



Análisis de Ciclo de Vida de la Carne Bovino en Sonora: Etapa de Sacrificio

C. R. Álvarez-Chávez ^a, A. A. Flores-Soto ^b, R. Pérez-Ríos ^c

a. Universidad de Sonora, Sonora, ralvarez@rtn.uson.mx

b. Universidad de Sonora, Sonora, anilegna08@gmail.com

c. Universidad de Sonora, Sonora, rperez@pitic.uson.mx

Abstract

By using a life cycle analysis, impacts to the environment were identified and assessed during the slaughtering stage of the production system of beef from Mexico Supreme Quality official brand in a Federally Inspected Type (TIF by Spanish acronym) Slaughterhouse within the state of Sonora, Mexico. The weight of two channels was the functional unit considered. To this end, the slaughter process characterization was carried out on the slaughterhouse, where qualitative and quantitative data was obtained as inputs into production processes and cleaning, and emissions to water, air, solid waste, etc.

The following environmental impacts were identified and analyzed using software GaBi Education: global warming potential, eutrophication of water, air acidification, photochemical ozone creation and human toxicity. The results showed that the main environmental impacts include the potential for water eutrophication and global warming due to pollution of wastewater, which contained organic matter and chemicals during the production process, and due to emissions of CH₄ and CO₂ from livestock enteric fermentation, manure management, and use of fossil fuels.

Opportunities were proposed to improve the environmental aspects on the slaughterhouse such as improving sewage treatment, optimizing water use, introducing the use of renewable energy, among others. The results of this study are useful in efforts to improve environmental issues and to prevent pollution at this stage of the production chain of beef.

Keywords: *Life cycle analysis (LCA), Global Warming Potential, Eutrophication Potential, beef, Greenhouse Gases (GHG) emissions.*

1 Introducción

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 otro lado el procesamiento de alimentos constituye el 25 % de todo el consumo de agua mundialmente. Además, el sector pecuario que está ligado a la agricultura es una rama de la industria alimentaria que contribuye de manera significativa a las emisiones de gases de efecto invernadero (Baldwin, 2009).

Desde el punto de vista de la nutrición, la producción, comercialización y consumo de la carne son importantes porque este producto de origen animal proporciona 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 estado mundial de la agricultura y la alimentación, 2009). 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 siendo el estado de Sonora uno de los principales estados productores de este producto en el país (Situación Actual y Perspectiva de la carne de Bovino 2006, SAGARPA, 2004; SAGARPA 2006).

Dado que la producción 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). El Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales del Reino Unido (DEFRA, 2006) desarrollo una estrategia para una agricultura sostenible los cuales son los principios claves para una cadena de alimentos sustentable, los cuales son los siguientes: 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., 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 energías renovables 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.

Un análisis de ciclo de vida (ACV) es una herramienta que ayuda a identificar oportunidades para mejorar el desempeño ambiental de un producto o servicio en las distintas etapas de su ciclo de vida. Por lo anterior, en este estudio se llevó a cabo un análisis de ciclo de vida de la carne de bovino en Sonora enfocado a la etapa de sacrificio realizado en un rastro de la localidad, con la finalidad de identificar oportunidades de mejorar el desempeño ambiental de esta planta en donde se produce carne certificada con la marca oficial México Calidad Suprema.

2 Metodología

La presente investigación fue un caso de estudio seleccionado a conveniencia debido a la accesibilidad a un rastro Tipo Inspección Federal (TIF) ubicado en Hermosillo, Sonora, el cual se llevo a cabo de Julio de 2010 a Enero de 2011. El análisis de ciclo de vida (ACV) se realizó "de la puerta a la puerta" de acuerdo a la norma ISO 14040:2006, NMX-SAA-14040-IMNC-2008NOM. El proceso de sacrificio se caracterizó mediante la observación de las actividades en las diferentes áreas de producción del rastro (sacrificio, víscera verde y víscera roja) y mediante entrevistas al gerente y supervisores del área.

Para obtener la unidad funcional requerida para el ACV 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.

Para el inventario de insumos se consideró el número de cabezas de ganado sacrificadas diarias, los consumos de agua y gas natural se tomaron datos a partir de los registros diarios de los mismos obtenidos por el personal del rastro. El

consumo de energía eléctrica se tomo de los recibos de pago de tres meses en los que se realizó el estudio. Se incluyó un inventario de las sustancias químicas utilizadas en los procesos de producción y limpieza. El inventario de emisiones incluyó la generación de metano (CH₄) 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 (CO₂) por el uso de gas natural y de energía eléctrica, así como las emisiones de monóxido de carbono (CO), óxidos nitrosos (N₂O), óxidos de nitrógeno (NOx), dióxido de azufre (SO₂) y los compuestos orgánicos volátiles (COVs) por el uso de gas natural. Las emisiones de CH₄ por la fermentación entérica fueron calculadas a partir de de las guías del IPCC (Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático, 2006) utilizando la siguiente fórmula:

Fermentación entérica:

Emisiones de CH₄ = Número de animales * Factor de emisión de CH₄.

Donde el factor de emisión fue de 56 kg de CH₄/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 CH₄. Las emisiones de CH₄ a partir del manejo de estiércol se calcularon a partir las guías del IPCC (Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático, 2006) considerando el nivel 1 (porcentaje alto de incertidumbre). Las emisiones de CH₄, CO₂, N₂O, NOx, 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/c01s04.pdf.

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.

Para evaluarlos impactos al ambiente tales como: agotamiento del agua, potencial de calentamiento global, de eutrofización del agua, de acidificación del aire, 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 calcularon las emisiones obtenidas 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 los prácticas realizadas en el rastro y considerando los principios de una cadena de alimentos sustentable desarrollados por el

Departamento Gubernamental del Reino Unido para el Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales (DREFA, 2006).

3 Resultados y Discusión

Las etapas del sistema producción de la carne bovino se presenta en la figura 1. En ella también se indica la parte del proceso en el que se realizó el ACV (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.

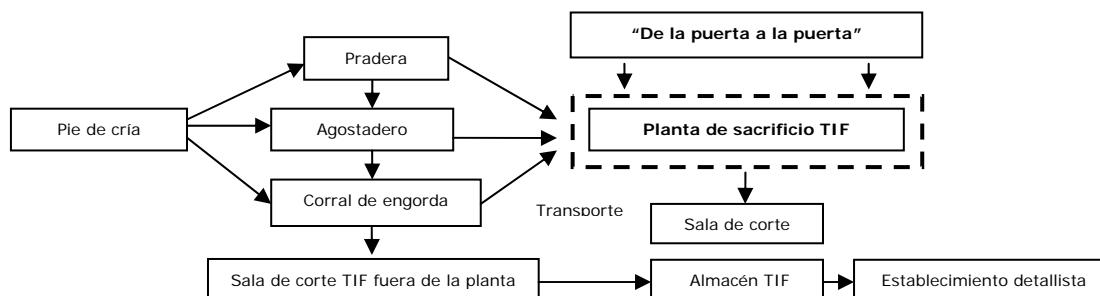


Fig. 1. Etapas del proceso productivo de carne bovino de la Marca Oficial México Calidad Suprema (PC-003-2002).

3.1 Descripción del Caso de Estudio. El rastro está ubicado en Hermosillo, Sonora el área industrial de la ciudad. Se construyó en el año 2007 en una área de alrededor de 21,000 m². Las instalaciones están cercadas en la periferia, cuenta con una rampa de desembarco y con corrales de descanso. Diariamente se sacrifican en promedio 200 bovinos entre vacas, vaquillas, novillos y toros de diferentes razas (charoláis, angus, brangus, pardo suizo y cebú) procedentes de 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) 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) se distribuyen 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 las canales se generan co-productos tanto para el consumo humano como para otros procesos fuera del rastro. En el rastro existen 4 departamentos los cuales son: el departamento de producción, calidad, mantenimiento, embarques (logística).

3.2 Caracterización del Proceso de Producción. La figura 2, 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 de bovino.

3.3 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 3 muestra el peso de la materia prima y los productos y subproductos del proceso requeridos para el cálculo de la unidad funcional.

Ganado en pie lavado, electricidad, agua, gas natural, químicos desinfectantes

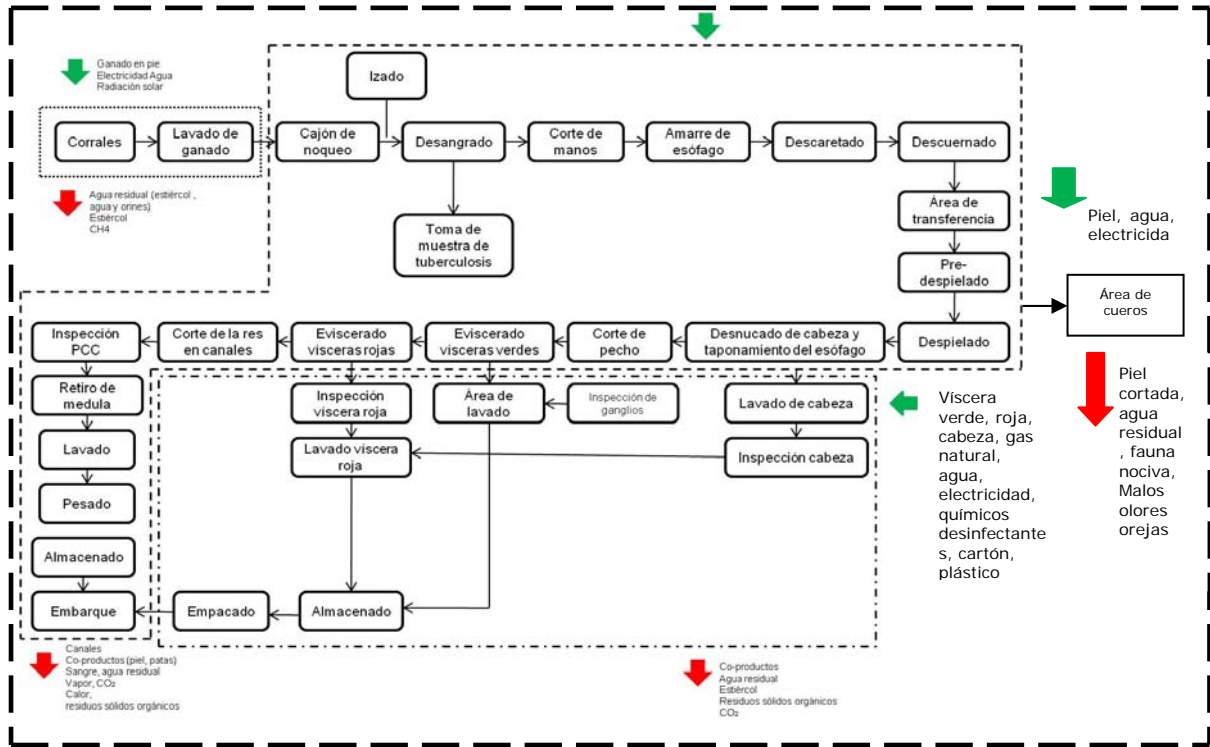


Fig. 2. Caracterización del proceso de sacrificio en el rastro TIF.

- 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

3.4 *Asignación.* No se calcularon los insumos y emisiones por separado para cada uno de los co-productos. 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).



Figura 3. Balance de masa del proceso de sacrificio de ganado bovino.

3.5 *Inventario de insumos.* La tabla 1 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 1. 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	1.58	0.08

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 2 se muestran las sustancias químicas y las cantidades utilizadas en los procesos para desinfectar y blanquear los co-productos. En la tabla 3 se muestran los productos químicos utilizados en el proceso de limpieza de la planta.

Tabla 2. 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.)	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	Blanqueador

Tabla 3. Productos químicos utilizados en la limpieza de los procesos del rastro.

Químico	Formula química	Numero CAS	Consumo mensual	Consumo diario	Consumo por canal
Detergente alcalino			84 l	3.50 kg	0.0175 kg
Hipoclorito de sodio 5 %	NaClO	7681-52-9	5.082 kg	0.23 kg	0.00145 kg
Hidróxido de potasio 14 %	KOH	1310-58-3	76.96 kg	3.20 kg	0.02 kg
Detergente neutro			48.00 L	2.00 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	36.00 L	1.50 l	7.5E-2l
Hipoclorito de sodio	NaClO	7681-52-9	53.24 kg	2.42 kg	0.02 kg
Det-Excel			44.00 kg	2.00 kg	0.01 kg
Detergente multiusos			44.00 kg	2.00 kg	0.01 kg
Hipoclorito de sodio 13 %		7681-52-9	44.00 kg	2.00 l	0.01 l

3.6 Emisiones al Ambiente de Aire y Agua Durante el proceso de Sacrificio. En la tabla 4 se muestra las emisiones al aire y al agua por unidad funcional durante el proceso de sacrificio del rastro en estudio, así como la fuente y el impacto al que contribuyen.

Tabla 4. 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 2006 FE,	1.99	PCG, PCFO
Dióxido de carbono (CO ₂)	EE.CGN	, 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 (NOx)	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, FE= Fermentación entérica, E=Estiércol, CGN=Combustión de Gas Natural, EE= Energía Eléctrica, FE= Factores de Emisión, MAR=Muestras de Aguas Residuales.

3.7 *Residuos Orgánicos*. La tabla 5 muestra la relación de los residuos sólidos que se generan por unidad funcional y su gestión en el rastro.

Tabla 5. Co-productos para reproceso y sub-productos.

Co-producto	Peso promedio (kg)	Tipo de disposición	Área
Grasa	33.00	Re-proceso	Visceras verdes
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 sanitario (Contenedor)	Viscera verde
Baso	0.82	Relleno sanitario (Contenedor)	Viscera verde
Esófago	0.47	Relleno sanitario (Contenedor)	Viscera verde
Estiércol	19.00	Relleno sanitario (Contenedor)	Viscera verde
Cuernos	0.39	Relleno sanitario (Contenedor)	Sacrificio
Colas	0.11	Relleno sanitario (Contenedor)	Sacrificio
Recorte de cola	0.16	Relleno sanitario (Contenedor)	Sacrificio
Recorte de hocico	0.58	Relleno sanitario (Contenedor)	Sacrificio
Inspección cabeza	0.23	Relleno sanitario (Contenedor)	Sacrificio
Recorte de hígado	0.18	Relleno sanitario (Contenedor)	Sacrificio
Trimeado	0.75	Relleno sanitario (Contenedor)	Sacrificio
Medula	0.27	Relleno sanitario (Contenedor)	Sacrificio
Pene	0.30	Relleno sanitario (Contenedor)	Sacrificio
Decomiso de vísceras	1.20	Relleno sanitario (Contenedor)	Viscera verde

3.8 *Evaluación de los Impactos al Ambiente Mediante el Uso del GaBi Education Software*. Para evaluar los impactos ya descritos en la metodología se consideró el promedio de cabezas de ganado sacrificadas al mes (4333). La tabla 6 muestra los resultados proporcionados por el software GaBi Education utilizando el método de la Universidad de Estudios Ambientales de Leiden Holanda (CML2001), donde se muestran los impactos potenciales y las emisiones al ambiente para el promedio de ganado sacrificado mensualmente. En la tabla 7 se describen los impactos potenciales al ambiente evaluados por el software GaBi Education, sus fuentes y las oportunidades de prevención de la contaminación para disminuir o eliminarlos.

Tabla 6. 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 para el promedio de ganado sacrificado mensualmente.

Potencial de Impacto	Emisión	Cantidad	% Del total de emisiones	Emisiones totales
Calentamiento Global "kg CO ₂ Equiv."	CH ₄	215,566.75	99	215,566.75
	CO ₂	1345.83	1	
	VOC	7.10	NS*	
	N ₂ O	1.36	NS*	
Agotamiento del agua "m ³ "	Aguas residuales	5,546.24	100	5,546.24
Eutrofización "kg Fosfato-Equiv."	DBO	545.265	52	1050.84
	Fosforo (P)	397.77	38	
	DQO	107.71	10	
	NOx y N ₂ O	.091	NS*	
Acidificación "kg SO ₂ Equiv."	NOx	0.485	92	0.52
	SO ₂	40E-03	8	
Creación fotoquímica de ozono "kg Etano-Equiv"	CH ₄	51.736	100	51.775
	COVs	0.004	NS*	
	NOx	0.019	NS*	
	CO	0.016	NS*	
Toxicidad Humana "kg DCB Equiv."	NOx	0.83	99	0.839
	COVs	0.009	1	

Tabla 7. Impactos al ambiente evaluados por el GaBi Education software utilizando el método CML2001 Dec.07 y oportunidades de prevención de la contaminación para disminuir estos impactos.

Impacto Potencial (mensual)	Provoca	Emisión	% Emisión	Origen	Oportunidades de mejora
Uso de agua 5,546.24 m ³	Agotamiento de un recurso natural, el cual es además escaso en la región	Aguas residuales	100	Lavado del ganado en pie, canales, co-productos, durante el proceso de sacrificio y del proceso de limpieza de la planta	Recuperación de sangre de los animales sacrificados, tratamiento de las aguas residuales.
Eutrofización 1250 kg PO ₄ ³⁻ -Equiv	Enriquecimiento de nutrientes, pérdida de la biodiversidad	DBO	52	Sangre, grasa, orina, estiércol del animal sacrificado eliminados en las aguas residuales	
		P	38	Químicos utilizados en el proceso y limpieza y eliminados en las aguas residuales	
		DQO	10		
Calentamiento global 19,771 kg CO ₂ -Equiv	Aumento de los gases de efecto invernadero	CH ₄	99	Fermentación entérica, estiércol y uso de energías fósiles	Uso de energías renovables (biogestores), retorno de condensados, limpieza en seco de los procesos de producción.
		CO ₂	1	Uso de energías fósiles en los procesos de sacrificio y de limpieza.	
Lluvia ácida 0.52 kg SO ₂ -Equiv	Disminución del pH de la lluvia, muerte de los bosques	NOx	92		
		SO ₂	8		
Creación Fotoquímica de Ozono 51.736 kg Etano-Equiv	Ozono en la troposfera. Daña la vegetación	CH ₄	100		
Toxicidad Humana 0.84 kg DCB-Equiv	Problemas respiratorios, irritación en los ojos, cansancio, náuseas	NOx	99		
		COVs	1		
Residuos Sólidos 110,838 kg	Malos olores y fauna nociva.		25		Mejorar gestión, utilización para hacer composta

3.9 Comparación con otros Estudios. La literatura sobre ACV en la etapa de sacrificio de carne de bovino es escasa, es por ello que se compararon dos ACV de carne de cerdo con el presente ACV. 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 (Dalgaard et al., 2007). Los impactos a evaluar fueron el potencial de calentamiento global, de las diferentes etapas del proceso y la contribución de potencial de eutrofización del agua. 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 8 se muestran las comparaciones entre el estudio de Dinamarca y el presente estudio.

Tabla 8. 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	0.16	0.7

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

Las emisiones de kg CO₂ eq/unidad funcional, son 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 g NO₃ 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 0.7 g NO₃ eq./unidad funcional, esto debido a la 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 las aguas residuales generadas 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, donde se evaluó el impacto de los gases que contribuyen al efecto invernadero en g CO₂ Equiv/kg carne libre de hueso. En el proceso de sacrificio de 1 kg de carne de cerdo libre de hueso se emitieron 200 gramos de CO₂equiv. Para poder comparar las emisiones de gramos CO₂ 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 bovino con hueso. En el rastro en estudio se generan 264 gramos CO₂equiv por 1 kilo de carne de bovino sin hueso, este valor es mayor al 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 las emisiones de CH₄, debido a la fermentación entérica y al manejo del estiércol. 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 alto 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.

4 Conclusiones

Mediante este análisis de ciclo de vida se identificaron oportunidades de prevención de la contaminación que a la vez contribuyen a la optimización de los recursos. 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. El agua es un bien natural de propiedad común y escasa en el estado de Sonora. A su vez, las aguas residuales vertidas al alcantarillado público son un potencial impacto a la salud pública, por lo que es necesario implementar estrategias para reducir el uso de agua fomentando la cultura del ahorro de agua en la empresa e implementar un tratamiento a las aguas residuales. Por otro lado, el inventario de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en Sonora (Chacón, D. et al. 2010) ha identificado a la ganadería como uno de los principales contribuyentes de gases de efecto invernadero debido a la fermentación entérica y el manejo del estiércol. Estas emisiones son significativas en comparación con otros estados de la república, es por ello que este tipo de estudios son importantes para que el personal a cargo de este rastro cuente con registros de la generación de GEI e inicie la planeación e implementación de estrategias de producción más limpia en beneficio de la salud de la población y del ambiente.

5 Referencias

- Baldwin, C. ed., 2009. Sustainability in the Food Industry. 1st ed. United States, Wiley-Blackwell.
- Calculadora Mexicana de CO₂. 2007. Disponible en: <http://www.calculatusemisiones.com/main.html> último acceso Enero 2011.
- Cederberg C. 2003. Life cycle assessment of animal products. En Mattson B. and Sonesson U. (Eds), Environmentally friendly food processing. 1st ed. Woodhead Publishing Limited, pp 63-64
- Chacón, D., Giner M., Vázquez M., Maldonado J., Roe S., Anderson R., 2010. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en Sonora y proyecciones de casos de referencia 1990-2020. 1st ed. Disponible en: http://www.cocef.org/Espanol/VLibrary/Publications/Inventario_Emisiones/Inventario%20Emisiones%20GEI%20Sonora%20Junio%202010.pdf último acceso Marzo 2011.
- Dalgaard R., N. Halberg, y J.E. Hermansen. 2007. Danish pork production. An environmental assessment. En Baldwin, C. ed., 2009. Sustainability in the Food Industry. 1st ed. United States, Wiley-Blackwell, pp 131-133
- DEFRA (Department for Environmental, Food and Rural Affairs). 2006. En Baldwin, C. ed., 2009. Sustainability in the Food Industry. 1st ed. United States, Wiley-Blackwell.
- Gallardo J.L., 2004 Situación Actual y perspectiva de la producción de carne bovino en México 2004. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg> último acceso Junio 2010.
- Gallardo J.L. 2006 Situación Actual y perspectiva de la producción de carne bovino en México 2006. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg>. último acceso Septiembre del 2010.
- 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.*, pp 259-272.
- IPCC, 2006. Guía para el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero. Emisiones del Ganado y el manejo del estiércol. Disponible en: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html> último acceso Enero 2011.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2009. "El estado mundial de la agricultura y la alimentación". Roma. Disponible en: <http://www.fao.org/corp/publications-corp/es/> último acceso Junio del 2010.
- US EPA Natural Gas Combustion. Disponible en: <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch01/final/c01s04.pdf>, último acceso Enero 2011.
- Vries M. y Boer I.J.M. 2009. Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessments. *Livestock Science*, pp 1-11