y salidas relevantes del sistema (recursos, requerimientos de energía, emisiones al aire y al agua, residuos generados de todas las actividades dentro de los límites del sistema) las cuales son cuantificadas.

4.4.3 Evaluación del Impacto.

Los datos y la información de la etapa del análisis del inventario se relacionan con impactos ambientales específicos para que los impactos significativos puedan ser evaluados, por ejemplo la acidificación, eutrofización y calentamiento global. Una vez seleccionados los impactos relevantes al ambiente son clasificados una o más categorías de impacto. Las categorías comúnmente aplicadas como impacto ambiental en el Análisis del Ciclo de Vida de los productos alimenticios son el calentamiento global, eutrofización, acidificación, smog fotoquímico y el uso de la tierra (Dalgaard, 2007; citado en Baldwin, 2009).

En la categoría del calentamiento global que se refiere a las emisiones que contribuyen al aumento de los gases de efecto invernadero los más importantes contribuyentes son los óxidos nitrosos (NO_x), metano (CH₄) y el dióxido de carbono (CO₂), las cuales son asignadas a esa categoría.

En la categoría de eutrofización que es causada por adición de excesos de nutrientes en el agua, esto forma algas florales y baja la concentración del oxígeno y por lo tanto mata a los peces y otros organismos existentes en los ecosistemas acuáticos. Las principales contribuciones en esta categoría son el Nitrógeno (N) y Fósforo (P). Por último, en la categoría de acidificación los principales contribuyentes son el amoníaco (NH₃) y el dióxido de azufre (SO₂).

Al final, los resultados del inventario del ciclo de vida son convertidos a unidades de referencia utilizando los factores de caracterización. Por ejemplo, la sustancia de

referencia para la categoría de impacto del calentamiento global es el CO₂, y la unidad de referencia es definida como "kg-CO₂-equivalente". Esto significa que todas las emisiones que contribuyen al calentamiento global son convertidas a kg-CO₂-equivalentes, los mismos para los demás factores (Manual para el Análisis del Ciclo de Vida, 2009).

4.4.4 Interpretación.

Los resultados del análisis de inventario y la evaluación de los impactos se combinan e interpretan para conocer el objetivo del análisis previamente definido.



Figura 1. Fases para el ACV de acuerdo al ISO 14044. Fuente: Manual para la Evaluación del Ciclo de Vida, 2009.

4.5 Estudios sobre el Análisis del Ciclo de Vida en la Producción de la Carne.

Los estudios en la literatura referentes al ACV de alimentos son escasos, dado que esta línea de investigación es relativamente nueva. La mayoría de estos estudios están relacionados al sector primario como a la agricultura o ganadería. A continuación se presentan algunos de ellos relativos a la producción de la carne.

Cederberg (2003) evaluó el ciclo de vida de la producción de la carne de cerdo incluyendo los siguientes subsistemas:

1. La producción en la granja (primaria)
2. Transporte al sacrificio
3. El sacrificio
4. Embalaje (incluye el tratamiento de aguas)
5. Distribución
6. Mercado y consumidor.

La unidad funcional fue 1 kg de carne. Este autor reportó que cerca del 70 % de la energía total consumida correspondía a la producción en la granja, por lo tanto concluyó que este subsistema es el responsable del mayor impacto ambiental en el uso de energía durante el ciclo de vida de la carne de cerdo. Otros subsistemas también importantes debido al uso de energía total fueron la manufactura del material del empaque y el proceso de sacrificio. El transporte tuvo solamente un impacto menor en el uso de energía total (Figura 2). Cuando la carne es cocinada por el consumidor en su casa existe un consumo de energía eléctrica aproximadamente de 3.5 Mj.

En este ACV de la carne de cerdo, la producción de 1 kg de carne de cerdo, equivalió a 4.8 kg de CO₂ emitidos. Casi el 90% de los gases de efecto invernadero fueron emitidos en la etapa de producción primaria, la emisión más importante fue el metano debido a la gestión del estiércol (Figura 3).

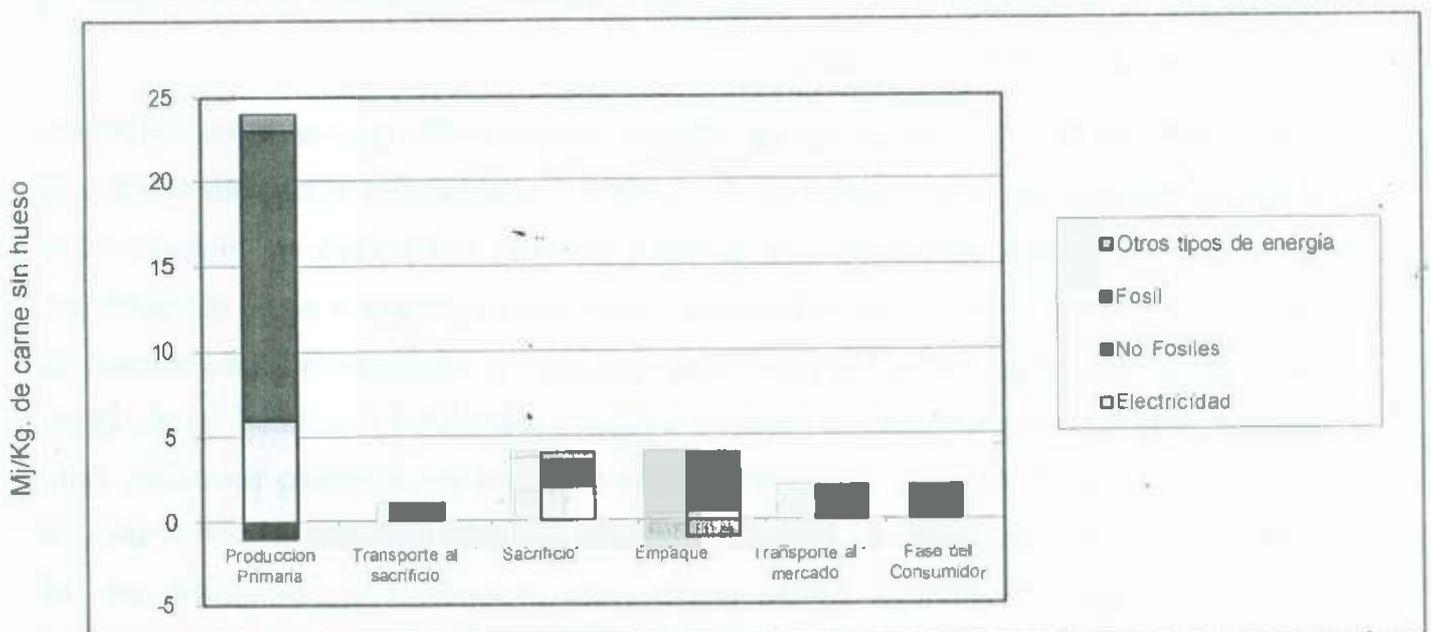


Figura 2. Uso de energía en el sistema de producción de carne de cerdo sin hueso (Unidad funcional: 1 kg.). Fuente: Cederberg (2003).

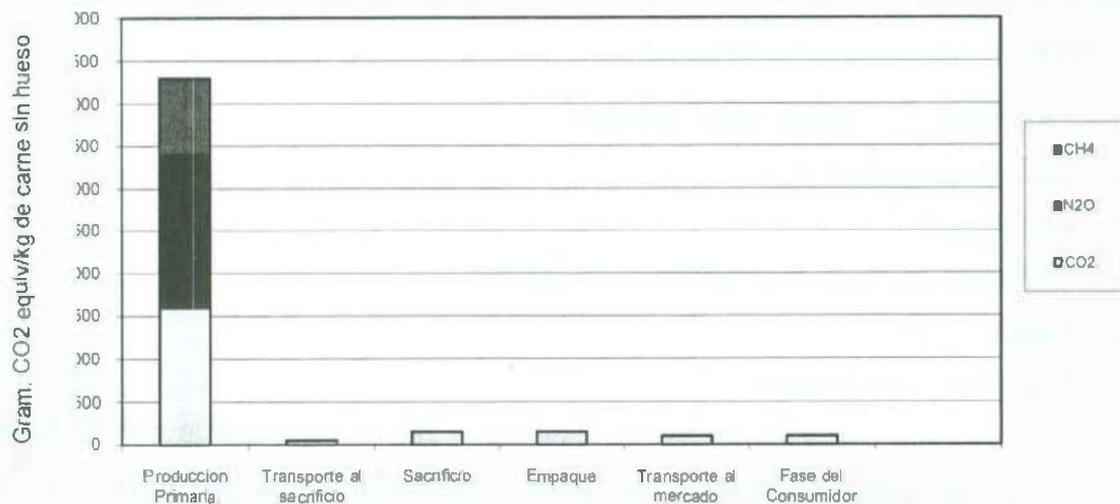


Figura 3. Emisiones de gases de efecto invernadero en el sistema de producción de carne de cerdo sin hueso (Unidad funcional: 1 kg). Fuente: Cederberg (2003).

Un estudio realizado por Vries (2009) indicó que la producción pecuaria tiene un gran impacto al ambiente. Este estudio fue hecho de manera cualitativa en base a 25 estudios donde se evaluaba el impacto de la producción de la carne de cerdo, pollo, carne bovina, leche y huevo, de los cuales 16 estudios fueron los que se escogieron en base a cinco criterios de selección: el país de estudio debía ser miembro de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, la producción debía ser no orgánica, la metodología del Análisis del Ciclo de Vida utilizada, el método de asignación utilizado y la definición de los límites del sistema, de la cuna a la puerta de la granja. Los resultados mostraron que para la producción de 1 kg de carne de bovino se requiere de mayor uso de suelo y energía y además el potencial de calentamiento global generado es mayor (ver tabla 1).

Vries (2009) explica que son varias las causas los que hacen que la carne de bovino tenga un mayor impacto ambiental en el uso de la energía y en el calentamiento. Los bovinos son animales rumiantes que generan grandes cantidades de metano (CH_4) como producto de la fermentación entérica y también se genera a partir del estiércol, mientras que en los animales monogástricos este gas se origina en menor volumen de manera entérica y otra fracción se produce a partir del estiércol (Goldewijk et al., 2005, citado por Vries, 2009, p.7). Otra causa es la cantidad de alimento requerido para producir 1 kg de carne, el ganado vacuno es más ineficiente en la conversión de energía, ya que requieren 7 kg de grano para producir 1 kg de carne de res, comparada con 4 kg y 2 kg para 1kg de carne de cerdo y pollo respectivamente (Brown et al., 1998, citado en Baldwin, 2009 p. 150). Por lo tanto, se requiere de mayor cantidad de productos agrícolas para alimentar el ganado bovino con el consecuente

uso de suelo y energía en donde ocurren emisiones de gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono (CO₂) y el óxido nitroso (N₂O), entre otros.

En la tabla 2 se presenta el impacto al ambiente (agua, suelo, aire) de la producción de diferentes tipos de carne en donde se observa claramente que es mayor en el caso la producción de carne de bovino en comparación con la carne de cerdo y de pollo

Como se muestra en estas investigaciones la evaluación del ciclo de vida de un producto permite evaluar impactos de todo un sistema de producción o de una parte del mismo, así también es útil para comparar este aspecto entre varios productos. Por otro lado, los resultados obtenidos de la evaluación pueden ser utilizados para determinar la huella de carbono de los productos y ser utilizada como estrategia de mercado al comunicarla a los consumidores para que tengan la posibilidad de seleccionar aquellos que impactan en menor grado al ambiente (Baldwin, 2009).

Tabla 1. Potencial de Calentamiento global generado por la producción de carne según Vries (2009).

Carne (1kg)	Potencial de Calentamiento Global
Carne de bovino	14-32 kg CO ₂ eq.
Carne de cerdo	3.9-10 kg CO ₂ eq.
Carne de Pollo	3.7-6.9 kg CO ₂ eq.

Tabla 2. Impacto de la producción de carne en Dinamarca. Fuente: Baldwin, 2009.

Impacto por Kg. de canal	Carne de bovino	Carne de cerdo	Carne de pollo
Potencial de Calentamiento Global 100 (Kg. CO ₂ eq)	20.4	2.9	2.6
Acidificación potencial (g SO ₂)	205	52	47
Enriquecimiento de nutrientes (g NO ₃ eq)	1 729	280	204
Smog fotoquímica (g etano eq)	4.2	0.89	0.5
Uso de suelo (año-m ²)	31.5	8.9	4.9

4.6 Tendencias Actuales en el Consumo de Alimentos

Actualmente la tendencia en el desarrollo de alimentos son la simplicidad y sustentabilidad. Los consumidores están teniendo una regresión ya que se está

volviendo a lo auténtico, a lo simple y creen que la calidad es mejor que la cantidad, además de que piden se les garantice contar con alimentos seguros y saludables con gran valor nutricional y que se tenga información precisa acerca de su origen y de sus métodos de producción (Higiene de los alimentos, 2009).

La compra en una cadena de alimentos sustentables ha estado dirigido por el interés de los consumidores en su salud, ya que prefieren productos que no contengan hormonas, antibióticos y organismos genéticamente modificados (Molyneaux, 2007; citado en Baldwin, 2009, p. 159) y que hayan sido obtenidos de manera amigable con el ambiente y justa desde el punto de vista del desarrollo social (Sloan, 2007; citado en Baldwin, 2009, p. 159).

Baldwin (2009) menciona que la certificación de calidad en los alimentos ha ido en aumento basado en un conjunto de estándares establecidos por diferentes organismos nacionales e internacionales y evaluado por terceras partes. Esta certificación incluye el contar con una etiqueta, con un sello o marca donde se informa acerca de la evaluación y calidad del producto. El Modelo de la Calidad Alimentaria Total planteado por Grunert, et al. (1996), menciona a la etiqueta del alimento como una de las principales señales extrínsecas que afecta la decisión de compra del consumidor. En la etiquetase incluye información acerca de la marca, métodos de producción del alimento, el lugar de origen, el uso de conservadores, la marca, información nutrimental, etc. Así como el nombre de marca, los productos con denominación de origen también incorporan una idea de la calidad en sí misma, en el sentido que dicen al consumidor algo sobre el origen del producto, la compañía que lo hace y su ajuste a ciertas normas o estándares (Beño y Calvo, 2000). Las eco etiquetas, etiquetados de carbono (huella de carbono) o etiquetas verdes se utilizan para informar acerca de los atributos de sustentabilidad de un producto.

Según el análisis de la Situación actual y perspectiva de la producción de carne de bovino en México (Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) (SAGARPA), 2006), México no estará exento de la tendencia actual hacia una cadena de suministro de alimentos sustentables ya que al pertenecer al mercado globalizado, debe de dar preferencia a los consumidores y a la producción orgánica de carne y productos con rastreabilidad, que den certeza de calidad e información al consumidor, que al final de la cadena de producción es quien decide si consume o no el producto. Prueba de ello es que en México existe desde 1984 el Consejo Nacional Agropecuario (CNA). La misión de este consejo es "Representar los intereses comunes de sus integrantes, propiciando condiciones equitativas para su competitividad y desarrollo sostenible dentro de una economía de mercado, con

responsabilidad social" (Consejo Nacional Agropecuario, 2010). Desde el 2004 se realiza cada año el Foro Global Agroalimentario, este es el suceso anual más importante del sector agroalimentario en México, donde reúne a especialistas en temas agroalimentarios procedentes de todo el mundo. En el año 2010 el tema fue "Mercados, Sustentabilidad y Futuro: Oportunidades en el Agro" (El Foro Global de Alimentos, 2010). Esto demuestra que la industria agroalimentaria mexicana está interesada también en la tendencia del desarrollo de una cadena de suministros de alimentos sustentables y que se está preparando para atender a las demandas de los consumidores.

Por otro lado en México las investigaciones acerca de la percepción que tiene el consumidor hacia la calidad de la carne o de alimentos sustentables son prácticamente inexistentes. En el caso del Estado de Sonora, Madrid (2007) menciona que la ganadería bovina es una de las actividades más tradicionales, además la excelente calidad y sanidad de sus productos ha hecho posible que este estado tenga una sobresaliente participación a nivel global. Actualmente, el Centro de Investigación en Alimentos y Desarrollo (CIAD) se encuentra realizando una investigación en Sonora acerca de la percepción que tiene el consumidor hacia la calidad de la carne de bovino.

4.6.1. Marca Oficial México Calidad Suprema.

En México a finales de la década de los 90's se creó la Marca Oficial México Calidad Suprema (MCS) como parte de una estrategia nacional para el desarrollo integral del sector rural mexicano con la finalidad de enfrentar la problemática existente en este sector y fortalecer la competitividad y acceso de los productos y productores en el mercado globalizado donde la diferencia entre los productos es fundamental (México Calidad Suprema, n.d.).

Además si un producto está certificado con la marca oficial MCS trae beneficios tanto en la comercialización, como en la producción. Desde el punto de vista comercial, los productos con el sello de la marca oficial MCS pueden ser distinguidos y preferidos por el consumidor, beneficiarse de campañas publicitarias de la marca, se les facilita el acceso de los productos a grandes cadenas comerciales tanto en México, como en el extranjero. La marca MCS es reconocida en México por Wal-Mart (México), Comercial Mexicana, Chedraui, Costco, HEB y Soriana. A nivel internacional la marca cuenta con el reconocimiento de Wal-Mart USA, Kroger, HEB en Estados Unidos y Loblaw en Canadá. Los productos con el sello MCS también pueden ser promovidos en foros de importancia nacional e internacional (México Calidad Suprema, n.d.).

4.6.2. Proceso de Obtención de la Marca Oficial México Calidad Suprema (MCS).

Para poder obtener la certificación de los procesos de producción de la marca oficial MCS y que un producto pueda exhibir el etiquetado de la marca MCS es necesario que los productores estandaricen sus procesos, de esta manera optimizan sus recursos materiales, financieros y humanos lo cual a su vez con lleva a la eficiencia de sus procesos y reduce el porcentaje de residuos y/o merma, que son principios de una cadena de suministro de alimentos sustentable. En el caso de la certificación de carne bovina si la empresa lleva a cabo un programa de buenas prácticas reconocido por el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), la empresa cuenta con el apoyo del Gobierno Federal en caso de que participe como una posible causante de un brote de enfermedades transmitida por alimentos (México Calidad Suprema, n.d.).

En México la ganadería bovina es una de las principales actividades del sector agropecuario. En el 2005 fue uno de los primeros diez países que participaron en la producción mundial de carne de bovino. (Situación Actual y Perspectiva de la carne de Bovino 2006, SAGARPA, 2006).

Además en el análisis de Situación Actual y Perspectiva de la Producción de Carne de Bovino en México 2004 (SAGARPA, 2004) se menciona que Sonora en el año 2003 estuvo entre los principales estados productores de carne de bovino. Trece estados tuvieron participación arriba del 2.5 %, conjuntando el 72.6 % de la oferta nacional y se identifican mínimos cambios en cuanto a su aportación en la última década. Entre estas entidades se encuentran: Veracruz, Jalisco, Chiapas, Sonora, Sinaloa, Chihuahua, Durango, Tamaulipas, Baja California, Tabasco, Michoacán, Yucatán y Zacatecas. Y en este mismo análisis realizado en el 2006 (SAGARPA, 2006) se indica que en el año 2005 los principales estados productores de bovino fueron Veracruz con una aportación del 13.4 % de la producción nacional, seguido por Jalisco con el 11.4 %, Chiapas con el 5.5 %, Sonora con el 5.1 % y Chihuahua con el 4.9 %. Representando estos cinco estado el 58.7 % del total de la producción nacional. En ambos análisis el estado de Sonora figura entre los principales productores de carne de bovino en el país. En la figura 4 se representan estos resultados.

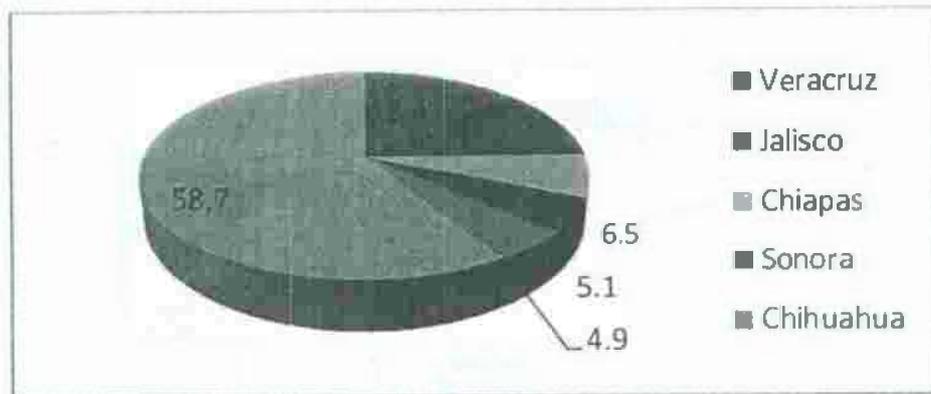


Figura 4. Principales Estados Productores de Carne Bovino (2005). (SAGARPA, 2006)

El análisis de la situación y perspectiva de la carne de bovino 2006 (SAGARPA, 2006) menciona que en el transcurrir de los años los patrones culturales del consumo de productos cárnicos han hecho que el ganado bovino sea quien marca la pauta en la demanda y de los precios del resto de las carnes. Además sin ser la de mayor consumo por volumen, el ama de casa mexicana ha elaborado por tradición la mayoría de sus alimentos con carne de res, y esto está representado en la gran variedad de platillos a lo largo de todo el país.

Es por ello que tanto en el mercado nacional como internacional el sello de la marca oficial MCS sirve como referencia de atributos de calidad, inocuidad y sanidad de los productos y procesos. Cabe señalar que la marca oficial MCS es una certificación voluntaria pero para su certificación debe cumplir con el pliego de condiciones de uso de la marca oficial, en este caso es el pliego de condiciones para el uso de la marca oficial MCS en carne de bovino (PC-003-2002).

Este pliego de condiciones para la producción de carne bovina establece los requisitos sanitarios, de inocuidad y calidad que deben ser respetados por todos los participantes del proceso productivo de la carne bovina. Lo cual comprende a los criadores, a los que transforman (establecimientos TIF y obradores), así como a quienes realicen la comercialización y distribución (transportistas, carnicerías, tiendas comerciales o de autoservicio) de este producto (ver Figura 5). Lo anterior asegura que la carne que obtiene la marca oficial MCS será de una calidad superior y que cuenta con el respaldo de certificaciones imparciales e independientes (México Calidad Suprema, n.d.).

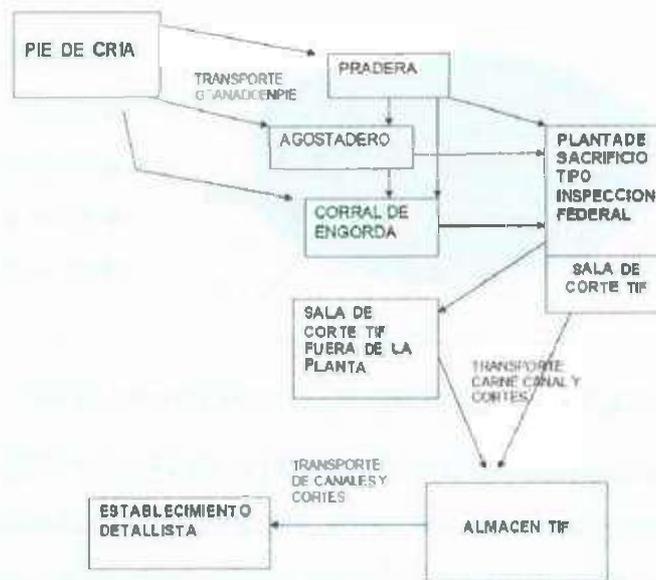


Figura 5. Flujo del proceso de producción de la carne de bovino. PC-003-2002

Existe una Asociación civil (México Calidad Suprema, n.d) de la marca oficial MCS que es la encargada de la coordinación de las actividades relacionadas a la Certificación de la marca. El estado con mayor número de empresas certificadas es Sonora con 82, de las cuales 39 son del sector porcícola y 3 del sector bovino (Figura 6).

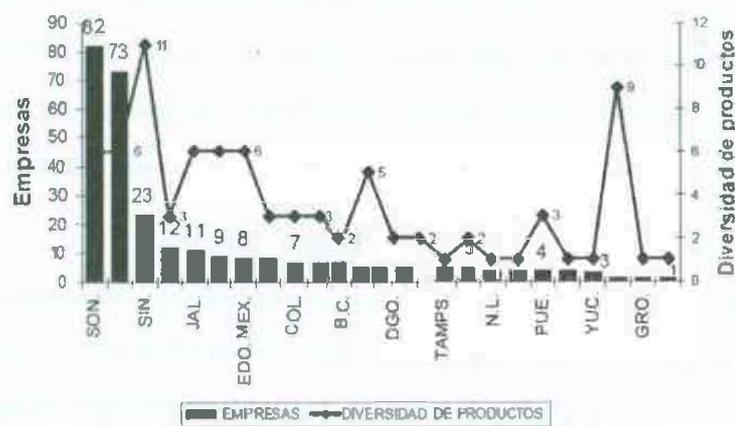


Figura 6. Ubicación de las Empresas y Diversidad de Productos de la marca oficial MCS. Asociación civil.

Para poder certificarse con la marca MCS existen un conjunto de lineamientos que deben de ser cumplidos y considerados durante la realización de los pliego de uso de la marca México Calidad Suprema. A nivel nacional se encuentra la Ley Federal de Sanidad Animal y el Reglamento de la Industrialización Sanitaria de la Carne (Inspección Federal). También deben cumplirse las Normas Oficiales Mexicanas.

Estas normas inciden en varias etapas en el sistema de producción de la carne. Por ejemplo, si se llegara a usar aditivos para los alimentos estos deben de ser registrados ante la autoridad correspondiente y deben retirarse en el tiempo estipulado por el fabricante.

El transporte del ganado en pie y en los corrales de engorda considerando el bienestar del animal son importantes ya que de no ser así se corre el riesgo de que el ganado se estrese y tenga repercusiones sobre la calidad final de la carne. Por tal razón el transporte del ganado desde los corrales de engorda a los rastros de sacrificio TIF (Tipo Inspección Federal) se debe de realizar de acuerdo a los lineamientos de la NOM-051-ZOO-1995 que cuida el trato humanitario en la movilización de animales. Además, los transportes deben de estar certificados por un organismo de certificación.

En los establecimientos TIF también debe de cumplirse con lo estipulado en la NOM-008-ZOO-1994 que establece las especificaciones sanitarias para la construcción y equipamiento de establecimiento para el sacrificio de animales y los dedicados a la industrialización de productos cárnicos.

Los rastros TIF garantizan la inocuidad de los productos cárnicos elaborados en establecimientos que ostentan la certificación TIF. Esta certificación tiene muchos beneficios a la industria cárnica ya que permite la movilización dentro del país de manera más fácil. También abre la posibilidad del comercio internacional, ya que estos establecimientos son los únicos elegibles para exportar (Servicio nacional de sanidad, inocuidad y calidad alimentaria (SENASICA.), 2009). Estos establecimientos son inspeccionados por la SAGARPA a través de la SENASICA. Además los establecimientos TIF deben contar con una serie de documentos establecidos por el pliego de condiciones. También en los demás procesos debe de cumplir con los lineamientos, especificaciones y normatividad establecidos por el pliego de condiciones (Anexo A).

La marca oficial MCS tiene concordancia con normas internacionales, entre ellas se encuentra el *Codex Alimentarius* que es un conjunto de normas, códigos de prácticas, directrices y otras recomendaciones que van desde la producción primaria, la construcción de las instalaciones, el control de las operaciones, mantenimiento y saneamiento, la higiene personal de los trabajadores, el transporte y la información sobre los productos, además de la sensibilización de los consumidores. El Codex Alimentarios es un órgano intergubernamental que integra a más de 180 miembros, creado en el marco del Programa Conjunto sobre Normas Alimentarias que establecieron la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS). Este tiene el objetivo de proteger la salud de los consumidores y asegurar prácticas equitativas en el comercio de alimentos ya que todas las personas tienen derecho a esperar que los alimentos que comen sean inocuos y aptos para el consumo humano. La Comisión también promueve la coordinación de todos los trabajos sobre normas alimentarias

emprendidos por las organizaciones internacionales gubernamentales y no gubernamentales (Higiene en los alimentos, 2009).

Es posible que el uso de la marca MCS además de garantizar la calidad, inocuidad y sanidad de sus productos y procesos pueda tener atributos de sustentabilidad que puedan ser utilizadas en el sello o campañas publicitarias para informar a los consumidores. Según Becker (2000) es conocido que el aumento en la demanda de calidad de los atributos del producto, como el bienestar del animal y las cuestiones ambientales apenas tiene importancia en los países de bajos ingresos. Sin embargo, es un hecho que los consumidores están prestando mayor interés a los problemas acerca de los riesgos a la salud transmitida por los alimentos así como el aumento en su interés en los métodos de producción y procesamiento, esto demanda una estrategia de respuesta adecuada por las agroindustrias y las compañías de alimentos interesadas en mantener su mercado (Verbeke W. et al., 1999; Baldwin, 2009).

5. METODOLOGÍA

5.1. Tipo de estudio. La presente investigación fue un estudio mixto, ya que incluyó la generación y análisis de datos cualitativos y cuantitativos.

5.2. Diseño utilizado. Es un caso de estudio seleccionado a conveniencia debido a la accesibilidad a un rastro Tipo Inspección Federal (TIF) ubicado en Hermosillo, Sonora.

5.3. Alcance. El alcance del estudio fue de Julio a Diciembre del 2010 y el análisis de ciclo de vida se realizó "de la puerta a la puerta" de acuerdo a la norma ISO 14040:2006, NMX-SAA-14040-IMNC-2008NOM. Esto quiere decir que se consideró a partir de que arriba el ganado en pie de los tráileres a los corrales hasta que son embarcados como canales para su distribución.

5.4. Objeto de estudio. El objeto de investigación es el proceso de sacrificio de ganado bovino en el rastro TIF.

5.5. Instrumento de Recolección de Datos. Los datos para la caracterización del proceso de sacrificio de ganado bovino en el caso de estudio se obtuvieron mediante la observación de las actividades en las diferentes áreas de producción del rastro (sacrificio, viscera verde y viscera roja). Además, se obtuvo información del mismo mediante entrevistas al gerente y supervisores del área de sacrificio y de las áreas de vísceras. La identificación de los riesgos de seguridad e higiene durante los proceso de producción que afectan a la calidad de la carne presentes durante la inspección ante-mortem, aturdimiento, izado, sacrificio, desollado, remoción de cabeza, aserrado de la canal, eviscerado, inspección post-mortem, lavado de las canales, refrigeración e higiene de los animales se basó en el cuestionario de "Evaluación de riesgos de los rastros y mataderos municipales" (Signorini et al., 2009, pp. 20-27) (ver Anexo B).

Para obtener la unidad funcional requerida para el análisis del ciclo de vida (norma ISO 14040:2006, NMX-SAA-14040-IMNC-2008NOM) se realizó un balance de masa del proceso de sacrificio calculando el promedio de los pesos en pie del ganado, el promedio de los pesos en frío de las canales y se estimó el promedio de los pesos de los residuos orgánicos generados durante el proceso de sacrificio durante 3 días seleccionados durante el periodo de estudio. El primero el día 31 de agosto, el segundo el 1 de septiembre y el tercero el 20 de septiembre que incluyo diferentes ranchos y razas de ganado (Ver Anexo C).

Una vez caracterizado el proceso de sacrificio del ganado bovino y obtenido los inventarios de insumos y emisiones del proceso efectuado en el rastro en estudio, se entrevistó al supervisor o personal de mantenimiento para conocer la maquinaria y equipo que se utilizan y obtener datos acerca de las fuentes de energía utilizadas. Para el inventario de insumos se consideraron el consumo de agua, gas natural y energía eléctrica. En cuanto al consumo de agua y gas natural se tomaron datos a partir de los registros diarios de los mismos obtenidos por el personal del rastro (Ver Anexo D). Para el consumo de energía eléctrica se revisaron los recibos de pago de los tres meses en los que se realizó el análisis del ciclo de vida. Se incluyó un inventario de las sustancias químicas utilizadas en los procesos de producción y limpieza y se entrevistó al supervisor de limpieza del turno nocturno para conocer las sustancias químicas y las cantidades que se utilizan para la sanitización de los procesos y equipos.

5.6. Manejo de los Datos. El inventario de emisiones incluyó la generación de metano (CH_4) calculado a partir de la fermentación entérica y del estiércol y por la quema de gas natural en la caldera. También se calcularon las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) por el uso de gas natural y de energía eléctrica, así como las emisiones de monóxido de carbono (CO), óxidos nitrosos (N_2O), óxidos de nitrógeno (NO_x), dióxido de azufre (SO_2) y los compuestos orgánicos volátiles (COVs) por el uso de gas natural.

Las emisiones de CH_4 por la fermentación entérica fueron calculadas a partir las guías del IPCC (Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático, 1996) utilizando las siguientes fórmulas:

Fermentación entérica:

Emisiones de CH_4 = Número de animales * Factor de emisión de CH_4 .

Donde el factor de emisión es estimado por la cantidad de metano producido (kg) por animal, en este caso el factor de emisión fue de 49 kg de CH_4 /cabeza/año para un tipo de ganado no lechero y que incluye carne vacuna, toros y novillos, considerando un nivel 1 (porcentaje de incertidumbre alto) para la característica regional de América Latina basado en estudios previos y para ciertas regiones, de acuerdo al alimento suministrado y a la conversión de energía del alimento en CH_4 . Los factores de emisión están basados en el animal y en su tipo de alimentación y se determinan de acuerdo al porcentaje de energía requerida por el animal, el porcentaje de alimento suministrado para satisfacer sus requerimientos de energía y la calidad del alimento consumido. Los factores de emisión y la descripción de los mismos se presentan en el

Anexo E. Las emisiones de CH₄ a partir del manejo de estiércol se calcularon de acuerdo al estudio realizado por Rodhe et al., (2008) donde indica que las emisiones de CH₄ es de 12.4 CH₄/vaca/año.

Las emisiones de CH₄, CO₂, N₂O, NO_x, CO, SO₂ y los COVs se calcularon utilizando los factores de emisión para los criterios de contaminantes y gases de efecto invernadero de la combustión de gas natural propuestos por la por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (U.S. EPA) disponible en la página de internet: www.epa.gov/ttnchie1/ap42/ch01/final/c01s04pdf (ver Anexo F).

Para las emisiones de CO₂ por el uso de energía eléctrica se utilizó la página de internet *Calculadora Mexicana de CO₂* creada por el Instituto Nacional de Ecología (INE), Pronatura México y Reforestamos México. Disponible en internet en la página: www.calculatusemisiones.com/resultado.php.

Las emisiones al agua se obtuvieron a partir de la caracterización de las aguas residuales generadas en el rastro tomando dos muestras de las descargas al alcantarillado municipal que se obtuvieron en el punto de descarga del rastro. Estas muestras fueron analizadas por el laboratorio de CONAGUA (Organismo de Cuenca Noroeste) en cuanto a su contenido de fósforo total, sólidos suspendidos totales, nitrógeno total Kjeldahl, demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO) tomando como referencia la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996. (Ver Anexo G).

Para evaluarlos impactos al ambiente tales como: agotamiento del agua, potencial de calentamiento global, de eutrofización, de acidificación, toxicidad humana y creación fotoquímica de ozono se alimentó el software GaBi Education (versión educativa del GaBi 4) con los datos del inventario de insumos y cálculo de emisiones obtenidos durante la caracterización del proceso, también se utilizó la información proporcionada por los supervisores y los resultados proporcionados por el laboratorio CONAGUA. El método seleccionado para determinar los impactos ambientales en el software fue el método: CML2001 Dec. 07, el cual fue elaborado por el Centro de estudios ambientales (CML) de la Universidad de Leiden.

La determinación de oportunidades de prevención de la contaminación se efectuó tomando como referencia las prácticas realizadas en el rastro y considerando los principios para determinar la sustentabilidad de una cadena de suministro de alimento desarrollados por el Departamento Gubernamental del Reino Unido para el Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales (DREFA, 2006).

6. RESULTADOS

Las etapas del sistema producción de la carne bovino de la marca oficial México Calidad Suprema se representa en la figura 7. En ella también se indica la parte del proceso en el que se realizó el análisis de ciclo de vida (puerta a la puerta) en este estudio con la finalidad de determinar y evaluarlos impactos al ambiente en un rastro Tipo Inspección Federal (TIF) en el estado de Sonora.

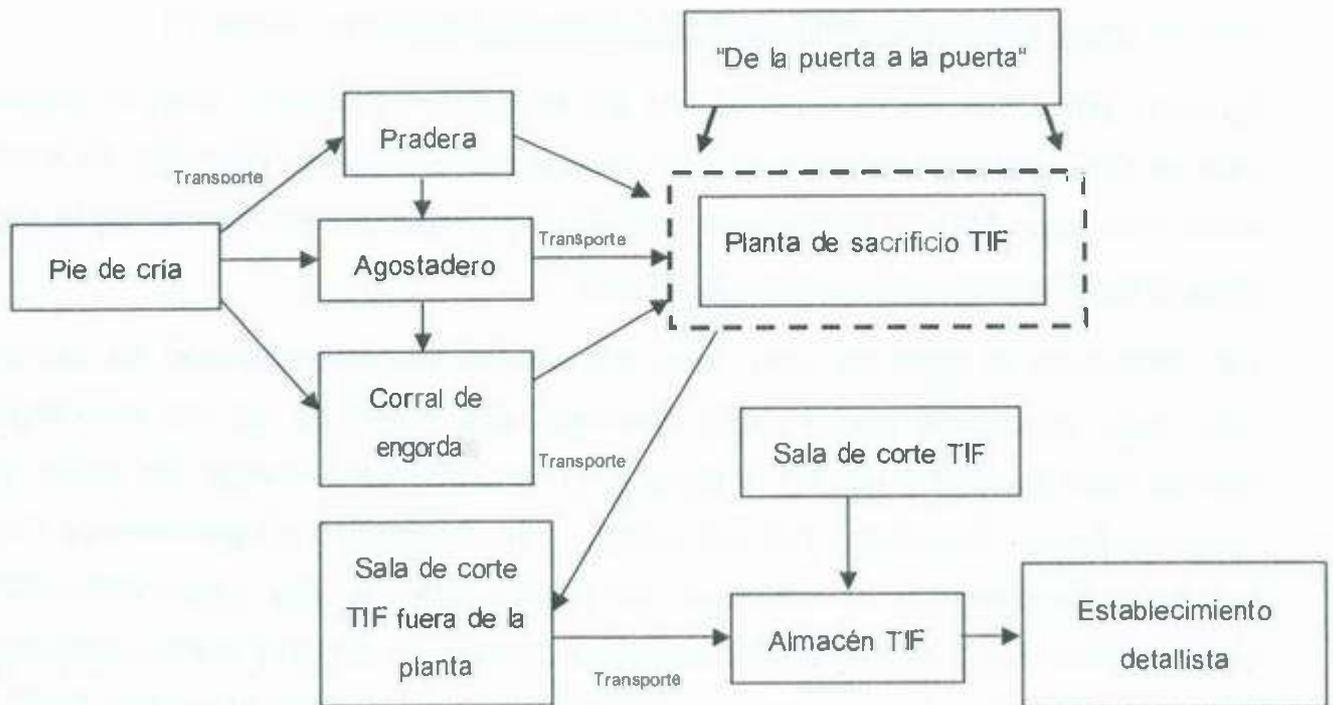


Figura 7. Etapas del proceso productivo de carne bovino de la Marca Oficial México Calidad Suprema (PC-003-2002).

6.1. Descripción del Caso de Estudio

El rastro en estudio está ubicado en Hermosillo, Sonora en un área industrial en las afueras de la ciudad. Se construyó en el año 2007 y ocupa un área de 4500 m². Las instalaciones están cercadas en la periferia, cuenta con una rampa de desembarco y con corrales de descanso. En este centro de trabajo diariamente se sacrifican en promedio 200 bovinos entre vacas, vaquillas, novillos y toros. De diferentes razas entre ellas charoláis, angus, brangus, pardo suizo y cebú procedentes de diferentes ranchos o ganaderos de la localidad. Cuenta con un total de 87 trabajadores que laboran en dos turnos de 6:00 a.m. a 12:00 a.m., y con dos médicos veterinarios zootecnistas (MVZ) que pertenecen a la SENASICA quienes son los encargados de verificar la inocuidad de los procesos. El producto obtenido (canales de bovino) y los co-productos comestibles (patas delanteras y traseras, vísceras verdes y rojas, cabeza) que de ellas se derivan se distribuye para su venta en carnicerías, tiendas departamentales o se exportan a Japón o Estados Unidos. Una canal es una res que

ha sido sacrificada y que le han sido retiradas la piel, las patas delanteras y traseras, la cabeza, vísceras verdes, vísceras rojas, se encuentra lavada y longitudinalmente cortada en dos (canales). De los canales se generan co-productos tanto para el consumo humano como para otros procesos fuera del rastro (ver la tabla 3). En el rastro existen 4 departamentos los cuales son: el departamento de producción, calidad, mantenimiento, embarques (logística) y que se describen a continuación.

Tabla 3. Producto y co-productos del proceso de sacrificio en el rastro en estudio.

Producto	Co-producto (comestible)	Co-producto (reproceso)
Canales (2)	Patas delanteras, traseras	Piel
	Tripa de leche	Grasa
	Panza	Pulmones y tráquea
	Recto	Orejas
	Cuajo	
	Tripa gorda	
	Tripa larga	

6.1.1 Departamento de Producción

Tiene como función transformar la materia prima (el ganado en pie) en canales y los co-productos que se derivan de ellas. El departamento se divide en tres áreas:

Área de sacrificio: Es el área principal de producción en donde se obtienen los canales; abarca desde los corrales, pasando por el sacrificio, el eviscerado de vísceras verdes y rojas que posteriormente pasan a sus respectivas áreas. En esta área también se obtienen las pieles y las patas que son clasificados por co-productos.

Área de vísceras verdes: En esta área se lavan, se almacenan y empacan las vísceras verdes que son: la panza, tripa de leche, tripa gorda, cuajo, recto, etc. Se obtiene, el librillo, grasa que son vendidas a otras industrias para re-procesos.

Área de vísceras rojas: En esta área se lavan, almacenan y empacan, las vísceras rojas que son: corazón, hígado y se obtienen los pulmones, tráquea y grasa que son vendidas a otras industrias para re-procesos. También en esta área se lava la cabeza de la res.

Alrededor de 50 personas laboran en estas áreas, en un turno desde 8:00 a.m. hasta que se sacrifica todo el ganado que es programado en el día. Datos proporcionados por el gerente de vísceras durante los meses de evaluación arrojaron un promedio de sacrificio diario de 200 reses y de 4333 reses sacrificadas al mes, con un promedio de peso frío de 310 kg. Con un promedio de 22 días laborables. (Ver Anexo H).

6.1.2 Departamento de Calidad

Este departamento tiene la función de verificar la inocuidad y sanidad de los procesos de producción. En este departamento se labora en dos turnos, en el primer turno laboran 10 personas en un horario de 7:00 a.m., a 4:00 p.m., o hasta que el sacrificio termina. Este turno está encargado de realizar la limpieza pre-operacional antes de que comience el sacrificio. El MVZ del departamento realiza la inspección ante-mortem todas las mañanas antes del sacrificio. El personal del departamento es el encargado de las buenas prácticas de manufactura en los procesos, así como de los POES (Procesamiento de operaciones estándares de sanitización). Por lo tanto, verifican que el personal de sacrificio utilice su uniforme, así como el correcto uso del equipo de higiene personal (cofia, cubre bocas, guantes), checan la temperatura del agua de los esterilizadores, la cual debe ser mayor de 83 °C, también pueden retirar y decomisar material no comestible en los procesos. Así también, un trabajador se encarga de los puntos críticos de control de calidad en los procesos. El control de la fauna nociva (mosca, grillos, cucarachas, etc.) lo realiza el mismo personal o se contrata a una empresa para este fin. Además, el personal de este departamento realiza los procedimientos de muestreo como lo indica la NOM-004-ZOO-1994 (relativa a los límites máximos permisibles y procedimientos de muestreo de residuos tóxicos en grasa, músculo y riñones en aves, bovinos, caprinos, cérvidos, equinos, ovinos y porcinos). En el segundo turno laboran 7 personas y un supervisor quienes son los encargados de realizar la limpieza de las áreas de producción, maquinaria y equipo.

6.1.3 Departamento de Embarques

El personal de este departamento es el encargado de embarcar en tráileres lo que se sacrificó un día antes. En este laboran 8 cargadores y el supervisor en un horario de 6:30 a.m. y no tienen un horario de jornada específico.

6.1.4 Departamento de Mantenimiento

El personal de este departamento es el encargado de dar mantenimiento y servicio a la maquinaria, equipo e infraestructura del establecimiento. Laboran 7 personas y un supervisor en diferentes horarios tanto matutinos como nocturnos.

6.2 Caracterización del Proceso de Producción

La figura 8 representa un diagrama del proceso efectuado en el rastro en estudio y se indican cuáles son los insumos y emisiones al ambiente en cada estación de trabajo del proceso de sacrificio de carne bovino.

Químicos de limpieza, agua caliente, gas natural, electricidad

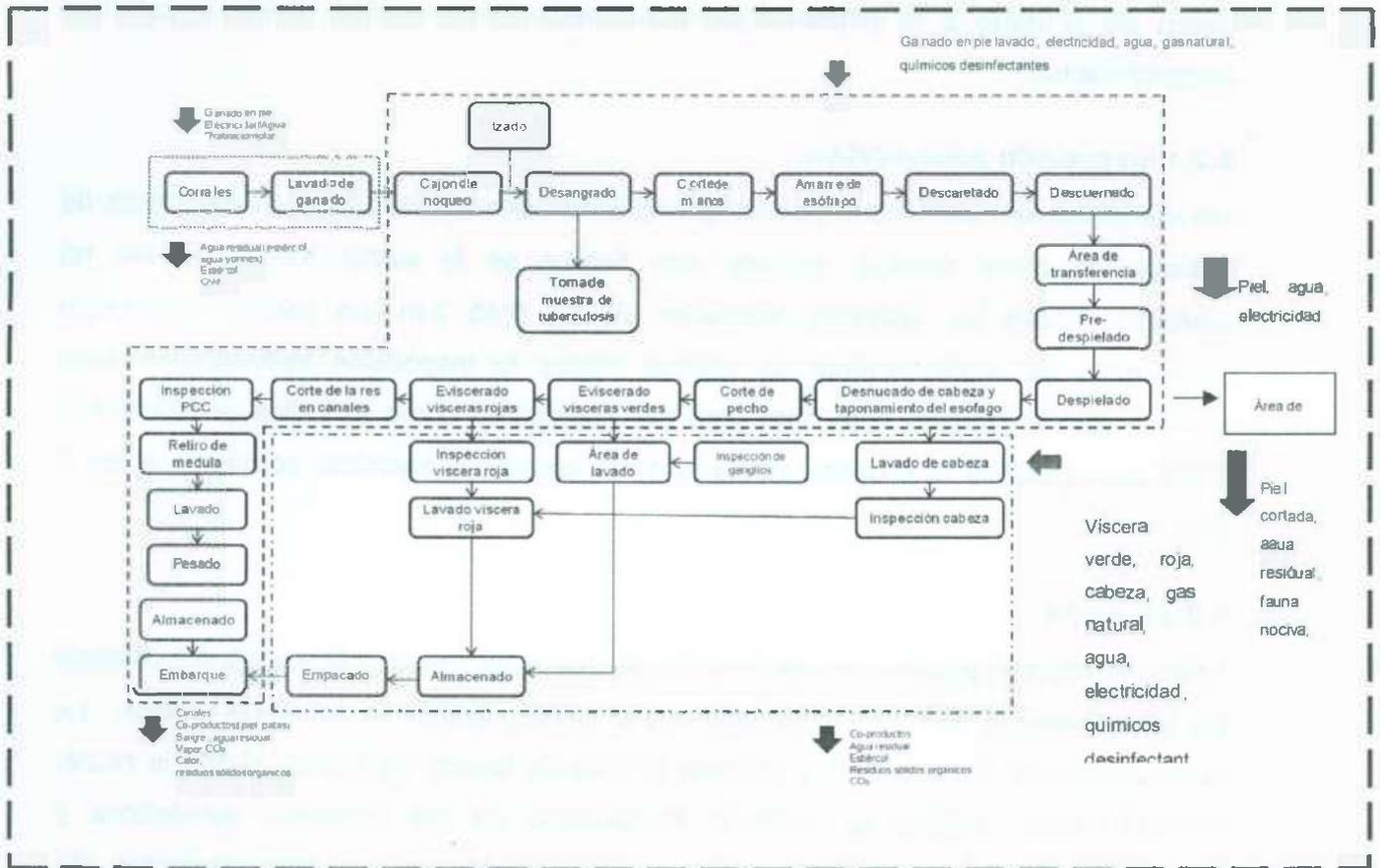


Figura 8. Caracterización del proceso de sacrificio en el rastros TIF.

- Área de los corrales
- - - Área de sacrificio
- - - Área de víscera verde y roja
- - - Proceso de limpieza

Agua residual, vapor, CO₂, CH₄, NO_x, SO₂, CO

En la figura 9 se resume cuáles son los principales insumos y emisiones del proceso de sacrificio de carne bovina.

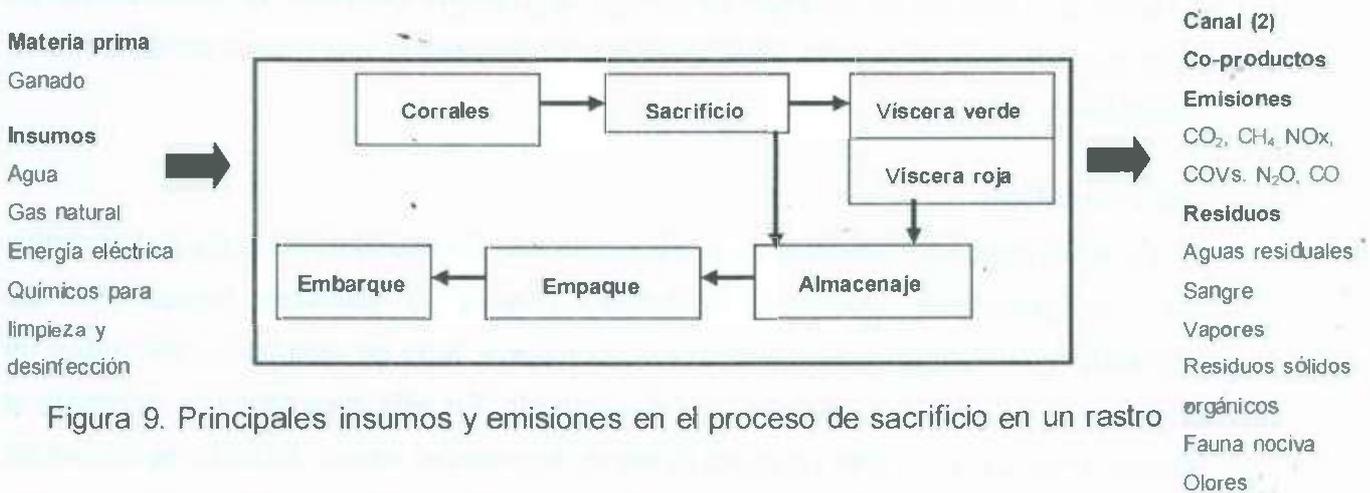


Figura 9. Principales insumos y emisiones en el proceso de sacrificio en un rastros

A continuación se describen cada una de las etapas del proceso de producción del rastro de acuerdo a la metodología previamente descrita para llevar a cabo su caracterización:

6.2.1 Inspección Ante-mortem

Un día antes del sacrificio el ganado arriba a los corrales del rastro con 12 horas de anticipación como mínimo, durante este tiempo se le suministra agua pero no alimento. Todas las mañanas alrededor de las 6:45 a.m. un médico veterinario zootecnista del departamento de calidad realiza la inspección ante-mortem para verificar que el ganado está apto para ser sacrificado como lo indica la NOM-009-ZOO-1994 (relativa al proceso sanitario de la carne). El sacrificio comienza a las 8 a.m.

6.2.2 Lavado

Antes de entrar al proceso de sacrificio los animales son lavados con agua proveniente de las regaderas que se encuentran en el pasillo antes de entrar al edificio. La movilización del ganado de los corrales al área de lavado se realiza según la NOM-033-ZOO-1995 (relativa al sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres). Dicha norma tiene como objeto establecer los procedimientos de insensibilización y sacrificio de los animales, con el propósito de disminuir su sufrimiento, evitando al máximo la tensión y el miedo durante el evento. Luego del lavado el ganado pasa al cajón de noqueo para su aturdimiento.

6.2.3 Aturdimiento o Insensibilización

En el cajón de noqueo los animales son aturdidos con una pistola de perno cautivo, el punto de aplicación se calcula trazando dos líneas imaginarias a partir de la base inferior de los cuernos que se dirigen cada una a la comisura externa del ojo opuesto, el punto de cruce de estas líneas es el lugar del disparo. Después de que el animal ha sido aturdido y se encuentra insensibilizado se procede a izarlo para posteriormente sacrificarlo.

6.2.4 Sacrificio

El sacrificio de la res debe realizarse dentro de los 30 segundos después de la práctica de insensibilización (NOM-033-ZOO-1995 relativa al sacrificio humanitario del ganado). Entonces en este rastro el animal pasa al área de sacrificio y se realiza un corte en la yugular y el animal muere desangrado. En esta área también se realiza el des-caretado que consiste en quitar la piel de la cara del animal, también se cortan las patas delanteras o manos y se cortan los cuernos.

6.2.5 Estación de Transferencia

Posteriormente el producto pasa a la estación de transferencia donde se cortan las patas traseras y se realiza el des-faldado que es cortar la piel en la parte trasera del animal y es transferido a rieles eléctricos, ya que desde el izado hasta esta área, el animal es movido por la fuerza de gravedad.

Las patas delanteras o manos y traseras son procesadas en un lugar aparte donde son lavadas en una escaldadora a la cual se le ingresa agua, se le inyecta vapor y sosa cáustica (NaOH) para quitarle los pelos y pezuñas. Cabe mencionar que este proceso es parte del área de sacrificio.

6.2.6 Desollado

Después el producto pasa a dos estaciones de pre-despielado. En la primera estación se hace uso de una desolladora y en la otra se utiliza un cuchillo. La piel se separa mecánicamente y se dirige a través de una rampa al área de cueros que se ubica afuera del edificio. En ese lugar se cortan y retiran las orejas y el pene.

6.2.7 Remoción de la Cabeza

En esta área se remueve la cabeza en donde primeramente se amarra el esófago para que no devuelva el rumen y evitar contaminar la res. La cabeza se lava y le son retirados los tímpanos y tonsilas que es clasificado como un material de alto riesgo para el consumo humano, después la cabeza es transportada por un garfio al área de vísceras rojas donde se le retira la lengua que es colgada en perchas para su almacenamiento.

6.2.8 Eviscerado

Una vez que se removió la cabeza la canal pasa al área de corte de pecho y en seguida al área de remoción de vísceras verdes (panza, matriz, cuajo, recto, tripa gorda, tripa de leche, etc.) las cuales se van a una área específica por medio de una bandeja de acero inoxidable. La canal continúa en el riel y pasa a la estación de víscera roja donde se retiran los pulmones, tráquea, corazón e hígado. En esa estación se encuentra un MVZ el cual verifica que el hígado y corazón no contengan material de alto riesgo para el consumo humano (ausencia de abscesos, parásitos, etc.).

6.2.9 Aserrado de la Canal

La res continúa hacia el área de corte de canal donde es cortada en dos. Después pasa al PCC (punto crítico de control de calidad) donde una persona verifica que la

canal está libre de pelos, materia fecal, abscesos, grasa, pedazos de tráquea. Una vez verificado pasa a la estación de retiro de médula.

6.2.10 Lavado de la Canal

La canal es lavada con agua potable clorada. Diariamente se realiza un muestreo para corroborar el contenido del cloro del agua de lavado que debe de ser de 1.5 ppm. Después las canales son pesados en pares y se obtiene el "peso caliente".

6.2.11 Refrigeración

Posteriormente los canales pasan a la cámara de refrigeración (el rastro cuenta con tres cámaras de refrigeración para el almacenamiento de los canales); una vez que se cierra la cámara para que los canales disminuyan su temperatura se prenden los fogues por 3 horas para hidratar las canales y mantener el peso. Al día siguiente los canales son pesadas nuevamente (peso en frío), embarcadas y distribuidas a su destino.

Las vísceras verdes y rojas se manejan en cuartos separados en donde se van identificando de acuerdo al número de cada canal, son lavadas y se les retira la grasa y el material no comestible. En el área de víscera verde el menudo se lava en una escaldadora donde se le ingresa agua, vapor y químicos desinfectantes (tripe wash y peróxido de hidrógeno al 50 %). Después se cuelgan en perchas y son llevadas a las cámaras de refrigeración para víscera verde y visera roja donde se mantienen hasta el otro día que son empacadas, pesadas y enviadas a su destino. Las vísceras de exportación son empacadas y embarcadas el mismo día para distribución internacional.

Durante la caracterización del proceso de sacrificio se observó que se generan residuos orgánicos no comestibles y estiércol que son desechados en un contenedor que está ubicado fuera de la planta donde son recogidos por una compañía especializada que se encarga de dar la correcta disposición de estos en el relleno sanitario. Otros como la grasa son recolectados por industrias graseras para hacer jabones. Pulmones, tráqueas y orejas son recolectadas por empresas de rendimiento para hacer comida para perros.

Dos o tres veces a la semana el rastro contrata personal para la recolección de los residuos generados por el material no comestible generados durante el proceso de sacrificio. Esto incluye el estiércol que es vertido en el contenedor y también los residuos atrapados en las trampas de sólidos que se colocan en el contenedor que se lleva a una empresa especializada la cual se encarga de dar una correcta disposición

de los residuos sólidos orgánicos llevándolos al como relleno sanitario municipal. La manera en que se gestionan estos residuos genera malos olores y fauna nociva, además se hace uso de agua para poder remover restos sedimentados en las trampas de sólidos.

6.3 Limpieza y Desinfección de las Instalaciones

Diariamente el personal del rastro realiza labores de limpieza y desinfección utilizando agua y productos químicos como: detergentes alcalinos clorados, sanitizantes líquidos (base sales cuaternarias de amonio), limpiadores líquidos de alta espuma, cloro, etc.

La frecuencia de las actividades de limpieza, la desinfección de las instalaciones y el lavado del uniforme se describen en la tabla 4.

Tabla 4. Frecuencia de la limpieza en el rastro (Calendario de procedimientos POES):

Superficie	Área	Frecuencia
Techos	Refrigeración	Cada 6 meses
Difusores		Cada año
Techos	Sacrificio	Cada año
Lámparas	Refrigeración Sacrificio	Cada 4 meses
Descensor de piales, cadenas, elevador de reses y piel	Sacrificio	Semanal
Paredes y puertas	Refrigeración	Diario
Piso		
Coladera		
Paredes y puertas	Sacrificio	
Piso		
Coladeras		
Lavamanos, jaboneras		
Esterilizadores		
Tapetes sanitarios		
Tarimas		
Cajón de noqueo, cama de tubos, piales, plataformas, mesas de escurrimiento de sangre, banda transportadora de pieles, cajón para lavado de cabezas, jaulas de retención		
Guantes de mallas, cuchillos, chairas, ganchos tirabuzón, mandiles y botas		
Rolas		
Contenedores, canastillas, perchas		
Mesas en áreas de proceso y tobogán de vísceras		
Bascula de plataforma		
Sierra corta canalera, sierra para pechos, sierra para eliminar medula espinal, desolladora, pinza corta patas, pinza corta cuernos, aspiradora de medula y canal, pistola noqueadora neumática.		
Ventanas, vidrios, espejos y toalleros	Baños y vestidores	
Botes de basura	Baños y vestidores	
Uniformes, batas	Lavandería	
Maquina lavamanos y maquina lava botas	Vados sanitarios	
Baños	Servicios	
Bebedores		
Pisos y estructuras	Corrales	

6.4 Aguas Residuales

Las aguas residuales generadas en el rastro durante el proceso y la limpieza de las instalaciones son dirigidas a un sistema de tres trampas que se encuentran ubicadas entre las líneas de desagüe del rastro y el alcantarillado de la ciudad, con la finalidad de remover algunos contaminantes. Estas trampas de sólidos constan de tres compartimientos para sedimentación de los sólidos y el agua residual se dirige al cárcamo (así es nombrado en el rastro) donde se vierte directamente al alcantarillado público.

Estas trampas permiten la separación y recolección del rumen, sangre y grasa. Una de las trampas es para el agua residual generada en los corrales la cual contiene agua y rumen y tiene un volumen de 8.64 m³. La segunda trampa es para el agua residual generada en el proceso de sacrificio que en su mayoría es la sangre que desecha el animal cuando es sacrificado y también contiene el agua que se utiliza en el proceso de sacrificio y la grasa que cae de la canal durante su lavado y aquella procedente del lavado de las patas (donde se utiliza sosa cáustica), la cual tiene un volumen de 7.92 m³. La tercera trampa es para el área de vísceras verde y roja, que trata el agua residual generada en estas áreas y que contiene la grasa que no es recolectada para su uso industrial y que queda en los equipos e instalaciones, esta trampa también filtra el agua que es utilizada en la escaldadora de panza donde esta pierde alrededor de 9 kilos de grasa en el proceso (se utilizan los químicos tripe wash y peróxido de hidrogeno al 50 %), esta trampa tiene un volumen de 10.92 m³.

6.5 Maquinaria y Equipo

Se llevó a cabo un inventario de máquinas y equipo para conocer la fuente inicial de energía que se usa en el rastro. El rastro cuenta con tres máquinas principales: una caldera, un compresor de aire y un compresor de refrigeración. La tabla 5 muestra un inventario de la maquinaria y equipo utilizado en el rastro.

a) *Caldera*

Tiene como función generar vapor para calentar el agua (83 °C) utilizada en los esterilizadores de las áreas de producción. Esta caldera también se usa para inyectar vapor a las escaldadoras de patas y menudo utilizadas para desinfectar y blanquear el producto y para calentar el agua con la que se hace la limpieza durante el turno nocturno. La caldera se enciende a las 6 a.m. y se apaga una vez terminado el sacrificio. En la noche se enciende antes de comenzar el proceso de limpieza y se

apaga una vez terminado. Cabe mencionar que el uso de la caldera depende de la cantidad de ganado sacrificado a diario, ya que hay días que se enciende desde las 6 a.m. y no se apaga hasta las 1-2 de la madrugada. El tipo de combustible usado es el gas natural.

b) Compresor de Aire

La fuente de energía inicial de este compresor es un motor eléctrico de 25 Hp que se utiliza para hacer funcionar el equipo neumático utilizado en el proceso de producción. Se encuentra encendido el tiempo que dura la etapa del sacrificio.

c) Compresor de Refrigeración

Su función es mantener frías las tres cámaras de refrigeración de los canales, las cámaras de víscera verde y víscera roja así como los pasillos donde pasa el producto ya lavado, empacado y listo para embarcarse. Su fuente de energía es un motor eléctrico de 200 Hp y dura encendido todo el día los 365 días del año.

Tabla 5. Inventario de maquinarias y equipo usado en el rastro, características, fuente de energía y horas funcionamiento.

Máquinas	Función	Fuente inicial	Capacidad (Hp)	Horas laborando
Caldera	Generar vapor, calentar el agua	Gas natural		Lo que dura el sacrificio
Compresor de aire	Mover el equipo neumático	Motor eléctrico (energía eléctrica)	25	Lo que dura el sacrificio
Compresor de refrigeración	Enfriamiento de cámaras de refrigeración y pasillos	Motor eléctrico (energía eléctrica)	200	24
Chiller	Enfriamiento de amoniaco	Motor eléctrico (energía eléctrica)		
Bombas				
Bomba de pozo	Llena cisterna	Motor eléctrico (energía eléctrica)	25	24
Bomba	Manda el agua desde la cisterna, hasta el pulmón del almacén	Motor eléctrico (energía eléctrica)	10	24
Bomba	Surte el agua desde el pulmón del almacén a toda la planta	Motor eléctrico (energía eléctrica)	10	Lo que dura el sacrificio
Bomba de agua caliente	Para limpieza nocturna.	Motor eléctrico (energía eléctrica)	10	Lo que dura la limpieza
Bombas de Chiller	Sistemas FOGUES	Motor eléctrico (energía eléctrica)	5 1	3
EQUIPO				
Cajón de noqueo	Donde se ingresa el ganado en pie para ser sacrificado	Compresor de aire (energía eléctrica)		
Izado	Se levanta el ganado cuando esta aturdido	Motor eléctrico (energía eléctrica)	7.5	Lo que dura el sacrificio
Corta patas y corta cuernos		Motor eléctrico (energía eléctrica)	10	Lo que dura el sacrificio
Cadena de faenado	Traslada la res desde la estación de transferencia hasta las cámaras de embarques	Motor eléctrico (energía eléctrica)	10	Lo que dura el sacrificio, cada vez que se mueve la canal de un área a otra.
Desolladora (3)	Retira piel del ganado	Motor eléctrico (energía eléctrica)		Lo que dura el sacrificio

Plataformas	Elevar y bajar al operador para realizar diferentes operaciones	Presión de aire		
Sierra de pecho	Corta el pecho de la res	Motor eléctrico (energía eléctrica)	5	Lo que dura el sacrificio
Sierra canalera	Corta la res en dos		3	Lo que dura el sacrificio
Plataforma neumática	Elevar y bajar al operador para realizar diferentes operaciones	Presión de aire		Lo que dura el sacrificio
Plataforma PCC	Elevar y bajar al operador para realizar diferentes operaciones	Presión de aire		Lo que dura el sacrificio
Plataforma de trimeado	Elevar y bajar al operador para realizar diferentes operaciones	Presión de aire		Lo que dura el sacrificio
Cañón de buñiga	Enviar la buñiga al contenedor	Presión de aire		Lo que dura el sacrificio
Escaldadora (2)	Depilado, desinfección, blanqueado de co-productos (patas y panza (menudo)).	Gas natural, energía eléctrica		Lo que dura el sacrificio
Sistema de refrigeración	Mantener la temperatura de los productos	Compresor de refrigeración		24
Ventiladores		Energía eléctrica	0.5	

6.6 Análisis del Ciclo de Vida del Proceso de Sacrificio del Ganado Bovino en el Rastro en Estudio

6.6.1 Unidad Funcional

La unidad funcional del sistema seleccionada fue de 299.5 kg, que es el peso promedio de dos canales determinado en base a un balance de masa y calculado como se describió en la metodología. La Figura 10 muestra el peso de la materia prima y los productos y subproductos del proceso requeridos para el cálculo de la unidad funcional. En el Anexo C se describen los pesos del producto y de los diferentes sub-productos, se observa que existe una diferencia alrededor de 10 kilos debido a que en el rastro se sacrifican diferentes razas de ganado provenientes de diferentes ranchos en donde la alimentación es diferente causando variaciones en el peso de la res.

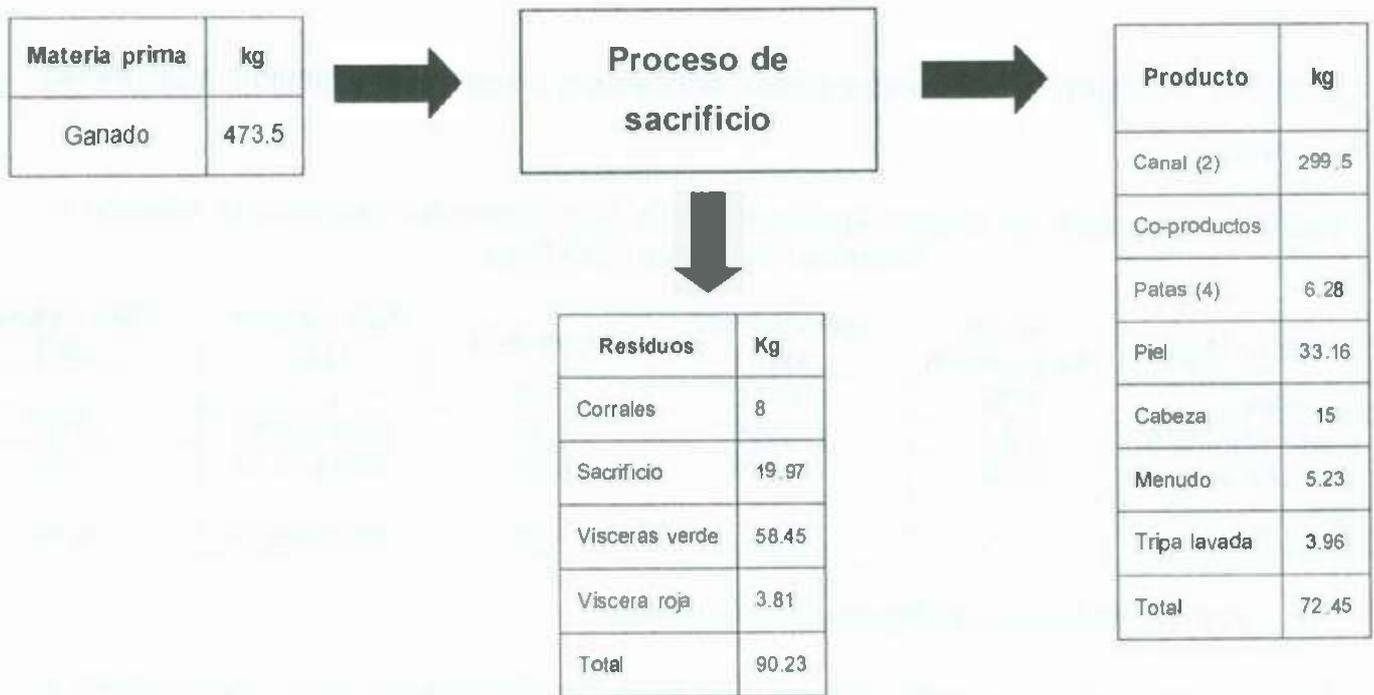


Figura 10. Balance de masa de proceso de sacrificio de ganado bovino.

6.6.2 Asignación

No se calcularon los insumos y emisiones por separado para cada uno de los subproductos. Por lo tanto, todos los insumos y emisiones del proceso son proporcionales a la unidad funcional, en este caso de 299.5 kg carne de bovino peso de canal (2).

6.6.3 Inventario del Ciclo de Vida

6.6.3.1 Insumos de Gas, Agua y Energía

La tabla 6 muestra el número de sacrificios mensuales y el inventario del consumo de gas natural, agua y energía eléctrica durante el periodo de estudio y el consumo de estos insumos en relación a la unidad funcional.

Tabla 6. Inventario de insumos en el rastro TIF en estudio.

Mes	Número Sacrificios	Consumo mensual de gas natural (m ³)	Consumo mensual de agua (m ³)	Consumo mensual de energía eléctrica (kWh)
Julio	4,048	470	7116	323
Agosto	4,132	408	6852	327
Septiembre	4,819	387	6407	
Total	12,999	1265	20,375	650
Promedio	4333	421.67	6791.67	325
Unidad funcional*	299.5 kg*	0.10	1.57	0.08

*La unidad funcional se calculó en base al balance de masa. (Ver Anexo C)

La tabla 7 muestra la asignación de los principales insumos en relación a la unidad funcional.

Tabla 7. Asignación de los principales insumos del proceso de sacrificio en relación a la unidad funcional (299.5kg).

Masa (kg)	% de Asignación	Electricidad (kWh)	Agua (m ³)	Gas natural (J)	Gas natural (m ³)
Corfales	5.54	0.0044	0.09	-	-
Canal (2) 299.5	73.5	0.0588	1.16	8086136.43	0.07
Viscera verde y roja	20.96	0.0168	0.33	2915409.73	0.03
Total	100	0.08	1.58	11001546.17	0.10

6.6.3.2. Insumos de Productos Químicos

Otros insumos que se usan en los procesos de producción son: sosa cáustica, peróxido de hidrógeno al 50 % y "tripe wash", así como productos de limpieza tales como: detergentes alcalino clorado, sanitizante líquido base cuaternario de amonio, detergente neutro y cloro. En la tabla 8 se muestran las sustancias químicas y las cantidades utilizadas en los procesos para desinfectar y blanquear los co-productos. En la tabla 9 se muestran los productos químicos utilizados en el proceso de limpieza de la planta.

Tabla 8. Sustancias químicas utilizadas en los procesos para desinfectar y blanquear los co-productos.

Sustancia Química	Formula química	Numero CAS	Consumo mensual	Consumo diario	Consumo por UF (299 kg.)	Densidad	Función
Sosa cáustica	NaOH	1310-73-2	396 kg	18 kg	0.09 kg		Blanqueador
Tripe wash		Patente	198 litros	9 l	0.045 l		Blanqueador
Peróxido de hidrógeno	H ₂ O ₂	7722-84-1	198 litros	9 l	0.045 l	1400 kg/m ³	Blanqueador

Tabla 9. Productos químicos utilizados en la limpieza de los procesos del rastro.

Químico	Formula química	Numero CAS	Consumo mensual	Consumo diario	Consumo por canal	Densidad
Detergente alcalino			84 l	3.5 kg	0.0175 kg	
Hipoclorito de sodio 5 %	NaClO	7681-52-9	5.082 kg	0.231 kg	0.00145 kg	1210 kg/m ³
Hidróxido de potasio 14 %	KOH	1310-58-3	78.96 kg	3.20 kg	0.02 kg	2040 kg/m ³
Detergente neutro			48 L	2 l	0.01 l	
Detergente base cuaternario	C ₆ H ₅ CH ₂ N(CH ₃) ₂ R Cl, R=C ₈ H ₁₇ C ₁₈ H ₃₇	63449-41-2	36 l	1.5 l	7.5E-2 l	
Hipoclorito de sodio	NaClO	7881-52-9	53.24 kg	2.42 kg	0.02 kg	1210 kg/m ³
Det-Excel			44 kg	2 kg	0.01 kg	
Detergente multiusos			44 kg	2 kg	0.01 kg	
Hipoclorito de sodio 13 %		7681-52-9	44 kg	2 l	0.01 l	

6.6.4 Cálculo de las Emisiones al Ambiente Durante el proceso de Sacrificio

Se calcularon las emisiones al aire, agua y residuos sólidos orgánicos por unidad funcional en el rastro en estudio.

6.6.4.1 Emisiones al aire

Las emisiones al aire por CH₄, CO₂, NO_x, N₂O, SO₂ y CO son debido a la fermentación entérica y a la quema de gas natural y sus impactos potenciales al ambiente en el rastro en estudio se muestran en la tabla 10. Los cálculos de estas emisiones se encuentran en el Anexo J.

Las emisiones por el manejo del estiércol de acuerdo a Rodhe et al., (2008) fue:

$$(12.4 \text{ CH}_4/\text{vaca/año})/365 \text{ días} = 0.034 \text{ CH}_4/\text{vaca/día}.$$

Las emisiones de CO₂ por el uso de energía eléctrica de acuerdo a la página de internet Calculadora Mexicana de CO₂ es de 0.12 kg CO₂ por unidad funcional.

6.6.4.2. Emisiones al Agua

Las emisiones al agua del rastro en estudio determinadas a través del análisis de las muestras de aguas residuales tomadas en el punto de descarga y sus potenciales impactos al ambiente se muestran también en la tabla 10.

Tabla 10. Emisiones e impacto potencial al ambiente del proceso de sacrificio en el rastro TIF en estudio, por unidad funcional (299.5 kg).

Emisión	Fuente	Origen	Cantidad kg/U.F	Impacto
Metano (CH ₄)	FE, E,GN, EE	IPCC 1996FE	0.17	PCG, PCFO
Dióxido de carbono (CO ₂)	EE,CGN	PI, FE	3.12 E-01	PCG
Oxido de nitroso (N ₂ O)	CGN	FE	3.52E-06	PCG
Dióxido de azufre (SO ₂)	CGN	FE	9.60E-07	PA, PTH, PCFO
Compuestos orgánicos volátiles (COVs)	CGN	FE	8.8E-06	PCG, PTH, PCFO
Óxidos de nitrógeno (NO _x)	CNG	FE	1.6E-04	PA, PTH, PCFO
Monóxido de carbono (CO)	CGN	FE	13.44E-05	PCFO
Fósforo total	Sangre, sustancias químicas	MAR	0.03	PE
Sólidos totales suspendidos	Grasa	MAR	2.03	PE
Nitrógeno total	Sangre, sustancias químicas	MAR	0.87	PE
DBO	Sangre	MAR	5.72	PE
DQO	Sangre	MAR	1.13	PE

PCG= Potencial de Calentamiento Global, PE=Potencial de Eutrofización, PA=Potencial de Acidificación, PCFO=Potencial de Creación Fotoquímica de Ozono, PTH=Potencial de Toxicidad Humana, GF= Fermentación entérica, E=Estiércol, CGN=Combustión de Gas Natural, EE= Energía Eléctrica, FE= Factores de Emisión, MAR=Muestras de Aguas Residuales.

6.6.4.3 Residuos Orgánicos

La tabla 11 muestra la relación de los residuos sólidos que se generan por unidad funcional y su gestión en el rastro.

Tabla 11. Co-productos para reproceso y sub-productos.

Co-producto	Peso promedio (kg)	Tipo de disposición		Área
Grasa	33.00	Re-proceso		Visceras verde
Librillo	4.18	Re-proceso		Viscera verde
Pulmón y tráquea	2.81	Re-proceso		Viscera roja
Orejas	2.00	Re-proceso		Sacrificio
Sub-producto				
Hiel	0.53	Relleno sanitario (Contenedor)		Viscera roja
Ilio	0.25	Relleno (Contenedor)	sanitario	Viscera verde
Baso	0.82	Relleno (Contenedor)	sanitario	Viscera verde
Esófago	0.47	Relleno (Contenedor)	sanitario	Viscera verde
Estiércol	19.00	Relleno (Contenedor)	sanitario	Viscera verde
Cuernos	0.39	Relleno (Contenedor)	sanitario	Sacrificio
Colas	0.11	Relleno (Contenedor)	sanitario	Sacrificio
Recorte de cola	0.16	Relleno (Contenedor)	sanitario	Sacrificio
Recorte de hocico	0.58	Relleno (Contenedor)	sanitario	Sacrificio
Inspección cabeza	0.23	Relleno (Contenedor)	sanitario	Sacrificio
Recorte de hígado	0.18	Relleno (Contenedor)	sanitario	Sacrificio
Trimeado	0.75	Relleno (Contenedor)	sanitario	Sacrificio
Medula	0.27	Relleno (Contenedor)	sanitario	Sacrificio
Pene	0.30	Relleno (Contenedor)	sanitario	Sacrificio
Decomiso de vísceras	1.20	Relleno (Contenedor)	sanitario	Viscera verde

Las cantidades recolectadas de material no comestible generado durante el proceso de sacrificio en el periodo de estudio y colocadas en el contenedor se muestran en la tabla 12.

Tabla 12. Residuos orgánicos recolectados en el contenedor al mes.

Mes	Cantidad de Residuos Orgánicos(kg)
Julio	116,120
Agosto	78,430
Septiembre	138000
Promedio por mes	110850
Promedio por unidad funcional	25.58

3.7 Evaluación de impactos al Ambiente mediante el Uso del GaBi Education Software.

Los datos de los inventarios de los insumos y emisiones del proceso en el rastro se ingresaron al software GaBi Education ajustando los al número promedio de cabezas de ganado sacrificadas en un mes (4333).

Las figuras 11, 12, 13, 14, 15, 16 y 17 muestran los resultados que proporcionó el GaBi Software al evaluar los impactos potenciales referentes al calentamiento global, agotamiento del agua, eutrofización del agua, acidificación del aire, toxicidad humana, creación fotoquímica de ozono y la generación de residuos sólidos a partir de los insumos utilizados y las emisiones generadas en el proceso de sacrificio en el rastro en estudio durante un mes.

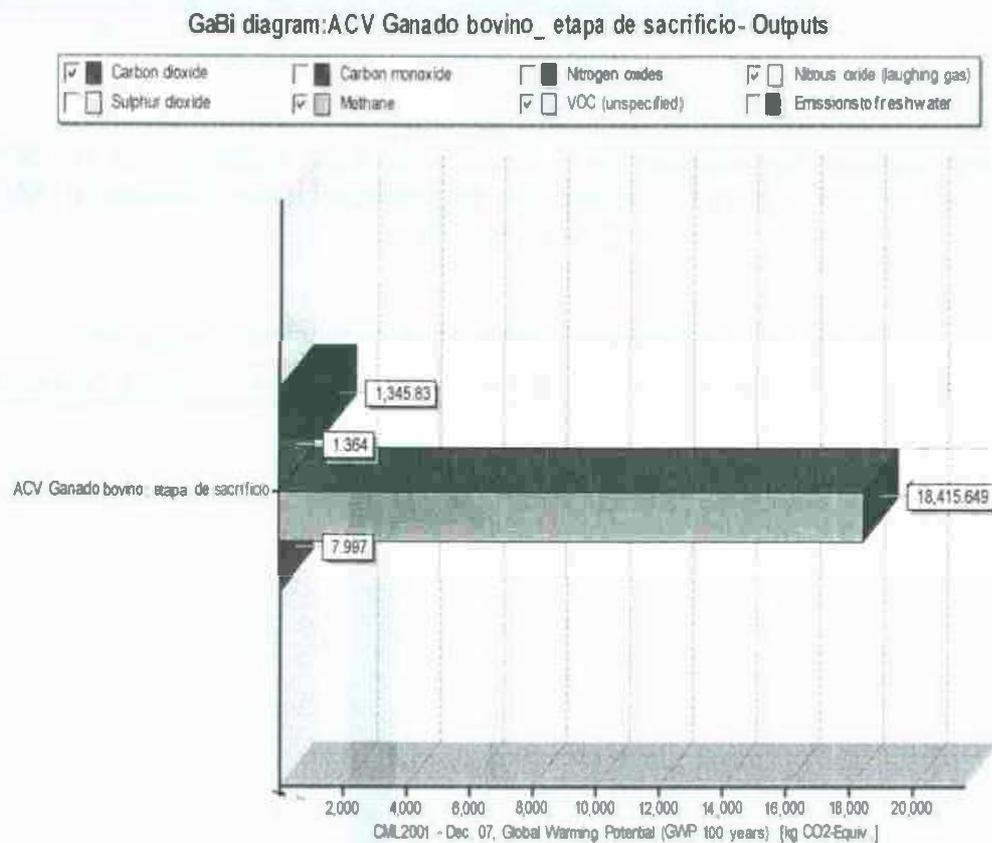


Figura 11. Resultado del análisis en el GaBi Education software de las emisiones al aire en el rastro en estudio que contribuyen al potencial de calentamiento global (Método CML 2001 Dec. 07).

GaBi diagram:ACV Ganado bovino_ etapa de sacrificio_ - Outputs

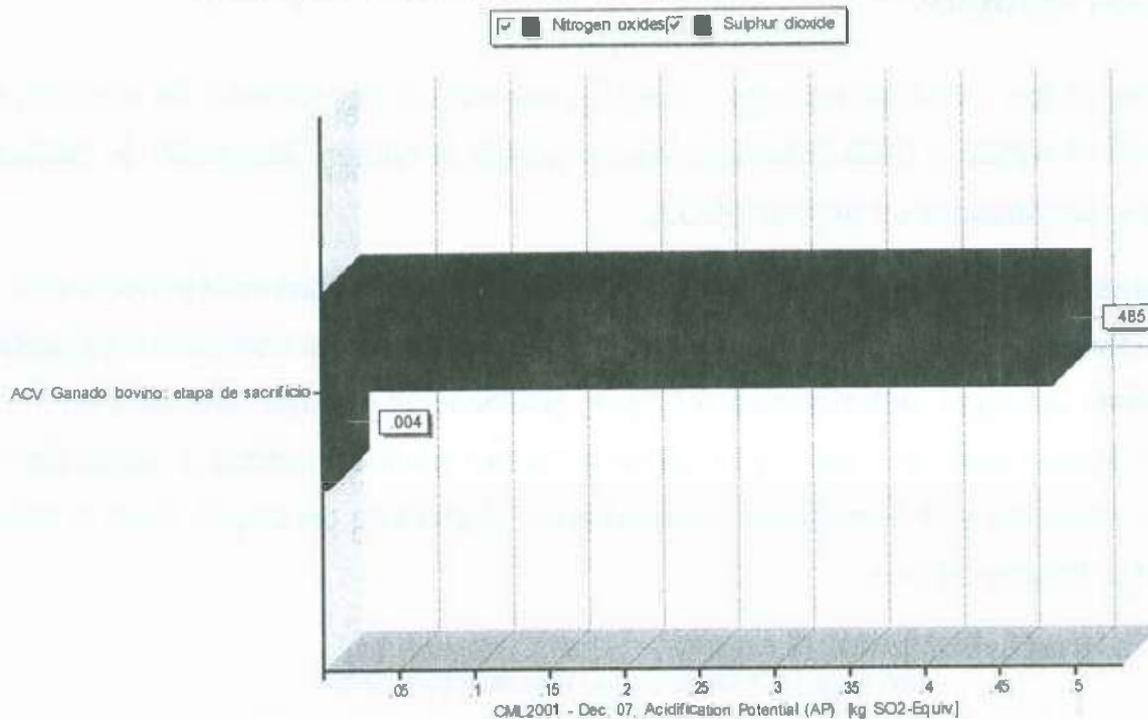


Figura 12. Resultados del análisis en el GaBi Education software de las emisiones al aire en el rastro en estudio que contribuyen al potencial de acidificación (Método CML 2001 Dec. 07).

GaBi diagram:ACV Ganado bovino_ etapa de sacrificio_ -Outputs

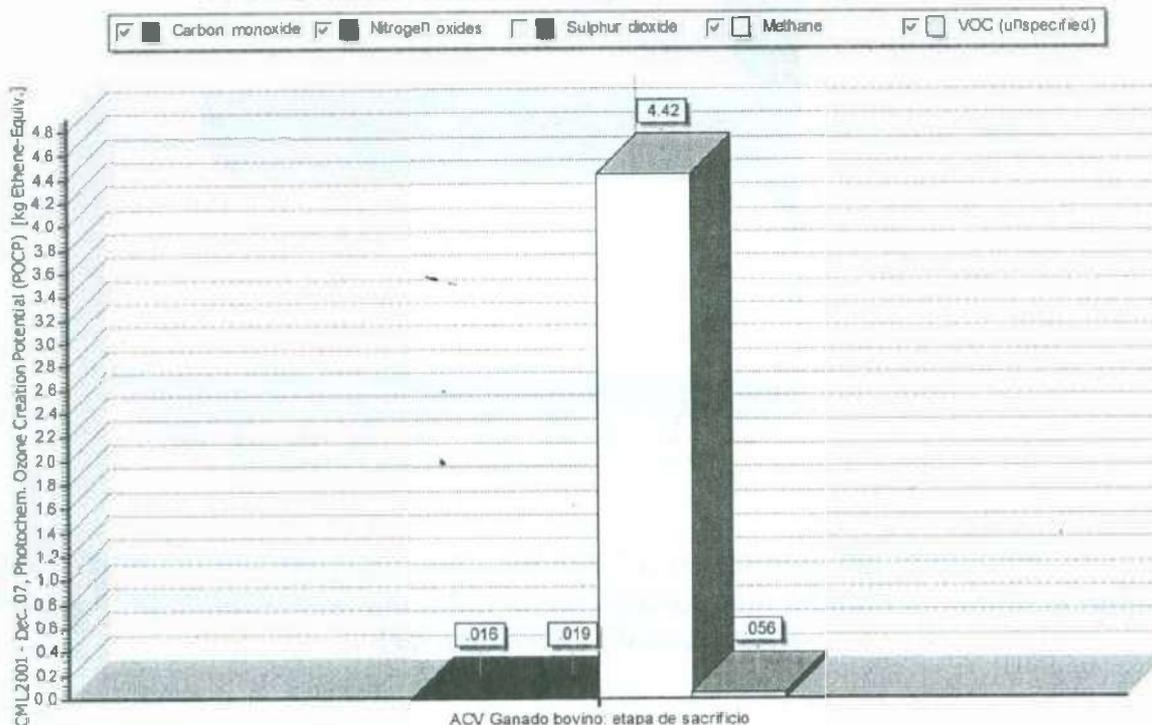


Figura 13. Resultado del análisis en el GaBi Education software de las emisiones al aire en el rastro en estudio que contribuyen al potencial de creación fotoquímica de ozono (Método CML 2001 Dec. 07).

GaBi diagram:ACV Ganado bovino_ etapa de sacrificio__ - Outputs

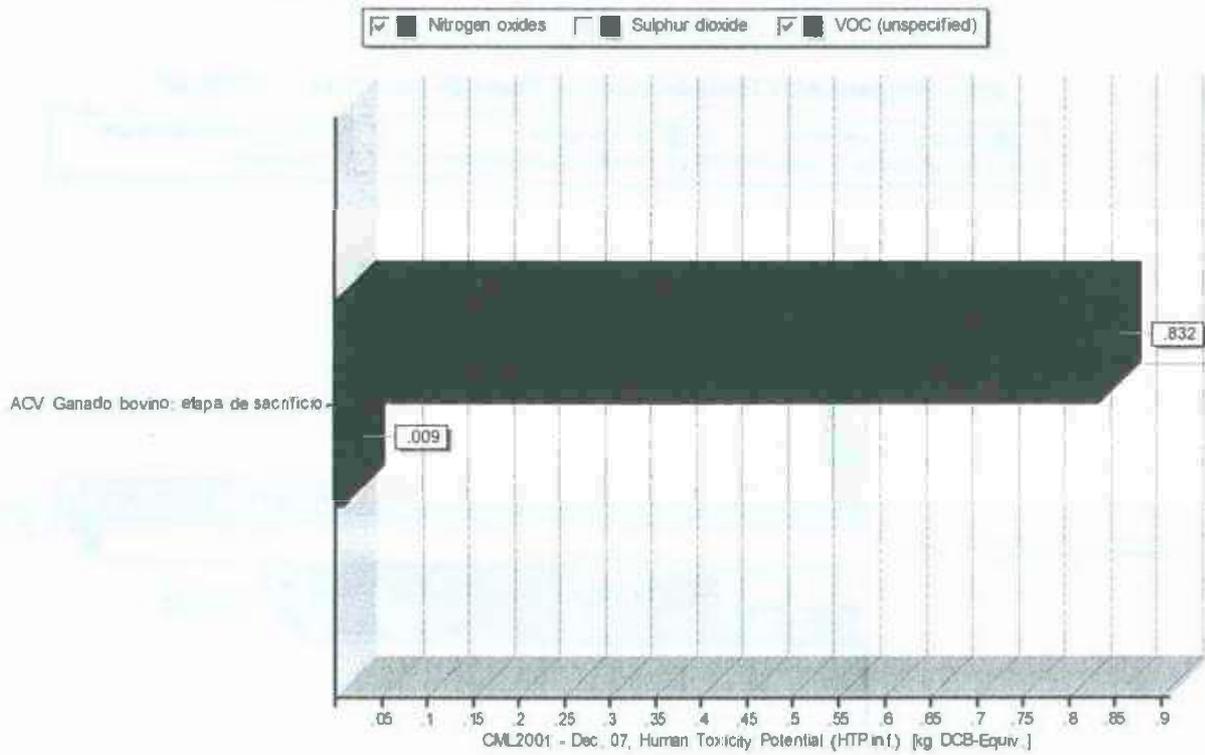


Figura 14. Resultado del análisis en el GaBi Education software de las emisiones al aire en el rastro en estudio que contribuyen al potencial de toxicidad humana (Método CML 2001 Dec. 07).

GaBi diagram:ACV Ganado bovino_ etapa de sacrificio - inputs

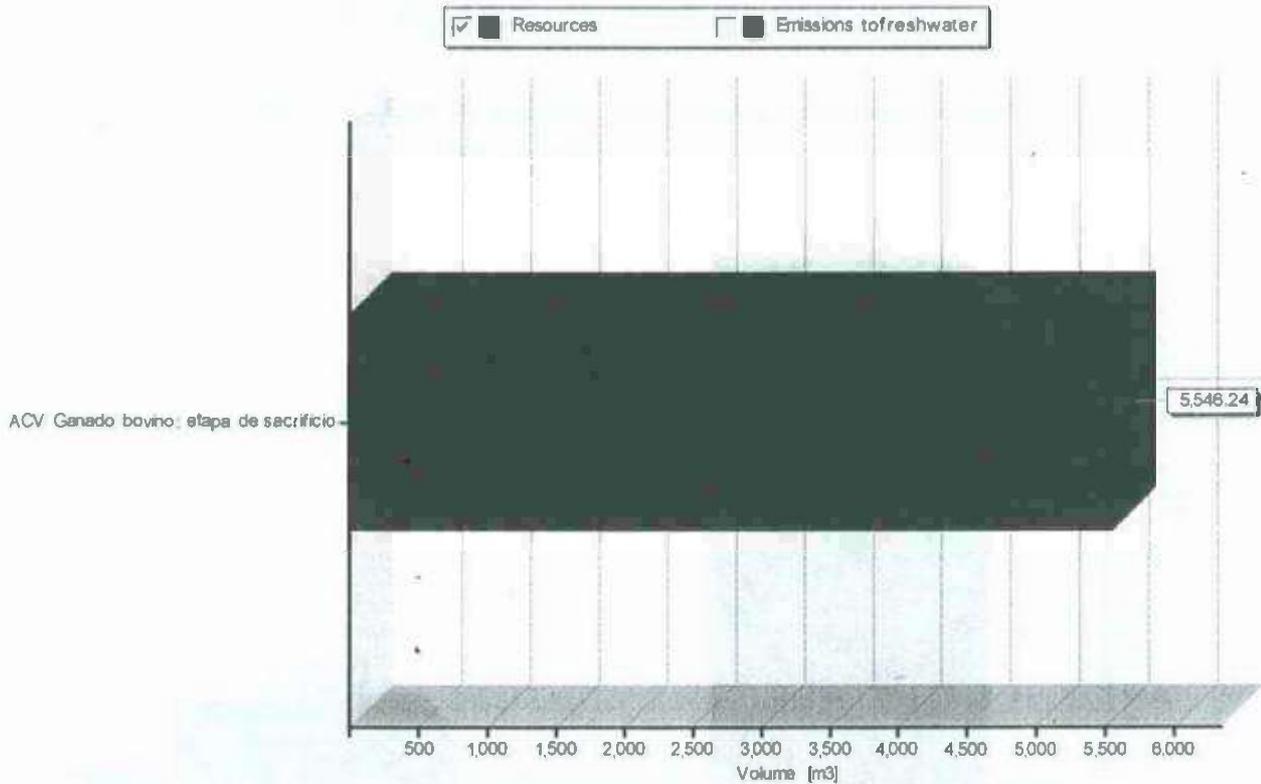


Figura 15. Resultados del análisis en el GaBi Education software del uso del agua en el rastro en estudio que contribuyen al agotamiento potencial del agua (Método CML 2001 Dec. 07).

GaBi diagram:ACV Ganado bovino_ etapa de sacrificio__ -Outputs

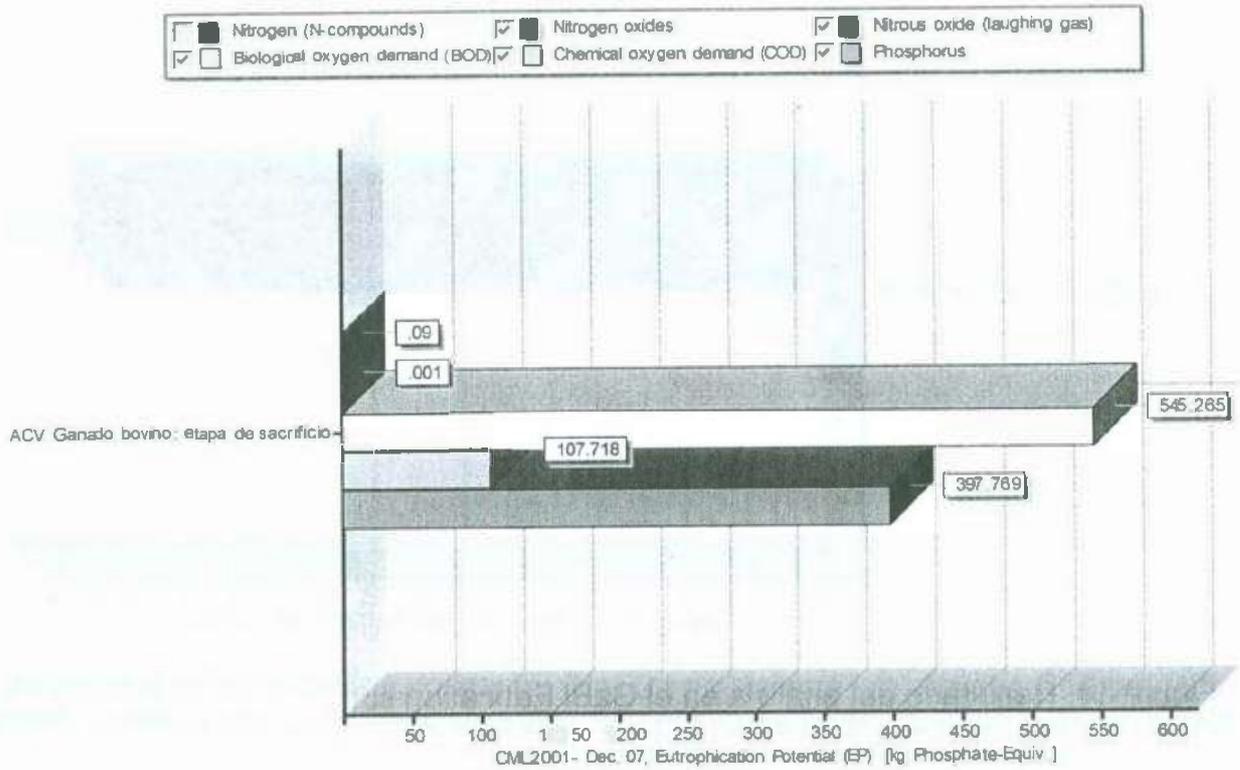


Figura 16. Resultados del análisis en el GaBi Education software de las emisiones a las aguas residuales analizadas en el rastro en estudio que contribuyen al potencial de eutrofización (Método CML 2001 Dec. 07).

GaBi diagram:ACV Ganado bovino_ etapa de sacrificio__ -Outputs

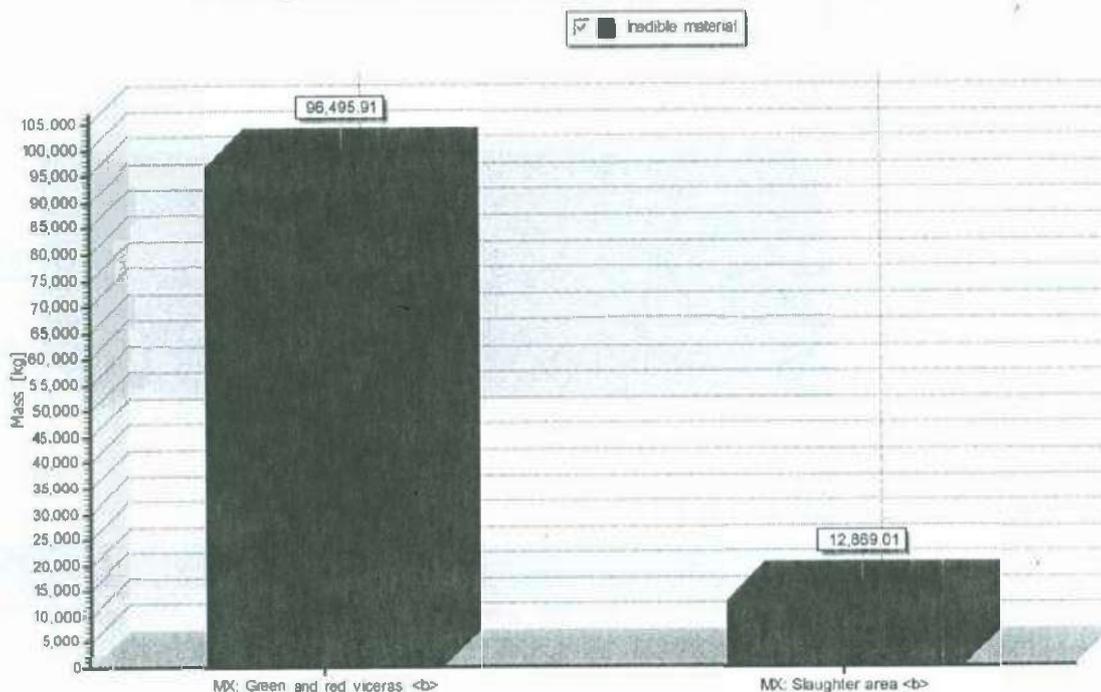


Figura 17. Resultado del análisis en el GaBi Education software de los sólidos orgánicos generados en el rastro en estudio.

A continuación se muestra en la tabla 13 los resultados de los impactos potenciales al ambiente generados por el proceso de sacrificio en el rastro en estudio.

Tabla 13. Resultados de los impactos potenciales al ambiente generados en el rastro TIF en estudio de acuerdo a los resultados del GaBi Education software utilizando el método CML2001 Dec. 07.

Potencial de Impacto	Emisión	Cantidad	% Del total de emisiones	Emisiones totales
Agotamiento del agua "m ³ "	Aguas residuales	5,546.24	100	5,546.24
Calentamiento Global "kg CO ₂ Equiv."	CH ₄	18,415.65	93	19,771
	CO ₂	1345.83	7	
	VOC	7.10	NS*	
	N ₂ O	1.36	NS*	
Eutrofización "kg Fosfato-Equiv."	DBO	545.265	52	1050.84
	Fosforo (P)	397.77	38	
	DQO	107.71	10	
	NO _{xy} N ₂ O	.091	NS*	
Acidificación "kg SO ₂ Equiv."	NO _x	0.485	92	0.52
	SO ₂	40E-03	8	
Creación fotoquímica de ozono "kg Etano-Equiv"	CH ₄	4.42	98	4.51
	COVs	0.056	1	
	NO _x	0.019	NS*	
	CO	0.016	NS*	
Toxicidad Humana "kg DCB Equiv."	NO _x	0.83	99	0.839
	COVs	0.009	1	

*NS- No significativo

6.8 Oportunidades para Mejorar los Aspectos Ambientales en la Etapa de Sacrificio del Ganado Bovino en el Rastro en Estudio

Una vez observado, caracterizado y evaluado el proceso de sacrificio en el rastro en cuanto a sus impactos ambientales se prosiguió a determinar las oportunidades de prevención de la contaminación.

6.8.1 Propuestas

6.8.1.1. Uso de Agua más Eficiente y Reducción de la Contaminación del Agua

Dado el alto consumo de agua y generación de aguas residuales se propone dar prioridad a la eliminación de los residuos sólidos contaminantes antes de que entren al flujo de aguas residuales. Esto se lograría colocando rejillas apropiadas y haciendo una limpieza manual con regularidad para evitar incrustaciones que dificulten el paso del efluente. Se propone también detener durante 15 minutos el proceso de sacrificio

para realizar una limpieza de las áreas de trabajo y así evitar que se acumulen los residuos de sangre y grasa en los procesos de producción para disminuir el uso del agua al final del proceso. Limpiar primeramente en seco los corrales y también durante el proceso de limpieza de las áreas de sacrificio, vísceras rojas y verde.

6.8.1.2. Tratamiento de las Aguas Residuales y Recuperación de la Sangre de los Animales Sacrificados.

Las trampas de sólidos no son lo suficientemente eficientes para disminuir la elevada carga orgánica de las aguas residuales, es por ello que se requiere de mejores métodos para tratar las aguas residuales. A continuación se describen 4 propuestas.

a) La sangre procedente del ganado sacrificado presenta una elevada carga orgánica, además es el principal contribuyente de nitrógeno en el efluente, lo cual ocasiona que las aguas residuales tengan una alta DBO y que contribuya significativamente al potencial de eutrofización o enriquecimiento de las aguas. Por lo tanto, es necesario mejorar el manejo de la sangre mediante su recolección hasta donde sea posible antes de que se mezcle con el agua. Se propone diseñar una artesa de 1 metro de ancho aproximadamente, donde la sangre del sacrificio sea vertida en ella y posteriormente que pase a un depósito recolector para su posterior procesamiento.

El nivel de la artesa o noria de sangre debe de tener cierta altura superior del nivel del piso para excluir la limpieza de agua durante la matanza. La artesana para la sangre debe de tener una superficie lisa impermeable, los materiales recomendados para la misma son: losas, acero inoxidable, hormigón liso, separar el desagüe de la noria de sangre, del desagüe del efluente.

b) Otra opción para evitar la contaminación del agua por la sangre del ganado es utilizar dos sistemas de drenaje por separado en el área de sacrificio (estación de desangrado). Uno que contenga una desembocadura hacia un tanque o pileta de recolección de sangre subterránea y el otro para el efluente del sistema. Si la sangre no es almacenada para su procesamiento industrial, es conveniente recogerla en un recipiente para mezclarla abundantemente con estiércol y preparar composta (abono orgánico) como fertilizante enriquecido, para uso en alimentos en piensos o para uso en la industria farmacéutica.

c) También se recomienda un proceso por biodigestión de los residuos y aguas residuales generadas en el rastro en estudio, ya que a partir de ellos puede obtenerse metano (biogás) que puede utilizarse como fuente de energía. Esto contribuirá a dar solución al problema del uso de energía fósiles sustituyéndolas por energías

renovables y reduciría la DBO de las aguas residuales considerablemente. Además, el uso de biogás para uso energético elimina a los patógenos (presentes en la sangre y residuos sólidos orgánicos) y produce material para utilizarse como fertilizante en suelos (Bonilla, 2007). El lodo resultante de la digestión anaeróbica contiene mayor contenido de nitrógeno que la composta el cual puede ser secado con filtros de arena o por presión, una vez seco puede ser empleado como fertilizante. El biogás puede utilizarse en sustitución del gas natural para calentar el agua en los procesos de producción o para generar energía eléctrica y por ende reducir los costos de energía del rastro. Existe la posibilidad de que los proyectos de biodigestores puedan ingresar al Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) en el marco de Protocolo de Kioto y obtener ingresos extraordinarios por la venta de bonos de carbono (por el uso de energías más limpias).

d) Otra opción es dejar las trampas de sólidos que ya existen pero modificar el sistema de tal manera que el agua residual se dirija a un tanque o fosa de sedimentación primaria en el que la mayoría de los sólidos suspendidos totales se depositan en el fondo. El lodo asentado al fondo del tanque puede dirigirse a un digestor para que ahí termine su tratamiento y estabilización química. Este digestor puede ser el mismo que se tuviera para manejar residuos o uno especializado para lodos de aguas residuales.

El agua del tanque de sedimentación se dirigiría a un tanque de aireación que a su vez se divide en varios tanques en donde las partículas y materia orgánica disueltas son estabilizadas por bacterias. El agua seguiría a un tanque de aclaramiento en lo que los sólidos ligeros y bacterias del proceso de aireación se asientan como lodos activados que son removidos constantemente por una bomba que los deposita de nuevo en el tanque de aireación. En esta fase el agua se encuentra lista para ser clorada previo a su disposición. El agua se almacena en un tanque que asegura el flujo constante al tanque de cloración, fase que es necesaria para garantizar que no contenga agentes patógenos.

Esto evitaría el retirar los lodos generados en las trampas de sólidos y que son vertidos en el contenedor, que generan malos olores y fauna nociva, además de que utilizan agua para poder removerlos.

6.8.1.3 Composta

También se propone utilizar los residuos sólidos consistentes en materia orgánica como composta, esta es una tierra vegetal que se forma por la degradación biológica

aeróbica de materia orgánica y que se utiliza como fertilizante natural en las prácticas agrícolas.

6.8.1.4 Consumo de Energía

Como se mencionó arriba también se pueden emplear los sólidos orgánicos para generar biogás. Asimismo se propone llevar a cabo un mantenimiento preventivo de los equipos y máquinas, para evitar paños de línea durante los procesos de producción, ya que además de consumir más energía eléctrica o gas natural se afecta a la calidad del producto.

Los equipos de cocimiento y calentamiento como los esterilizadores utilizados generan condensados que deben ser recuperados. Este condensado conserva parcialmente dos características principales.

- Energía calorífica que se manifiesta en una alta temperatura
- Agua limpia y tratada.

Ambas características le agregan valor económico al vapor condensado, ya que significaron un costo operativo importante en la generación de vapor. Por este motivo su aprovechamiento representa una oportunidad de ahorrar dinero mediante la instalación de tuberías que retornen el vapor condensado al tanque de alimentación de la caldera. De esta manera la temperatura del agua alimentación se eleva al mezclarse con el agua caliente, reduciendo la demanda de combustible para llevarla hasta el estado de vapor; además el volumen necesario de agua fresca disminuye. Esto reduce el consumo de combustible y por ende el costo de operación de la generación de vapor, reduciendo también el consumo de agua.

En la tabla 14 se presenta de forma resumida la problemática actual del rastro en estudio y las propuestas de prevención de la contaminación descritas anteriormente.

Tabla 14. Propuestas de prevención de la contaminación para mejorar el desempeño ambiental en el caso de estudio.

Problemática actual	Propuesta
Uso y contaminación del agua	Instalar mecanismos para hacer el uso de agua más eficiente, lavar en seco Recuperar la sangre de los animales sacrificados y biodigestor. Mejorar el tratamiento de las aguas residuales.
Uso de energía a partir de fuentes no renovables (gas natural)	Uso del estiércol, residuos orgánicos y sangre como fuente de energía a través de biodigestores
Residuos Sólidos	Mejorar la gestión para evitar malos olores y fauna nociva, utilizándola para hacer composta.
Consumo de los recursos	Retorno de Condensados, limpieza en seco de los procesos de producción.

7. ANÁLISIS

7.1. Evaluación de los Impactos

7.1.1 Calentamiento Global

En la etapa de sacrificio las emisiones que contribuyen al efecto invernadero son el CO₂, CH₄, N₂O y COVs, con un total de 19,771 kg CO₂ equiv. La emisión que tiene mayor contribución a este efecto es el CH₄ con el 93 % de las emisiones totales y después el CO₂ con el 7 %. Las emisiones de N₂O y COVs no tienen un impacto significativo. Las emisiones de CH₄ son mayores ya que el factor de caracterización del metano es de 25, lo que significa que el CH₄ contribuye 25 veces más al calentamiento global que el CO₂ en una ventana de tiempo de 100 años.

Las emisiones de CH₄ (18, 415.65 kg CO₂-Equiv) se derivan de la fermentación entérica y de las excreciones del ganado, así como del uso del gas natural como fuente de energía en el rastro. La fermentación entérica es parte del proceso digestivo normal de los bovinos durante la digestión y este puede ser exhalado o eructado también por el animal. Son varios factores los que afectan las emisiones de CH₄ por la fermentación entérica y el estiércol, todos ellos están relacionados con la dieta del ganado. Mejorar la dieta en cuanto a su digestibilidad por parte del animal y recuperar el CH₄ serían las alternativas para reducir el impacto ambiental en el rastro de estudio debido a estas emisiones.

Las emisiones de CO₂ (1345.83 kg CO₂-Equiv) ocurren por el uso de energías fósiles (gas natural y energía eléctrica) en los procesos de producción. Estas podrían disminuir considerablemente si se aplicaran las propuestas descritas en el capítulo de resultados sustituyendo la energía obtenida a partir de combustibles fósiles por energía más limpia obtenida a partir de fuentes renovables. En este caso la obtención de energía mediante un proceso de biodigestión a partir de la materia orgánica generada como subproducto en el rastro sería una buena opción recomendable.

7.1.2. Agotamiento de agua y Eutrofización del agua

Este rastro hace uso de grandes cantidades de agua directa e indirectamente, (1.58 m³ por unidad funcional y alrededor de 6846.14 m³ al mes), esta se utiliza en el lavado del ganado en pie, de las canales antes de ser almacenadas, de los co-productos (vísceras verdes, vísceras rojas, cabeza, piel), durante el proceso de escaldado de patas y panza (menudo), en la esterilización de las herramientas y el equipo de trabajo (cuchillos, chairas, sierras, desolladoras, etc.), así como durante el proceso de limpieza. Lo anterior genera grandes cantidades de agua residual con un alto valor de

DBO debido a su contenido de sangre, grasa, manteca, pelo, excremento, orines (Arvanitoyannis I. y Ladas D. 2008). Además, los productos químicos que se utilizan tanto en los procesos de producción como en el proceso de limpieza proporcionan un alto valor de DQO al agua residual. Esto contribuye a la eutrofización de las aguas que es el aumento de nutrientes en un cierto lugar impidiendo que la luz del sol llegue a profundidades más bajas, disminuyendo la fotosíntesis donde se produce menos oxígeno y resultando en un acelerado crecimiento de algas, además, el oxígeno se requiere para la descomposición de algas muertas. Ambos efectos causan la disminución de concentración de oxígeno en el agua, lo cual permite eventualmente la muerte de los peces y se genera sulfuro de hidrógeno (H_2S) y CH_4 por la descomposición anaeróbica, lo que produce malos olores y la destrucción del ecosistema (Manual para el Análisis de Ciclo de Vida, 2009).

Las emisiones que contribuyeron en este impacto fueron el contenido de fósforo (P), nitrógeno (N), materia orgánica (DBO) y productos químicos (DQO) que se utilizaron como referencia para determinar la calidad física, química y biológica del agua según la NOM-001-SEMARNAT-1996 y cuyos valores fueron convertidos a "kg Phosphate-Equiv." El total de emisiones que contribuyen al potencial de eutrofización fue de 1250.27 $kgPO_4^{3-}$ Equiv. El parámetro que contribuye en mayor medida al potencial de eutrofización es el DBO con el 52%, seguido del P con 38% y por último la demanda química de oxígeno con 10%. Cuando el animal es sacrificado pierde alrededor de 15 litros de sangre, la cual es un efluente con una elevada materia o carga orgánica provocando la contaminación o degradación del agua mediante la reducción de los niveles de oxígeno que requieren los organismos acuáticos para sobrevivir (Berkowitz, 1998; Carawan and Pilkington, 1986, citado en Baldwin, 2009, p.26). En general, los efluentes de la etapa de sacrificio aumentan los niveles de N, P, sólidos y DBO de los cuerpos receptores de agua que puede dar lugar a la eutrofización (Benka-Coker & Ojior, 1995, citados por Arvanitoyannis & Ladas, 2008, p. 544). La tabla 15 muestra la comparación de los parámetros de calidad química y biológica de las aguas residuales generadas en el rastro con los parámetros dictados por la NOM-001-SEMARNAT-1996 y con los de la guía medio ambiente, salud y seguridad de los procesos cárnicos de la Corporación Financiera Internacional (CFI, 2007).

residual obtenidas en el caso estudio con los límites máximos permisibles que indica la NOM-001-SEMARNAT-1996 y con la guía medio ambiente, salud y seguridad de los procesos cárnicos de la CFI.

Parámetro	Unidad	Guía IFC-WBG	Límites legales NOM-001-ECOL-1996	Agua residual del rastro (Promedio)
pH	pH	6-9	5.5-10	7.65
DBO ₅	mg/l	50	60	357.5
DQO	mg/l	250	-	706
Nitrógeno Total	mg/l	10	25	545.90
Fosforo Total	mg/l	2	10	16.09
Grasas y aceites	mg/l	10	-	-
Sólidos suspendidos totales	mg/l	50	60	1266.50
Temperatura	°C	<3 ^o	40	30.06

Como se observa los únicos parámetros que están dentro de la NOM-001-SEMARNAT-1996 y de la guía de la CFI son el pH y la temperatura, los demás están muy por encima de los límites máximos permisibles dictados por la norma y la guía. Esto significa que evidentemente las trampas de sólidos no son suficientes para disminuir la carga orgánica de las aguas residuales y que se requieren de otros métodos para disminuirla y evitar la contaminación.

Herrero (2009) argumenta que el agua en la mayoría de las partes del mundo es un recurso libre y a bajo costo. Esto debe de ser revisado a más profundidad para proteger este crucial recurso natural y los ecosistemas que en el habitan. En Sonora existe una gran escasez de agua, por lo tanto al optimizar el uso de agua y el tratamiento de las aguas residuales y el reúso de las mismas en el proceso, disminuiría el impacto que tiene al ambiente tanto por su uso como por la inadecuada gestión. Actualmente las aguas residuales se van al drenaje municipal y no están cumpliendo con la norma provocando eutrofización de las aguas y un potencial daño a la salud pública. Es por esto que en el rastro de estudio se debe mejorar la manera que son gestionados las aguas residuales.

7.1.3. Lluvia Acida

Las emisiones que contribuyen a la lluvia acida son NO_x y SO₂, generados a partir del uso de gas natural como fuente de energía en el rastro. Las emisiones que generan este impacto son convertidas a "kg SO₂ –Equiv.", el total de emisiones fueron de 0.52 kg SO₂ –Equiv. Donde el NO_x contribuye con el 92 %. Aunque el total de emisiones se podría decir es pequeño se debe mejorar el sistema de operación de la caldera poniendo controles para este tipo de gases y evitar que se emitan al ambiente o el utilizar fuentes de energía renovables más limpias tales como biodigestores. La acidificación de suelos y aguas ocurre mayormente a través de la transformación de

los contaminantes (SO_2 y el NO_x) del aire en ácidos (H_2SO_4 y HNO_3). Esto da lugar a una disminución del valor del pH de la lluvia de 5.6 a 4 provocando daños a los ecosistemas, tales como la muerte de los bosques, manchado de edificios, monumentos, entre otros (Manual para el Análisis de Ciclo de Vida, 2009).

7.1.4. Creación Fotoquímica de Ozono

Las emisiones de CH_4 , COVs, NO_x y CO generadas a partir del uso de gas natural como fuente de energía y de las actividades de limpieza en el rastro contribuyen al potencial de creación fotoquímica de ozono. La cantidad de emisiones de estos contaminantes fueron convertidas por el GaBi software a "kg Etano-Equiv." El total de emisiones que generan el potencial de creación fotoquímica de ozono fue de 4.51 kg Etano-Equiv, donde el CH_4 contribuye con el 98 % y los COVs con 1 %. Las emisiones de NO_x y CO no tienen un impacto significativo.

El ozono juega un rol de protección en la estratósfera, pero el ozono troposférico es clasificado como perjudicial. La producción fotoquímica de ozono en la tropósfera, es sospechoso de dañar la vegetación, además que altas concentraciones de ozono son tóxicas para el ser humano. La radiación del sol y la presencia de NO_x e hidrocarburos incurren en una reacción química compleja, produciendo una agresiva reacción, de la cual se forma el ozono. El óxido de nitrógeno por sí solo no causa altos niveles de concentraciones de ozono.

7.1.5 Toxicidad Humana

El método para la evaluación del impacto del potencial de toxicidad esta aun en parte de desarrollo y tiene el objetivo de evaluar y estimar impactos negativos a la salud del ser humano.

Para este caso de estudio las emisiones que generan este potencial fueron convertidas a "kg DCB-Equiv." y son generadas a partir de la quema de gas natural, las cuales son NO_x y COVs, donde el 99% de un total de 0.84 kg DCB-Equiv son las emisiones de NO_x que tienen el potencial de repercutir en la salud de la población mediante problemas respiratorios, irritación en los ojos, cansancio nauseas.

7.1.6 Residuos Sólidos

La industria de la carne además de generar aguas residuales y contribuir a la emisión de gases de efecto invernadero entre otros impactos. También contribuye en gran medida a la generación de residuos sólidos. El gerente de vísceras del rastro en estudio informo que las dos canales que se derivan de un animal en pie deben de ser alrededor del 65 % del peso del animal antes de ser sacrificado. Esto concuerda con el

peso derivado en el balance de masa para obtener la unidad funcional para este caso de estudio. En la tabla 11 de los resultados se observa que se generan alrededor de 42 kg de residuos sólidos que son reprocesados y 25 kg residuos sólidos que no son reprocesados por unidad funcional (299.5 kg). Los residuos sólidos no reprocesados que son recolectados en un contenedor que esta fuera de la planta, son gestionados de una manera ineficiente ocasionando malos olores, fauna nociva, así como uso de suelo. La gestión de ellos para que sean aprovechados para producir biogás y sustituir el uso de energías fósiles por energías más limpias, fue descrita en el capítulo de resultados.

7.2. Comparación con Otras Investigaciones

Un análisis de ciclo de vida además de identificar y evaluar impactos al ambiente de todo el ciclo de vida de un producto o servicio, sirve para comparar productos o servicios que tienen la misma función o finalidad. La literatura al respecto en la etapa de sacrificio es escasa, aun así se compararon dos ACV de carne de cerdo con el ACV de carne bovina del caso en estudio.

En Dinamarca se llevó a cabo un ACV de carne de cerdo de la cuna a la tumba donde la unidad funcional fue de 1 kg de carne de cerdo de canal. Los impactos a evaluar fueron el potencial de calentamiento global, de las diferentes etapas del proceso y la contribución de potencial de eutrofización. Las fases del ACV evaluadas fueron: la producción de granos para alimento del ganado, actividades en la granja porcina, proceso de sacrificio y transporte después del sacrificio. Las emisiones totales que contribuyeron a los gases de efecto invernadero por un 1 kilo de cerdo fue de 3.6 kg CO₂ eq. Para poder realizar la comparación con este estudio se cambió la unidad funcional a 1 kg de carne bovino, ya que la unidad funcional puede ser re-calculada para fines de comparación de ACV entre diferentes estudios (Vries., 2009). En la tabla 16 se muestran las comparaciones entre el estudio de Dinamarca y el presente estudio.

Tabla 16. Comparación entre el ACV de carne de cerdo en Dinamarca y el ACV realizado para el rastro en estudio.

Casos de estudio	kg CO ₂ eq./unidad funcional*	g NO ₃ eq./unidad funcional**
Caso rastro de Dinamarca	0.17	-0.4
Caso rastro TIF	0.015	7.44

Unidad funcional: *1 kg de carne de cerdo y **1 kg de carne de bovino.

Las emisiones de $\text{kg CO}_2 \text{ eq /unidad funcional}$, son mucho mayores en el caso de Dinamarca comparado con el de rastro de estudio. Esto puede deberse a que en el rastro de Dinamarca se evaluó también el transporte del ganado desde la granja hasta el rastro (80 km). En cuanto al potencial de eutrofización el rastro de Dinamarca contribuye con $-0.4 \text{ g NO}_3 \text{ eq./unidad funcional}$, siendo reportada como negativa porque los sub-productos del animal son usados como alimento sustituyendo los granos. En el caso de estudio las emisiones que contribuyen a la eutrofización potencial fueron de $7.44 \text{ g NO}_3 \text{ eq./unidad funcional}$, esto debido a la gran cantidad de materia orgánica (sangre, grasa, manteca) contenida en las aguas residuales. Donde los parámetros de DBO, DQO, P, N y sólidos suspendidos totales sobrepasan los límites legales que dicta la NOM-001-SEMARNAT-1996. Es por ello que se requiere mejorar la forma en que se gestionan estos residuos y las aguas residuales en el rastro en estudio.

Otro ACV para la producción de carne de cerdo es el realizado por Cederberg (2003). En este la unidad funcional fue de 1 kg de carne de cerdo libre de hueso, con un alcance de la cuna a la tumba y en el cual se dividió el sistema de producción en 6 sub-sistemas: producción en la granja, transporte al sacrificio, sacrificio (rastro), empaque (incluyendo el tratamiento de los residuos), distribución al mercado y consumidor. El impacto que se evaluó fueron los gases que contribuyen al efecto invernadero en $\text{g CO}_2 \text{ Equiv/kg carne libre de hueso}$. El total fue de $4.8 \text{ kg de CO}_2 \text{equiv}$. Los resultados indican que casi el 90 % de los gases de efecto invernadero fueron emitidos en la granja (ver figura 17). En el proceso de sacrificio se emitieron $0.2 \text{ kg de CO}_2 \text{equiv}$. Además se evaluaron los NO_x derivados de los procesos naturales ocurridos en el suelo cuando el estiércol y fertilizantes son transformados en tierra arable. La emisión más importante fue el CH_4 debido a la gestión del estiércol. Estas dos últimas emisiones se reportan únicamente en la granja.

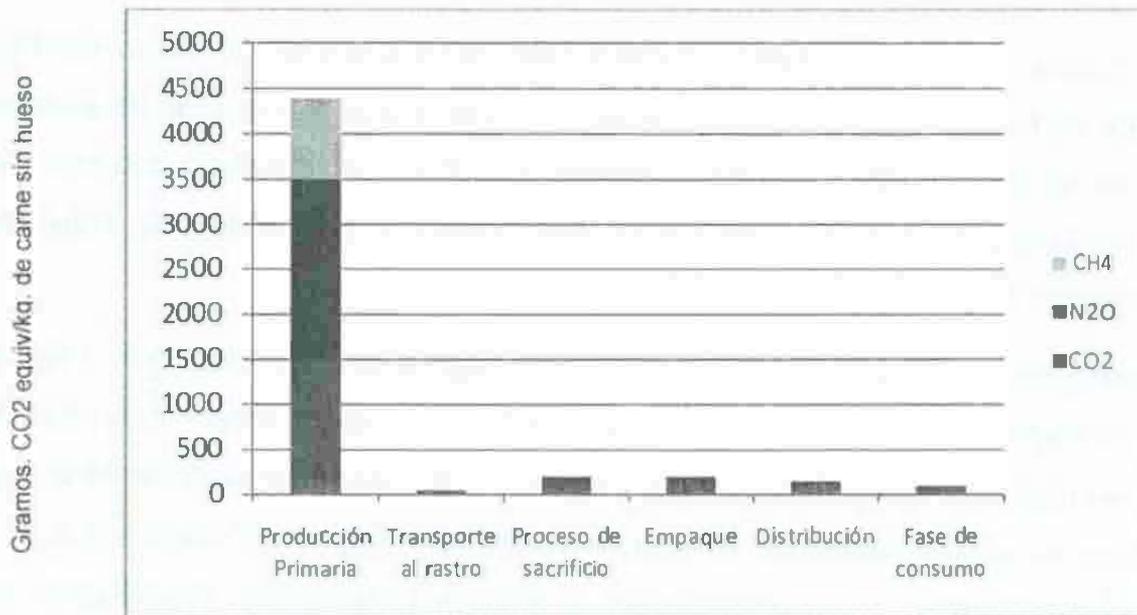


Figura 16. Emisiones de gases de efecto invernadero en un ACV de 1 kg de carne de cerdo libre de hueso.

Para poder comparar las emisiones de gramos CO_2 equivalente del rastro en estudio con el caso de estudio de Cederberg se recalcularon los insumos y emisiones del rastro en estudio para una unidad funcional de 1 kg de carne con hueso. En la figura 18 se muestran los resultados.

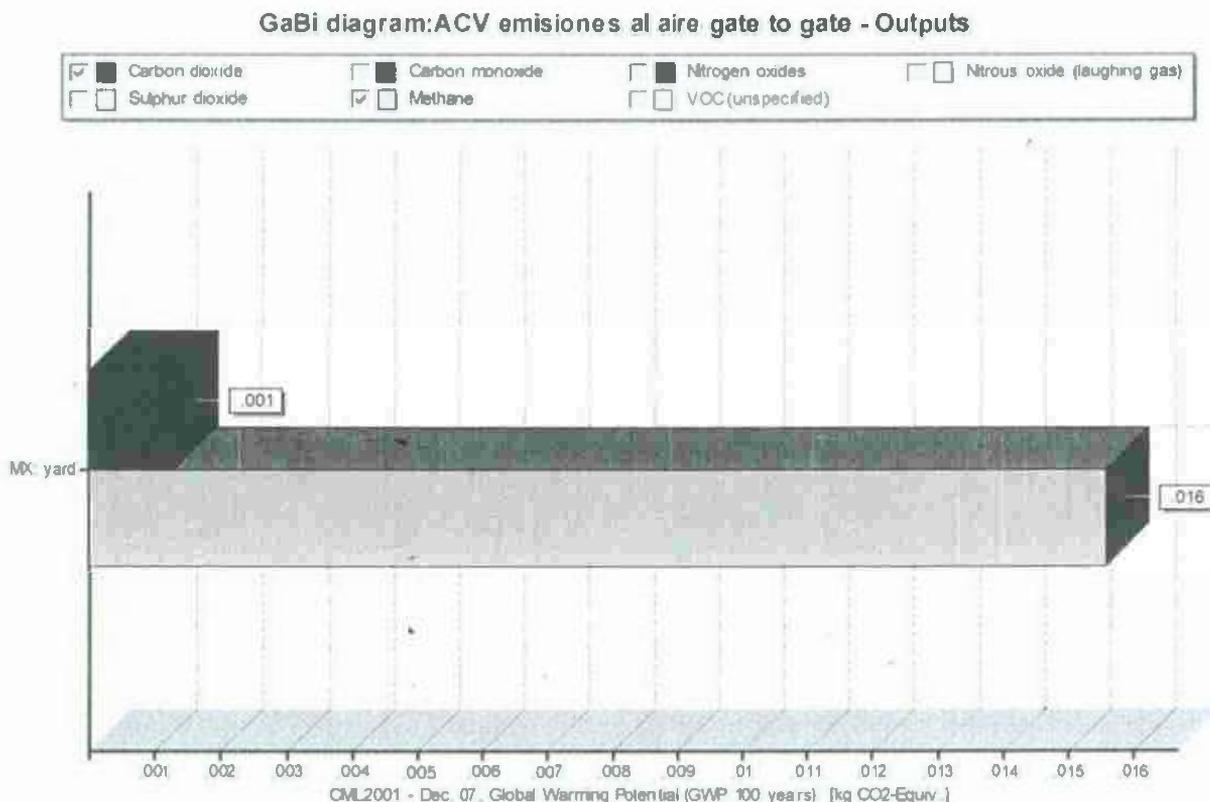


Figura 17. Emisiones de gases de efecto invernadero de 1 kg de carne de bovino libre de hueso del rastro en estudio.

En el rastro en estudio se generan 41 gramos CO_2 equiv por 1 kilo de carne de bovino sin hueso, este valor es mucho menor que el obtenido en el estudio realizado por

Cederberg (2003), donde se emitieron alrededor de 200 gramos de CO₂equiv de 1 kg de cerdo libre de hueso. Esta diferencia puede atribuirse a que el consumo de energía es mayor en el estudio de Cederberg debido a que en el sacrificio también se deshuesa ocasionando que se utilice más electricidad y por ende hay mayores emisiones de este contaminante al ambiente.

En una investigación realizada por Vries (2009) se llegó a la conclusión que 1 kg de carne bovina requiere mayor uso de suelo y energía y tiene un mayor potencial de calentamiento global que la producción de 1 kg de cerdo. Algo a considerar es que el ganado bovino es más heterogéneo (diferentes razas) que el ganado porcino que es a menudo más homogéneo. Otros impactos en el ambiente radican en la utilización de nutrientes y energía en los alimentos, diferencias en las emisiones de CH₄ entre cerdos y bovinos y diferencias en las tasas de reproducción.

CONCLUSIONES

Los datos generados en este estudio permitirán a la empresa utilizarlos como una línea base para mejorar su desempeño ambiental.

Además el llevar a cabo un ACV ayudó a identificar las oportunidades de prevención de la contaminación las cuales contribuyen a la optimización de los recursos.

Los datos que proporciona un Análisis de Ciclo de Vida son útiles para una estrategia de mercado, pudiéndose utilizar en una ecoetiqueta la cual funciona como una señal extrínseca mediante la cual el consumidor percibe la calidad de la carne considerando sus procesos de producción.

El proceso estudiado hace uso de importantes cantidades de un recurso natural (agua) el cual se desecha al ambiente con una alta carga de contaminantes, donde el agua es un bien natural de propiedad común y escasa en la región.

Además esta investigación concuerda con otras investigaciones donde el principal impacto en la etapa de sacrificio es la contaminación del agua. Por lo tanto es imperativo el aplicar un tratamiento a las aguas residuales generadas en los procesos de producción y de limpieza. Ya que además de contribuir a la eutrofización de las aguas es un potencial impacto a la salud pública. Por lo tanto si se mejora el tratamiento de las aguas residuales están siendo amistosos con el medio ambiente y disminuyendo o eliminando el potencial impacto a la salud pública (sociedad) siendo estos dos de los pilares del desarrollo sustentable.

RECOMENDACIONES

El presente ACV se llevó a cabo en un rastro TIF en Sonora con la finalidad de identificar oportunidades de mejorar aspectos ambientales. Sin embargo, esta herramienta también puede utilizarse para evaluar los aspectos de salud y seguridad ocupacional de los procesos de producción. Es por ello que se recomienda llevar a cabo un ACV enfocado a la salud y seguridad ocupacional, ya que durante el tiempo que se llevó a cabo este estudio se detectó riesgos ocupacionales en los procesos de producción.

El estado de Sonora es uno de los principales estados productores de carne de bovino en el país, por lo tanto, se recomienda llevar a cabo un ACV donde se evalúen todas las etapas del sistema de producción de la carne de bovino (de la cuna a la tumba), es decir, desde el pie de cría, praderas, corrales de engorda, rastros, sala de corte, almacén y distribución. La carne producida en este estado es reconocida por su buena calidad en comparación con otras regiones de México, por lo que el identificar y evaluar el desempeño ambiental del sistema de producción de carne de bovino en esta región permitiría implementar mejoras en sus aspectos ambientales y colocarían a este producto en una posición más ventajosa considerando las tendencias en cuanto a la sustentabilidad de los alimentos. Esto también podría apoyar en la elaboración e implementación de una etiqueta Verde que podría usarse como estrategia de mercado haciendo la diferencia en el mercado actual mexicano.

En base a los resultados de este estudio se recomienda actualizarlos pliegos de condiciones de uso de la marca oficial México Calidad Suprema para la carne de bovino. Estos pliegos garantizan la inocuidad de los procesos y productos, pero no hace mención respecto a cuestiones ambientales y de salud ocupacional que son principios esenciales en la cadena de suministros de alimentos sustentables. En beneficio del ambiente, de la salud y de la industria cárnica.

Este ACV identificó y cuantificó las emisiones generadas durante el sacrificio del ganado bovino para la producción de carne MCS y de ese modo se determinó el potencial de impacto ambiental. Mediante otras metodologías, por ejemplo, la Emergia pueden evaluarse también los insumos que son utilizados en el proceso de sacrificio. La emergia es la energía disponible de un solo tipo que ya ha sido utilizada directa o indirectamente en cada paso para hacer un producto o proporcionar un servicio (Odum, 1996).

1. Baldwin, C. ed. (2009). *Sustainability in the Food Industry*. 1st ed. United States, Wiley-Blackwell.
2. Becker Tilman., (2000) "Consumer perception of fresh meat quality: a framework for analysis" en *British Food Journal*. Vol. 02, No 3. 2000, pp 158-176.
3. Bello A. L y Calvo D.D. (2000) "The importance of intrinsic and extrinsic cues expected and experienced quality: an empirical application for beef", en *Food Quality and Preference*. Vol.11. 2000 pp 229-238.
4. Berkowitz D, (1998) "Industria Alimentaria" en *Enciclopedia de la salud y seguridad en el trabajo*. Cuarta Edición., pp 67.1-67.35
5. Consejo Nacional Agropecuario (2010) Consultado el 26 de Septiembre del 2010: <http://www.cna.orq.mx/>
6. Fisher C., y Carvajal R., (2008). "What is natural?" en *Foodtechnology*, 2008, pp 24-31.
7. Foro Global Agroalimentario (2010) Consultado el 26 de Septiembre del 2010: <http://www.fqa.org.mx/>
8. Gallardo J.L. (2004) Situación Actual y perspectiva de la producción de carne bovino en México 2004. Consultado el 04 de Junio del 2010. Pagina Web de la coordinación general de Gradería en: <http://www.sagarpa.gob.mx/Dgq>.
9. Gallardo J.L. (2006) Situación Actual y perspectiva de la producción de carne bovino en México 2006. Consultado el 04 de Septiembre del 2010. Pagina Web de la coordinación general de Gradería en: <http://www.sagarpa.gob.mx/Dgq>.
10. Grunert K. y Bredahl L. (2004) "Consumer perception of meat quality and implications for product development in the meat sector- a review" en *Meat Science*. 66, 2004, pp 259-272.
11. Hand Book for Life Cycle Assesment (LCA). (2009). Consultado el 14 de Julio 2010, University of Stuttgart pagina web:

13. Mattson, B. and Sonesson, U eds. (2003) *Environmentally-friendly food processing*. 1st ed. Woodhead Publishing Limited.
14. México Calidad Suprema y La Asociación Civil, (n.d). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), México Calidad Suprema y Secretaría de Economía (SE).
15. Myers Melvin L. (1998) "Ganadería y cría de animales" en *Enciclopedia de la salud y seguridad en el trabajo*. Cuarta Edición., pp 70.2-70.26.
16. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, (2009) "El estado mundial de la agricultura y la alimentación". Roma. Disponible en Internet desde: <http://www.fao.org/corp/publications-corp/es/> (Accesado el día 3 de Junio 2010).
17. Organización Mundial de la Salud y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2009) "Higiene de los Alimentos" Cuarta Edición. Roma, 2009. Disponible en Internet desde: <http://www.fao.org/corp/publications-corp/es/> (Accesado el día 3 de Junio 2010).
18. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, (2009) "El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo". Roma. Disponible en Internet desde: <http://www.fao.org/corp/publications-corp/es/> (Accesado el día 3 de Junio 2010).
19. PC-003-2002 Pliego de Condiciones para el Uso de la Marca Oficial México Calidad Suprema en Carne de Bovino. SAGARPA, BANCOMEXT, SE.
20. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (2010) Consultado el 03 de Junio del 2010:<http://www.senasica.gob.mx/?id=743>
21. Verbeke, Wim; (2000) "Influences on the consumer decision-making process towards fresh meat. Insights from Belgium and implications" en *British Food Journal*. Vol. 102. No. 7, 2000, pp 522-538.

ANEXOS

Anexo A. Pliego de condiciones de Uso de la Marca Oficial México Calidad Suprema.

1. **NOM-004-ZOO-1994**, Grasa, hígado, músculo y riñón en aves, bovino, caprino, cérvidos, equinos, ovinos y porcinos, Residuos tóxicos. Límites máximos permisibles y procedimientos de muestreo.
2. **NOM-008-ZOO-1994**, Especificaciones zoosanitarias para la construcción y equipamiento de establecimientos para el sacrificio de animales y los dedicados a la industrialización de productos cárnicos.
3. **NOM-009-ZOO-1994**, Proceso sanitario de la carne.
4. **NOM-012-ZOO-1993**, Especificaciones para la regulación de productos químicos, farmacéuticos, biológicos y alimenticios para uso en animales o consumo por éstos.
5. **NOM-018-ZOO-1994**, Médicos veterinarios aprobados como unidades de verificación facultados para prestar servicios oficiales en materia zoosanitaria.
6. **NOM-019-ZOO-1994**, Campaña Nacional contra la Garrapata (*Boophiluspp*).
7. **NOM-024-ZOO-1995**, Especificaciones y características zoosanitarias para el transporte de animales, sus productos y subproductos, productos químicos, farmacéuticos, biológicos y alimenticios para uso en animales o consumo por éstos.
8. **NOM-025-ZOO-1995**, Características y especificaciones zoosanitarias para las instalaciones, equipo y operación de establecimientos que fabriquen productos alimenticios para uso en animales o consumo por éstos.
9. **NOM-031-ZOO-1995**, Campaña Nacional Contra la Tuberculosis bovina (*Mycobacterium bovis*).
10. **NOM-033-ZOO-1995**, Sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres.
11. **NOM-041-ZOO-1995**, Campaña Nacional contra la Brucelosis en los animales.
12. **NOM-051-ZOO-1995**, Trato humanitario en la movilización de animales.
13. **NOM-054-ZOO-1996**, Establecimiento de cuarentenas para animales y sus productos.
14. **NOM-060-ZOO-1999** Especificaciones zoosanitarias para la transformación de despojos animales y su empleo en la alimentación animal.
15. **NOM-061-ZOO-1999**, Especificaciones zoosanitarias de los productos alimenticios para consumo animal.
16. **NOM-051-SCFI-1993**, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas pre-envasados.
17. **NMX-FF-078-SCFI2002**, Productos Pecuarios identificación - Carne de Bovino en Canal - Clasificación.
18. **Ley Federal de Sanidad Animal.**

Anexo B. Cuestionario para cada Operación para Identificación de los Peligros Asociados a la Sanidad y Limpieza de los Procesos.

a) Inspección ante-mortem – Animales estén lo suficientemente descansados para asegurar la calidad de la carne, así como observar posibles signos de enfermedad, rastreabilidad del animal (origen), salubridad de la carne.

1.- ¿Cuál es la ubicación del rastro? – Info. General- Prevenir

Urbano (3) Suburbano (2) Rural (2)

2.- ¿Las instalaciones del rastro están cercadas en la periferia? Bioseguridad

Sí (1) No (3) No contesta (3)

3.- ¿Qué tipo de acceso hay al rastro? Bienestar del animal

Camino pavimentado (1) Camino de terracería (2) Otro (2)

4.- ¿Cuenta con rampa de desembarco? Bienestar del animal

Sí (1) No (2) No contesta (2)

5.- ¿Cuenta con corral de descanso? Bienestar del animal

Sí (1) No (3) No contesta (3)

6.- ¿Cuenta con corrales para animales en observación? Bienestar del animal

Sí (1) No (3) No contesta (3)

7.- ¿Realiza la inspección *ante-mortem*? Inocuidad-sanidad

Sí (2) No (5) No contesta (5)

8.- ¿Quién realiza la inspección sanitaria? Inocuidad-sanidad

Médico veterinario (1) Inspector sanitario (3) No existe inspección sanitaria (5) médico veterinario e inspector sanitario (2)

b) *Bañado de los animales aptos*-- Eliminación o reducción de la suciedad presente en el cuero de los mismos (restos de excremento, orina, alimento, secreciones, ectoparásitos, etc. que evita que, al momento del sacrificio, haya una contaminación excesiva tanto de las instalaciones como de las canales de la sangre para consumo humano o industrial. Uso de agua- Agua residuales

1.- ¿Existe bañado de animales antes de ingresar a la sala de matanza? – Uso de agua- Agua residuales

Sí (1) No (3) No contesta (3)

c) *Aturdimiento o insensibilización* – Evitar sufrimiento del animal, Calidad sanitaria de la carne y un sangrado lo más completo posible. Subproducto

1.- Método de sacrificio:

a) Bovinos: Pistola de percusión (1) Degüello (4) Otro (4)

b) Porcinos: Insensibilizador eléctrico (1) Golpe traumático (2) Degüello (4)

d) *Izado* --evitar la contaminación al realizar la faena en el piso. Ventajas asociadas al izado de los animales son evitar ensuciar espacios amplios del rastro, ahorrar mano de obra y economizar agua para la limpieza, así como favorecer la presentación y el almacenamiento de la carne. Uso de energía eléctrica

1.- ¿Se cuenta con rieles para el manejo de las canales? Uso de energía eléctrica

Sí (1) No (5) No contesta (5)

2.- ¿Se realiza el faenado aéreo? Uso de energía eléctrica

Sí (1) No (5) No contesta (5)

e) *Sacrificio*- Agua residual (agua-sangre) o subproducto.

1.- Destino de la sangre:

Se destina a algún proceso: Sí (1) No (3) No contesta (3) Se produce harina de sangre: Sí (1) No (2) No contesta

f) *Desollado* – Contaminación de la canal.

1.- ¿Cómo se separa la piel? Uso de energía eléctrica o física (operador)

Mecánicamente (1) Manualmente (3) No contesta (3)

2.- ¿Existen esterilizadores de cuchillos y sierras?: Energía eléctrica, se genera vapor

Sí (1) No (3) No contesta (3)

3.- ¿Se capacita al personal para realizar su trabajo?

Sí (2) No (5) No contesta (5)

i) *Aserrado de la canal y eviscerado*- Uso de agua

1.- ¿En qué se depositan las vísceras?

a) Carretillas, carretones, carritos para vísceras, carritos de acero inoxidable, carros riñón, carros transportadores, charolas, equipo adecuado, equipos automáticos, canaleja y recibidor, canastillas, cuarto para vísceras y cuarto frío (1)

b) Botes de plástico, botes y perchas, cajas de plástico, cestas de plástico, cubetas, depósitos de plástico, dispositivos, recipientes plásticos, utensilios plásticos, contenedores (2)

c) Lavaderos, bancos de concreto, mesas, pias, piletas, plancha, tambos, tanques, tarimas, tarjas, tinas, tolvas, anaqueles, bidones, taras, bolsas, botes y jvas (3)

d) Ganchos o perchas (4)

e) Piso, suelo, basura o no hay depósitos (5)

2.- ¿Existen saias separadas para el manejo de vísceras verdes y rojas?

Sí (1) No (4) No contesta (4)

3.- ¿Se identifican las vísceras de cada canal?

Sí (1) No (4) No contesta (4)

4.- ¿Existe sierra eléctrica para partir canales? Energía eléctrica

Sí (1) No (2) No contesta (2)

5.- ¿Se cuenta con caidera? Gas natural- Emisiones de vapores, gases

Sí (1) No (3) No contesta (3)

6.- ¿El personal cuenta con vestimenta de trabajo?

Sí (1) No (4) No contesta (4)

j) Inspección *post-mortem*

1.- ¿Se cuenta con incineradores? Energía

Sí (1) No (4) No contesta (4)

2.- ¿Cuenta con planta de rendimiento?

Sí (1) No (3) No contesta (3)

3.- ¿Existe fosa de sedimentación?

Sí (1) No (4) No contesta (4)

4.- ¿Cuál es el destino de las vísceras y canales decomisadas?—Energía, contaminación

Se incineran Sí (1) No (4) No contesta (4) Se depositan en basureros Sí (4) No (1)

No contesta (4)

k) Lavado de las canales—Agua- Agua residual

1.- ¿Se lavan las canales después de remover la piel?

Sí (1) No (5) No contesta (5)

2.- ¿El agua que se utiliza es potable?

Sí (1) No (5) No contesta (5)

3.- Procede de:

Red pública (1) Pozo (3) Otra (3)

4.- ¿Las aguas residuales se vierten en?:

Drenaje público (4) Tanque de tratamiento de aguas (1) Canales o arroyos (5) Otros (4)

l) Refrigeración – Energía eléctrica – Uso de amoníaco.

1.- ¿Existe cámara de refrigeración de canales?

Sí (1) No (5) No contesta (5)

2.- ¿Existe cámara de refrigeración de vísceras?

Si (1) No (5) No contesta (5)

Anexo C. Balance de Masa.

ago-31		sep-01		sep-22		TOTALES	
Rendimiento:	%	Rendimiento:	%	Rendimiento:	%		
Pie a caliente	64.3%	Pie a caliente	64.2%	Pie a caliente	63.4%		
Pie a frío	63.8%	Pie a frío	63.2%	Pie a frío	62.6%		
Merma	0.8%	Merma	1.5%	Merma	1.2%		
Promedios:	kg	Promedios:	kg	Promedios:	kg		
Peso en pie	493.6	Peso en pie	517.4	Peso en pie	409.7	1420.74	473.58
Peso Caliente	317.4	Peso Caliente	332.2	Peso Caliente	259.7	909.35	303.12
Peso Frío	314.7	Peso Frío	327.2	Peso Frío	256.5	898.43	299.48
Viscera verde	4.9	Viscera verde	5.5	Viscera verde	4.7		
Patas	3.29	Patas	3.6	Patas	3.0		
Co-productos	kg	Co-productos	kg	Co-productos	kg		
Hígado	4.85	Hígado	4.61	Hígado	4.53		
Corazón	1.47	Corazón	1.50	Corazón	1.66		
Menudo	6.96	Menudo	5.28	Menudo	4.84		
Tripa lavada	3.73	Tripa lavada	4.47	Tripa lavada	3.68		
Tripa de leche	1.13	Tripa de leche	1.03	Tripa de leche	0.99		
Patatas	6.77	Patatas	5.28	Patatas	6.94		
Cabeza	13	Cabeza	15.00	Cabeza	15.00		
	7.08		7.07		7.06	212.21	70.74
Residuos	kg	Residuos	kg	Residuos	kg		
Librillo	6.00	Librillo	4.07	Librillo	5.74		
Grasa de la panza	7.87	Grasa de la panza	7.87	Grasa de la panza	5.39		
Grasa tripa gorda	5.17	Grasa tripa gorda	6.63	Grasa tripa gorda	4.43		
Grasa Siego	1.70	Grasa Siego	2.07	Grasa Siego	1.75		
Grasa Cuajo	6.00	Grasa Cuajo	6.00	Grasa Cuajo	1.00		
Grasa Recto	3.74	Grasa Recto	3.74	Grasa Recto	2.85		
llo	0.20	llo	0.24	llo	0.14		
Baso	0.9	Baso	0.8	Baso	0.8		
Esófago	0.47	Esófago	0.47	Esófago	0.11		
Pulmón y tráquea	2.47	Pulmón y tráquea	2.65	Pulmón y tráquea	4.42		
Grasa Viscera roja	2.94	Grasa Viscera roja	2.94	Grasa Viscera roja	0.95		
Decomiso de sacrificio	16.92	Decomiso de sacrificio	12.65	Decomiso de sacrificio	15.40		
Estiércol	23.00	Estiércol	23.00	Estiércol	23.00		
Sangre	15.00	Sangre	15.00	Sangre	15.00		
Orines	5.00	Orines	5.00	Orines	4.00		
Total	97.4	Total	93.2	Total	85.0	275.46	91.82

Anexo D. Datos de Agua y Gas Natural.

Reporte Diario de la lectura de GAS 2010					
Dia	Mes	Lectura 6 am	Lectura 6 pm	Diferencia Nocturno	Diferencia Diurno
1	Julio	70538	70674		136
2	Julio	70796	70926	122	130
3	Julio	71052	71184	126	132
4	Julio	71308	71413	124	105
5	Julio	71413	71543	0	130
6	Julio	71669	71806	126	137
7	Julio	71928	72060	122	132
8	Julio	72186	72317	126	131
9	Julio	72440	72570	123	130
10	Julio	72697	72826	127	129
11	Julio	72952	73081	126	129
12	Julio	73140	73245	59	105
13	Julio	73374	73508	129	134
14	Julio	73632	73763	124	131
15	Julio	73885	74018	122	133
16	Julio	74140	74270	122	130
17	Julio	74393	74525	123	132
18	Julio	74647	74778	122	131
19	Julio	74853	74957	75	104
20	Julio	75085	75217	128	132
21	Julio	75341	75469	124	128
22	Julio	75595	75726	126	131
23	Julio	75848	75978	122	130
24	Julio	76103	76229	125	126
25	Julio	76352	76381	123	29
26	Julio	76404	76511	23	107
27	Julio	76641	76771	130	130
28	Julio	76900	77030	129	130
29	Julio	77157	77277	127	120
30	Julio	77277	77277	0	0
	Julio	77761	77654	484	
1	Ago	77780	77910	126	130
2	Ago	77922	78025	12	103
3	Ago	78157	78270	132	113
4	Ago	78392	78489	122	97

8	Ago	79223	79276	0	53
9	Ago	79332	79418	56	86
10	Ago	79548	79682	130	134
11	Ago	79811	79942	129	131
12	Ago	80071	80172	129	101
13	Ago	80199	80431	27	232
14	Ago	80558	80686	127	128
15	Ago	80774	80781	88	7
16	Ago	80825	80931	44	106
17	Ago	81056	81152	125	96
18	Ago	81282	81382	130	100
19	Ago	81512	81641	130	129
20	Ago	81771	81872	130	101
21	Ago	82000	82129	128	129
22	Ago	82182	82208	53	26
23	Ago	82250	82357	42	107
24	Ago	82488	82620	131	132
25	Ago	82748	82882	128	134
26	Ago	83004		122	
27	Ago	83260	83380		120
28	Ago	83514	83640	134	126
29	Ago	83767	83859	127	92
30	Ago	83859	83976	0	117
31	Ago	84105		129	
				0	0
1	Sept	84632	84478	0	
2	Sept	84600	84731	122	131
3	Sept	84855	84984	124	129
4	Sept	85111	85237	127	126
5	Sept	85366	85491	129	125
6	Sept	85538	85651	47	113
7	Sept	85781	85908	130	127
8	Sept	86028	86127	120	99
9	Sept	86255	86383	128	128
10	Sept	86509	86621	126	112
11	Sept	86747	86872	126	125
12	Sept	86984	87064	112	80
13	Sept	87089	87196	25	107
14	Sept	87326	87454	130	128
15	Sept	87583	87712	129	129

	Sept				0
18	Sept	88259	88385		126
19	Sept	88500	88538	115	38
20	Sept	88564	88664	26	100
21	Sept	88796	88927	132	131
22	Sept	89053	89181	126	128
23	Sept	89309	89439	128	
24	Sept	89562	89690	123	128
25	Sept	89816	89940	126	124
26	Sept	90700	90193	760	-507
27	Sept	90200	90300	7	100
28	Sept	90430	90520	130	90
29	Sept	90656	90782	136	126
30	Sept	90909	91039	127	130

Reporte Diario de la lectura de AGUA2010

Día	Mes	Lectura 6 am	Lectura 6 pm	Diferencia Nocturno	Diferencia Diurno
1	Julio	70538	70674		136
2	Julio	70796	70926	122	130
3	Julio	71052	71184	126	132
4	Julio	71308	71413	124	105
5	Julio	71413	71543	0	130
6	Julio	71669	71806	126	137
7	Julio	71928	72060	122	132
8	Julio	72186	72317	126	131
9	Julio	72440	72570	123	130
10	Julio	72697	72826	127	129
11	Julio	72952	73081	126	129
12	Julio	73140	73245	59	105
13	Julio	73374	73508	129	134
14	Julio	73632	73763	124	131
15	Julio	73885	74018	122	133
16	Julio	74140	74270	122	130
17	Julio	74393	74525	123	132
18	Julio	74647	74778	122	131
19	Julio	74853	74957	75	104
20	Julio	75085	75217	128	132
21	Julio	75341	75469	124	128
22	Julio	75595	75726	126	131
23	Julio	75848	75978	122	130
24	Julio	76103	76229	125	126
25	Julio	76352	76381	123	29
26	Julio	76404	76511	23	107
27	Julio	76641	76771	130	130

28	Julio	77555	77654	127	120
29	Julio	77157	77277	127	120
30	Julio	77277	77277	0	0
	Julio	77761	77654	484	
1	Ago	77780	77910	126	130
2	Ago	77922	78025	12	103
3	Ago	78157	78270	132	113
4	Ago	78392	78489	122	97
5	Ago	78618	78750	129	132
6	Ago	78868	78963	118	95
7	Ago	79092	79223	129	131
8	Ago	79223	79276	0	53
9	Ago	79332	79418	56	86
10	Ago	79548	79682	130	134
11	Ago	79811	79942	129	131
12	Ago	80071	80172	129	101
13	Ago	80199	80431	27	232
14	Ago	80558	80686	127	128
15	Ago	80774	80781	88	7
16	Ago	80825	80931	44	106
17	Ago	81056	81152	125	96
18	Ago	81282	81382	130	100
19	Ago	81512	81641	130	129
20	Ago	81771	81872	130	101
21	Ago	82000	82129	128	129
22	Ago	82182	82208	53	26
23	Ago	82250	82357	42	107
24	Ago	82488	82620	131	132
25	Ago	82748	82882	128	134
26	Ago	83004	.	122	
27	Ago	83260	83380		120
28	Ago	83514	83640	134	126
29	Ago	83767	83859	127	92
30	Ago	83859	83976	0	117
31	Ago	84105		129	
				0	0
1	Sept	84632	84478	0	
2	Sept	84600	84731	122	131
3	Sept	84855	84984	124	129
4	Sept	85111	85237	127	126
5	Sept	85366	85491	129	125

7	Sept	85781	85908	130	127
8	Sept	86028	86127	120	99
9	Sept	86255	86383	128	128
10	Sept	86509	86621	126	112
11	Sept	86747	86872	126	125
12	Sept	86984	87064	112	80
13	Sept	87089	87196	25	107
14	Sept	87326	87454	130	128
15	Sept	87583	87712	129	129
16	Sept	87840	87964	128	124
17	Sept	88020	88130	56	110
	Sept				0
18	Sept	88259	88385		126
19	Sept	88500	88538	115	38
20	Sept	88564	88664	26	100
21	Sept	88796	88927	132	131
22	Sept	89053	89181	126	128
23	Sept	89309	89439	128	
24	Sept	89562	89690	123	128
25	Sept	89816	89940	126	124
26	Sept	90700	90193	760	-507
27	Sept	90200	90300	7	100
28	Sept	90430	90520	130	90
29	Sept	90656	90782	136	126
30	Sept	90909	91039	127	130

Anexo E. Factores de Emisión de la Fermentación Entérica para el Ganado.

Factores de emisión de la fermentación entérica para el ganado			
Característica Regional	Tipo de ganado	Factor de Emisión kg/cabeza/año	Comentarios
América Latina. Sector de productos lácteos comercializados. Separada la carne de vaca de pastos de rebaño y de la cantidad de pastizales. Menor cantidad de alimentos de grano en los corrales de engorda. Cada vez mayor el ganado no lechero	Lechero	57	Porcentaje de producción de leche 800kg/cabeza/año
	No-lechero	49	Incluye carne de vacas, toros y novillos

Anexo F. Factores de Óxidos Nitrógeno (NOx) y Monóxido de Carbono (CO) de la Combustión de Gas Natural y Factores de Emisión para el criterio de Contaminantes y Gases de Efecto Invernadero de la Combustión de Gas Natural

Factores de emisión de Óxidos de Nitrógeno (NOx) y Monóxido de Carbono (CO) de la combustión de gas natural.				
Tipo de Combustor (MMBtu/hr de entrada de calor (SCC))	NOx		CO	
	Factor de Emisión (lb/10 ⁶ scf)	Factor de Emisión de Clasificación	Factor de Emisión (lb/10 ⁶ scf)	Factor de Emisión de Clasificación
Calderas de pared pequeña (<100) [1-01-006-02, 1-02-006-02, 1-03-006-02] Incontrolada	100	B	84	B
Controlada-Bajos NOx, quemadores	50	D	84	B
Controlado- Bajos NOx, quemadores/recirculación de los gases de combustión	32	C	84	B

a Referencia 11. Las unidades están en libras de contaminante por millón de pies cúbicos. Para convertir de lb/10⁶ pies³ a kg/10⁶ m³ se multiplica por 16. Los factores de emisión están basados sobre un porcentaje del poder calorífico del gas natural valor a 1020 Btu/pies³. Para convertir de lb/10⁶ a lb/MMBtu se divide entre 1020.

Factores de emisión para el criterio de contaminantes y gases de efecto invernadero de la combustión de gas natural^a		
Contaminante	Factor de Emisión (lb/10 ⁶ scf)	Clasificación del factor de emisión
CO ₂ ^b	120,000	A
Plomo	0.0005	D
N ₂ O (No controlado)	2.2	E
N ₂ O (Controlado-Bajo NOx quemado)	0.64	E
PM (Total) ^c	7.6	D
PM (Condensable) ^c	5.7	D
PM (Filtrable) ^c	1.9	B

SO ₂ ^d	0.6	A
TOC	11	B
Metano	2.3	B
VOC	5.5	C

a Referencia 11. Las unidades están en libras de contaminante por millón de pies cúbicos. Para convertir de lb/10⁶ pies³ a kg/10⁶ m³ se multiplica por 16. Los factores de emisión están basados sobre un porcentaje del poder calorífico del gas natural valor e 1020 Btu/pies³. Para convertir de lb/10⁶ a lb/MMBtu se divide entre 1020. b Basado aproximadamente en el 100 % de conversión del carbono.

Anexo G. Promedios de las Muestras de las Aguas Residual y los Resultados de las 2 Muestras en el Punto de Descarga del Rastro en Estudio.

Prueba	Método	Resultado (promedio)	Límites máximos permisibles
pH (U pH)	NMX-AA-008-SCFI-2000	7.65	-
Temperatura °C	NMX-AA-007-SCFI-2000	30.06	40
Fósforo Total (mg/L)	NMX-AA-029-SCFI-2001	16.09	10
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	NMX-AA-034-SCFI-2001	1266.50	60
Nitrógeno Total Kjeldahl (mg/L)	NMX-AA-026-SCFI-2001	545.90	25
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	NMX-AA-028-SCFI-2001	357.5	60
Demanda química de Oxígeno (mg/L)	NMX-AA-030-SCFI-2001	706.5	-

No. de Informe 10-08-033B-009	Fecha y hora de muestreo: 2010-09-08 12:00	Muestreado por: ALMA FLORES	Fecha de emisión: 2010-09-28
----------------------------------	---	--------------------------------	---------------------------------

Cliente: UNIVERSIDAD DE SONORA
 Procedencia: DESCARGA RASTRO

Tipo de muestra: RESIDUAL IND. CRUDA	Plan de muestreo: RESIDUALES	Fecha y hora de recepción de la muestra: 2010-09-08 16:03
---	---------------------------------	--

RESULTADOS		
PRUEBA (Unidades)	MÉTODO	RESULTADO
pH (U pH)	NMX-AA-008-SCFI-2000	7.5
TEMPERATURA (°C)	NMX-AA-007-SCFI-2000	30.08
FÓSFORO TOTAL (mg/L)	NMX-AA-029-SCFI-2001	14.06
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (mg/L)	NMX-AA-034-SCFI-2001	1200
NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL (mg/L)	NMX-AA-026-SCFI-2001	551.7
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (mg/L)	NMX-AA-028-SCFI-2001	3720*
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (mg/L)	NMX-AA-030-SCFI-2001	738.2

* sin inhibidor para demanda nitrogenada. Se tomó una dilución de 1/1000

RESULTADOS		
PRUEBA (Unidades)	MÉTODO	RESULTADO
pH (U pH)	NMX-AA-008-SCFI-2000	7.8
TEMPERATURA (°C)	NMX-AA-007-SCFI-2000	30.04
FÓSFORO TOTAL (mg/L)	NMX-AA-029-SCFI-2001	17.31
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (mg/L)	NMX-AA-034-SCFI-2001	1333
NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL (mg/L)	NMX-AA-026-SCFI-2001	540.1
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (mg/L)	NMX-AA-028-SCFI-2001	3430
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (mg/L)	NMX-AA-030-SCFI-2001	674.8

* sin inhibidor para demanda nitrogenada. Se tomó una dilución de 1/1000

Concentrado de Sacrificio.

	Sacrificios	Vaquillas	Vacas	Novillos	Toros	Peso en pie (kg)	Peso caliente (kg)	Peso frio (kg)	Dias laborables	Peso caliente	Pesos frio	Diferencia
	4,048	3,308	192	533	15	2,048,207.6	1,317,418.9	1,304,118.3	22	325	322.16	3
	4,132	3,325	70	736	1	1,993,262.1	1,283,771.1	1,270,055.4	22	311	307.37	3
	4,819	3,693	189	918	19	2,280,002.7	1,458,190.2	1,441,225.3	21	303	299.07	4
	12,999	10,326	451	2,187	35	6,321,472	4,059,380	4,015,399	65	939	929	10
mes	4,333	3,442	150	729	12	2,107,157	1,353,127	1,338,466	22	313	310	3

Anexo J. Cálculos de las Emisiones de CH₄ por Fermentación Entérica y de las Emisiones por la Quema de Gas Natural de CO, CO₂, NO_x, N₂O y SO₂.

- Metano (CH₄) por fermentación entérica del ganado

La cantidad de metano que emite una cabeza de ganado al año de acuerdo al factor de emisión considerado en la fórmula descrita en la metodología es:

$$\text{Emisiones de CH}_4 = 1 \times 49 = 49 \text{ kg/cabeza/año de CH}_4$$

En el rastro el ganado solo permanece como máximo un día antes de ser sacrificado, por lo tanto la cantidad de metano generado por día en los corrales por cada cabeza de ganado es.

$$(49\text{kg/cabeza/año de CH}_4)/365 \text{ días} = 0.13424658 \text{ kg/cabeza/día/unidad funcional.}$$

- Las emisiones de CO₂, N₂O, SO₂, CH₄ y VOC por la quema de gas natural se obtuvieron por la tabla de "Factores de emisión para criterios de contaminantes y gases de efecto invernadero para la combustión de gas natural" obtenida de la EPA ver Anexo F

Los factores de emisión están dados en lb/10⁶ pie³ y para convertirlos a kg/10⁶ m³ se multiplican por 16 (la tabla lo indica), y el resultado es multiplicado por la cantidad de gas natural que es quemado por unidad funcional, que son: 0.10 m³.

$$\text{CO}_2 = (120,000 \text{ lb}/10^6 \text{ pies}^3) * 16 = (1920000 \text{ kg}/10^6 \text{ m}^3) * (0.10 \text{ m}^3) = 0.192 \text{ kg CO}_2$$

$$\text{N}_2\text{O} = (2.2 \text{ lb}/10^6 \text{ pies}^3) * 16 = (35.2 \text{ kg}/10^6 \text{ m}^3) * (0.10 \text{ m}^3) = 3.52\text{E}-06 \text{ kg N}_2\text{O}$$

$$\text{SO}_2 = (0.6 \text{ lb}/10^6 \text{ pies}^3) * 16 = (0.96 \text{ kg}/10^6 \text{ m}^3) * (0.10 \text{ m}^3) = 9.60\text{E}-07 \text{ kg SO}_2$$

$$\text{CH}_4 = (2.3 \text{ lb}/10^6 \text{ pies}^3) * 16 = (36.8 \text{ kg}/10^6 \text{ m}^3) * (0.10 \text{ m}^3) = 3.68\text{E}-06 \text{ kg CH}_4$$

$$\text{COV's} = (5.5 \text{ lb}/10^6 \text{ pies}^3) * 16 = (88 \text{ kg}/10^6 \text{ m}^3) * (0.10 \text{ m}^3) = 8.8\text{E}-06 \text{ kg VCO}$$

- Las emisiones de NO_x y CO se obtuvieron de la tabla "Factores de emisión para óxidos de nitrógeno (NO_x) y monóxido de carbono (CO) para la combustión de gas natural", ver Anexo F.

En esta tabla se considera el tipo de combustor y el factor de emisión (ver Anexo F). Se seleccionó la caldera pequeña la cual no tiene controles de emisiones y el factor de

emisión para los NOx es de 100 y para el CO es de 84. Al igual que las demás emisiones se convirtió de lb/10⁶ pies³ al multiplicar por 16 y el resultado se multiplico por los 0.10 m³ de gas natural que son quemados por unidad funcional.

- NOx = (100 lb/10⁶m³) * 16 = (1600 kg/10⁶m³)* (0.10 m³) = 1.6E-04
- CO = (84 lb/10⁶m³) * 16 = (1344 kg/10⁶ m³) * (0.10 m³) = 13.44E-05