



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

**“Evaluación del desempeño ambiental de la producción de
carne de cerdo en una granja y una planta de faenamiento
ubicadas en la provincia de Santa Elena con una perspectiva
de ciclo de vida”**

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

MAGÍSTER EN ECOEFICIENCIA INDUSTRIAL

Presentada por:

Mayra Lorena Pazmiño Sánchez

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2021

AGRADECIMIENTO

A Dios, ya que sin el no pudiera estar aquí, a mi director de proyecto, el Dr. Ángel Ramírez., por su apoyo y paciencia, a mi jefe Juan Carlos Galecio por darme la oportunidad de seguir estudiando, al Ing. Rómulo Arzube, por permitirme hacer la tesis en el prestigioso grupo corporativo, y a mi familia por el apoyo incondicional.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi principal motor de vida que, aunque ya no esté conmigo, sus enseñanzas y amor incondicional, siempre estarán guiándome y dándome fortalezas para avanzar, para ti madre mía.

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

**Ángel Ramírez M., Ph.D.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE**

**Ángel Ramírez M., Ph.D.
DIRECTOR DE PROYECTO**

**Miguel Quilambaqui J., Ph.D.
VOCAL**

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Titulación, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

Mayra Lorena Pazmiño Sánchez

RESUMEN

La temática del presente proyecto se desarrolla entorno al "análisis del ciclo de vida (LCA o ACV) de la producción de cerdo, (*Sus scrofa domesticus*) desde la "cuna hasta el sacrificio". Se realizó en una de las granjas porcinas y en la planta de faenamiento de un grupo empresarial de nuestro país, ubicadas en la provincia de Santa Elena, donde se llevó a cabo esta investigación. En esta granja se cuenta con un cruce de razas, ya que manejan 3 líneas genéticas: para los cerdos sementales la raza Duroc, y para las cerdas reproductoras un híbrido entre las razas landrace y largewhite, en cada celo de la cerda (previa preparación) se insemina el material genético retirado de los sementales para que se produzca la gestación. El cerdo resultante también es un considerado un híbrido entre las razas mencionadas, en esta granja únicamente se manejan este tipo de razas.

Considerando toda la cadena de suministro de carne de cerdo, el presente estudio incluyó todas las etapas de cría del cerdo, tales como: reproducción gestación, maternidad, cría, desarrollo y engorde, hasta su salida a la planta de faenamiento. Así como la alimentación y manejo del estiércol.

Así mismo, en la planta de faenamiento se incluyeron 3 escenarios, el primero correspondiente a la asignación económica, y bajo la conceptualización de expansión del sistema, se presenta un segundo escenario que corresponde al tratamiento de los subproductos que se generan en el faenamiento como: grasas, sangre, vísceras y otros hacia una planta de rendering para su aprovechamiento proteico. En este mismo concepto se incluye un tercer escenario, de gestión de estos subproductos, en donde no existe tratamiento como tal, ya que se ha considerado su disposición final hacia el vertedero a cielo abierto del Cantón, en donde no se tiene aprovechamiento alguno.

El producto final fue carne de cerdo como peso de sacrificio, la unidad funcional utilizada para el análisis fue "1 kilogramo de carne de cerdo a la salida de la planta de faenamiento", sin embargo, como resultados intermedios se realiza también el análisis a nivel de 1 kilogramo de alimento balanceado a la salida de la planta y 1 kg de cerdo vivo a la salida de la granja.

Para el análisis de ciclo de vida, previamente se definieron los objetivos y el alcance, los mismos que fueron actualizados acorde al avance del estudio, posterior se realizó la recopilación de todos los flujos de entrada y salida de los diferentes procesos del alcance del estudio, a fin de contar con el inventario, una vez analizada esta información se procedió al uso de la herramienta OpenLCA, para iniciar la introducción de los datos del inventario en base a la unidad funcional, acorde al proceso o etapa que se desarrolle. Por medio de este software se obtuvo los cálculos correspondientes a los resultados de indicadores de impacto identificados del ciclo de vida, mediante el uso de la base de datos de ReCiPe H V1.13. Las categorías de impacto estudiadas dentro de este ACV, fueron: el calentamiento global, agotamiento de fósiles, eutrofización marina, transformación de la tierra, agotamiento de la capa de ozono, formación de material particulado, formación de oxidación fotoquímica, acidificación terrestre y agotamiento del agua.

Dentro de los resultados dados se puede establecer que la actividad de producción de balanceado es la que genera el mayor aporte en las categorías de impacto señaladas.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	5
ÍNDICE GENERAL	7
ABREVIATURAS	9
SIMBOLOGÍA	10
ÍNDICE DE FIGURAS	11
ÍNDICE DE TABLAS	12
CAPÍTULO 1	13
1. INTRODUCCIÓN	13
1.1 Antecedentes	13
1.2 Formulación del problema	14
1.3 Objetivos	15
1.4 Justificación del estudio	15
1.5 Estructura del proyecto	16
CAPÍTULO 2	17
2. MARCO TEÓRICO	17
2.1 Producción de cerdos	17
2.2 Características del cerdo	18
2.3 Manejo de cría del cerdo	19
2.4 Alimentación del cerdo	22
2.5 Manejo de desechos porcinos (excretas sólidas y líquidas o porquinaza)..	
.....	24
2.6 Análisis de ciclo de vida	24
2.7 Análisis de ciclo de vida de producción de cerdo	29
CAPÍTULO 3	31
3. METODOLOGÍA	31
3.1 Definición de alcance	31
3.2 Límites del sistema	31
3.3 Unidad funcional:	33
3.4 Sistema de producto	33
3.5 Producción de cerdos	33
3.6 Faenamiento de cerdos	36
3.7 Análisis de inventario	43
3.8 Evaluación de impacto	46
3.9 Paquete informático y bases de dato	49
CAPÍTULO 4	51
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
4.1 Análisis de inventario	51
4.2 Evaluación de impacto	58

CAPÍTULO 576
5. . CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....76
 5.1 Conclusiones.....76
 5.2 Recomendaciones.....76

BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS

ABREVIATURAS

ACV	Análisis de ciclo de vida
LCI	Inventario de ciclo de vida
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
GWP	Cambio climático
FDP	Agotamiento de fósiles
MEP	Eutrofización marina
NLTP	Transformación de tierras naturales
ODP inf	Agotamiento de ozono
PMFP	Formación de material particulado
POFP	Formación de oxidantes fotoquímicos
TAP 100	Acidificación terrestre
WDP	Agotamiento de agua
CED	Demanda energética acumulada
LO	Ocupación del suelo
EP	Potencial de eutrofización
AP	Potencial de acidificación
IPCC	Directrices para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero
DBO5	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
N	Nitrógeno
P	Fósforo
EMASA	Empresa Municipal de Aseo de Santa Elena
GAP	Buenas Prácticas de Agricultura
RL	Etiqueta roja
OA	Agricultura orgánica
NRRU	Uso de energía no renovable
NREU	Uso de recursos no renovables

SIMBOLOGÍA

°C	Grados centígrados
E	exponente
Km	Kilómetros
Kg	kilogramos
m	Metros
min	Minutos
m ³	Metros cúbicos
TON	Toneladas

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 3.1 Límites del sistema	32
Figura 4.1 Contribución de impactos por cada una de las fases	63
Figura 4.2 Contribución por impactos del alimento balanceado	66
Figura 4.3 Contribución por impactos de la producción de cerdos	69
Figura 4.4 Comparación de escenarios	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Peso esperado por edad (kg)	21
Tabla 2	Densidad de instalaciones.....	22
Tabla 4	Clasificación de categorías de impacto	28
Tabla 5	Asignación económica de subproductos de faenamiento	42
Tabla 6	Formulación del alimento balanceado.....	44
Tabla 7	Datos del inventario en la producción de balanceado	51
Tabla 8	Datos del inventario – producción del cerdo	52
Tabla 9	Datos del inventario en el tratamiento de agua potable	52
Tabla 10	Datos del inventario en el tratamiento de las aguas.....	53
Tabla 11	Datos del inventario del manejo del estiércol sólido.....	54
Tabla 12	Datos del inventario del faenamiento con escenario 1	55
Tabla 13	Datos del inventario del faenamiento con escenario 2.....	55
Tabla 14	Datos del inventario del proceso de rendering	56
Tabla 15	Datos del inventario del faenamiento con escenario 3.....	57
Tabla 16	Datos del inventario del tratamiento de aguas residuales	57
Tabla 17	Resultados de las categorías de impacto de la producción de alimento.....	58
Tabla 18	Resultados de las categorías de impacto de la producción de cerdos	59
Tabla 19	Categorías de impacto para del faenamiento de cerdos.....	60

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

De acuerdo a las Naciones Unidas se tiene previsto alcanzar una población de 9700 millones de habitantes en los siguientes 30 años (FAO, 2019), esta situación tendrá como consecuencia el aumento de la demanda de alimentos, que directamente se verá reflejada en el incremento de la producción ganadera, avícola y porcina principalmente.

El cerdo es considerado como una fuente óptima de carne roja, con un alto porcentaje de proteína, minerales como calcio, hierro y zinc, un amplio grupo de vitaminas y aminoácidos los cuales contribuyen a la seguridad alimentaria a nivel mundial. (FAO, 2019)

La producción de carne de cerdo se ha ido tecnificando en la última década en países latinoamericanos, para poder cumplir con la demanda de poblaciones como Ecuador.

Según el último censo agropecuario del Ecuador publicado en el 2017, se mostró que la población porcina era de 1.115.473 cerdos. (INEC, 2015), mostrando también que el consumo estimado en el 2010, paso de 7,3 kg/persona/año, a 10 kg /persona/año. (ASPE, 2018)

Durante la producción porcina son necesarias las buenas prácticas nutricionales, es necesario mantener una dieta completa que incluya proteínas, vitaminas y minerales, de acuerdo a la edad del cerdo, los requerimientos nutricionales son variables y dependen del nivel de consumo y la ganancia diaria, siendo estos afectados por factores como genética, raza, sexo, ambiente, estado sanitario, disponibilidad y absorción de nutrientes por parte del animal. Es importante además llevar a cabo actividades de desinfección dentro de las instalaciones, para evitar la propagación de enfermedades para un buen control sanitario, también es necesario el suministro adecuado de agua para el bienestar animal. Todas las operaciones dentro de la granja influyen directamente en la producción del animal (AGROCALIDAD, 2018).

El presente trabajo está enfocado a la producción porcina, la que demanda un alto contenido de alimentos que contenga cereales, o subproductos obtenidos de estos, como son las harinas, los principales o más demandantes de estas dietas corresponden al: maíz, trigo, cebada, girasol, soya y colza, dependiendo de la ubicación geográfica, siendo la soya, el girasol y colza lo quienes brindarán el mayor aporte de proteína a la dieta, el resto de cereales aportará hidratos de carbono, grasas, minerales y otros. La dieta del cerdo debe ser balanceada de acuerdo a las diferentes etapas de crecimiento, con el aporte de nutrientes y digestibilidad adecuada, ya que la alimentación puede representar un promedio del 70% de los costos de producción (RAHH, 2012).

De acuerdo a múltiples estudios, la producción porcina tiene impactos significativos en el medio ambiente, como es el efecto de los gases de efecto invernadero relacionado a emisiones de CO₂ en la combustión de fósiles, emisión de CH₄ y N₂O procedente de la gestión del estiércol y la fermentación entérica (RECKMANN, 2013), en donde se involucra la producción, transporte, crianza y manejo de desechos, a través de la herramienta de análisis de ciclo de vida – LCA, usado ampliamente en la producción porcina (COLLIN, 2016).

En esta investigación se busca analizar el ciclo de vida del cerdo, desde su fase productiva hasta su faenamiento, incluyendo la obtención del balanceado como alimento durante su tiempo de vida útil.

El sitio de estudio pertenece al segundo productor de cerdos más grande del país, una de sus granjas fue ubicada en la comuna Cerritos, Provincia de Santa Elena, al igual que la planta de faenamiento ubicada en el km 40 vía a Santa Elena.

1.2 Formulación del problema

La problemática consiste en no contar con información técnica ambiental cuantitativa sobre el desempeño ambiental de la producción animal en el país tanto a nivel de granja como a nivel de carne para consumo. Se conoce por investigaciones universales que la producción masiva de cerdos trae consigo contaminación y está asociada a la generación y manejo de desechos tales como excretas o porcínaza, emisiones a la atmósfera, descargas al agua y al suelo, gestión de mortandad, e insumos utilizados a lo largo de toda la cadena de productiva,

Los evidentes impactos ambientales de la actividad porcina, asociados a contaminación de recursos naturales, y a la atmósfera, están relacionados al Cambio climático (GWP), acidificación (TAP 100), eutrofización (MEP), demanda energética acumulada (CED), ocupación del suelo (LO), y el consumo de agua acumulativo.

El análisis del ciclo de vida ACV, es una herramienta de gestión ambiental utilizada para evaluar los posibles impactos ambientales de un producto o proceso, recopila información sobre uso de recursos y emisiones ambientales del sistema evaluado, se tiene en cuenta dentro de su análisis procesos productivos, uso de materias primas, transporte, mantenimiento, disposición final, y todo lo referente al análisis de la actividad de estudio (COLLIN, 2016)

Por lo anterior, se espera evaluar el desempeño ambiental de esta cadena productiva que involucra las fases de alimento balanceado, producción del cerdo en granjas (todas sus fases de reproducción), planta de faenamiento y manejo de subproductos en el faenamiento a través del análisis de ciclo de vida, obteniendo información cuantificable de los impactos ambientales de las etapas productivas, así como la identificación de los puntos críticos, que permitirán hacer un análisis para describir las oportunidades de mejora que podrían incluirse, a fin de disminuir estos impactos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

El objetivo general del presente estudio es cuantificar el desempeño ambiental de la producción de cerdos mediante el uso de la metodología de análisis de ciclo de vida, permitiendo la identificación de las etapas que generan mayor impacto ambiental en el ciclo del cerdo, de manera que se puedan incluir recomendaciones que brinden la disminución de estos impactos.

1.3.2 Objetivos específicos

Dentro de los objetivos específicos, tenemos:

- Describir el sistema de la producción de cerdos con una perspectiva de ciclo de vida.
- Cuantificar entradas y salidas ambientalmente relevantes de cada proceso en el ciclo de vida de la producción de cerdos.
- Determinar indicadores de impacto ambiental de ciclo de vida para la producción de cerdos.
- Presentación de 3 escenarios en la gestión de manejo de los subproductos de la planta de faenamiento.
- Identificar los procesos o actividades críticas de mayor contribución en las diferentes categorías de impacto seleccionadas.
- Proponer mejoras para los procesos de mayor contribución de impactos ambientales, en las categorías de impacto seleccionadas.

1.4 Justificación del estudio

El presente análisis de ciclo de vida se realiza con el propósito de contar con información técnica cuantificable de los impactos ambientales generados en las diferentes etapas de la producción porcina que incluyen: la producción de balanceado, cría de cerdos, faenamiento de cerdos y el manejo de subproductos del faenamiento basado en 3 escenarios. Además de contar con actividades que involucren el mejoramiento del desempeño ambiental de la producción porcina, ya que este tipo de carne es altamente demandante, ya que puede representar 42% de la producción total de carne en el mundo (RODRÍGUEZ, 2015). Siendo una fuente de alta proteína en la alimentación diaria del individuo, ya que su aporte es similar a la pechuga de pollo, pechuga de pavo o pescado graso (GOTTAU, 2015), se hace evidente conocer las implicaciones ambientales de tan ambiciosa cadena productiva, ya que puede ser comparada con fuentes de proteína de valores nutricionales semejantes, como las mencionadas.

El evaluar todas las etapas permitirá incluir en el análisis del ciclo de vida las entradas y salidas del sistema, lo que proyectará los impactos ocasionados, por las diferentes etapas del ciclo.

El análisis de ciclo es una metodología ampliamente utilizada para identificar y cuantificar los impactos ambientales generados a lo largo del ciclo de vida un producto o servicio, permitiendo establecer estrategias de mejoramiento a las actividades o etapas identificadas de mayor contribución en el análisis (DPTO. DE MEDIO AMBIENTE, 2009). Cabe destacar que el análisis de ciclo de vida puede considerarse una herramienta muy eficaz para la toma de decisiones en el desarrollo y gestión de proyectos, o manejo de recursos.

Para el presente estudio se espera conocer las etapas de mayor riesgo o críticas, de modo que las oportunidades de mejoras se enfoquen en la reducción o minimización del impacto que estas generan.

1.5 Estructura del proyecto

La estructura del proyecto se basó en la metodología para el análisis del ciclo de vida. Se realizó una evaluación del ciclo de vida de la cuna a la puerta. La LCA cubrió cuatro actividades principales de la cadena de producción porcina, a conocer: (i) la actividad de suministro de balanceados o piensos, que incluye la producción de materias primas y piensos, (ii) la actividad de cría de cerdos, (iii) la actividad de matadero y (iv) la actividad de gestión de subproductos de la planta de faenamiento o matadero a 3 escenarios, que corresponden a: la asignación económica, manejo en planta de rendering y manejo en vertedero controlado a cielo abierto en el Cantón.

En granja se incluyó 5 subprocesos: producción y preparación de alimento balanceado, cría de animales, tratamiento de agua potable en la granja, gestión de estiércol y aguas residuales.

Se tomó como unidad funcional 1 kg de canal de cerdo a la salida de la planta de faenamiento, la población fue dividida en subgrupos y se caracterizó para estimar los impactos en los ciclos de producción y las influencias estacionales, se estimaron los factores de emisión por cada subgrupo en términos de kg de metano por animales por año (IPCC, 2006).

Se obtuvieron datos mediante entrevistas, observaciones y documentos previamente levantados por parte de la empresa objeto de estudio. Se empleó el software OPEN LCA, para la interpretación de resultados, se consideró los métodos ReCiPe V.1.13, considerando como indicadores de impacto: el calentamiento global, agotamiento de fósiles, eutrofización marina, transformación de la tierra, agotamiento de la capa de ozono, formación de material particulado, formación de oxidación fotoquímica, acidificación terrestre y agotamiento del agua.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Producción de cerdos

De acuerdo a datos de La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) indica que la cantidad mundial de producción de carne ha tenido un crecimiento alarmante del 324%, durante los años de 1961 a 2012. En donde se registra a China como el mayor productor de este tipo de especie, con un crecimiento acelerado de 70 millones de toneladas en los últimos 35 años. Las importaciones en países como Japón y República de Korea se mantuvieron estables, mientras que las importaciones de la Federación Rusa disminuyeron en hasta un 3% por ciento, debido a las restricciones impuestas a las importaciones de carne y el aumento de la producción nacional. Por otro lado, en Europa se obtuvo un crecimiento de 0.6% de la producción. En el 2018, se registra un incremento del 0,6% con respecto al año 2017, manteniendo una producción aproximada de 120 millones de toneladas de carne de cerdo, y se prevé un crecimiento similar en los próximos años. En América, se registran datos de la mayor parte de la producción, principalmente provienen de EEUU, Canadá, Brasil y México. Lo que se refleja en el crecimiento del 2.4% de la región entre el 2000 y el 2010. La producción de carne de cerdo se ha ido tecnificando en la última década en países latinoamericanos, para poder cumplir con la demanda de poblaciones como Ecuador.

Nuestro país, hasta hace unos años limitaba la crianza de cerdos a patios, y pequeñas granjas rusticas, su alimentación se basaba en desechos orgánicos de cocinas, esto provocaba enfermedades y emisión constante de olores desagradables para las comunidades. Dada las exigencias del mercado y de la creciente demanda las condiciones de crianza porcina son más tecnificadas y se basan en protocolos para su medicación, alimentación y medidas de salubridad. (ASPE, 2018).

Según el último censo agropecuario del Ecuador publicado en el 2017, se mostró que la población porcina era de 1.115.473 cerdos. (INEC, 2015), mostrando también que el consumo estimado en el 2010, paso de 7,3 kg/persona/año, a 10 kg /persona/año. En el año 2016. (ASPE, 2018)

Para la crianza de cerdos en la actualidad se centra en la obtención de ejemplares con alto rendimiento en cortes magros, alta velocidad de crecimiento y eficiencia de conversión alimenticia, reducción de capa de grasa dorsal y máxima longitud en canal.

Una de las principales problemáticas que enfrenta la producción de cerdos radica en la variación de precios de las materias primas (alimentación) o a su alto costo, lo que disminuye su competitividad frente a los países vecinos.

En la última década, la industria porcina ecuatoriana ha tenido un desarrollo eficiente de su productividad, ya que ha implantado prácticas que le han permitido ganar

competitividad y fortalecer su participación en el mercado, entregando productos de buena calidad que brindan una alta proporción de magra con propiedades nutricionales adecuadas. (ASPE, 2018) La producción porcícola está ligada a que exista un incremento de los efectos de la contaminación que generan las diversas actividades que involucra la producción de este tipo de cárnico. (COLLIN, 2016)

A través del presente estudio se contó con la participación de un grupo porcícola del país que cuenta con granjas porcinas ubicadas en diferentes provincias del país, y además cuenta con una planta de faenamiento de alta tecnología. La actividad porcicultura en el país es una de las principales actividades en el sector pecuario.

2.2 Características del cerdo

Los cerdos son animales domésticos que se les atribuye una alta inteligencia y capacidad de aprendizaje, lo que puede facilitar el manejo en las diferentes etapas de su ciclo, y además a su capacidad de adaptación a diferentes condiciones. Posee un rendimiento mayor a los rumiantes, ya que se considera un canal de aproximadamente el 75%.

A una edad adulta los cerdos poseen una capa gruesa de grasa que lo protege de las temperaturas frías, sin embargo, en los recién nacidos esta capa es muy fina, lo que provoca que sean sensibles a los cambios bajos de temperatura, lo que podría incrementar su mortandad en esta etapa

La clasificación racial de los cerdos es extensa, ya que se clasifican de acuerdo a su propósito productivo, color de piel, país de origen y perfil en cada una de estas secciones. De acuerdo a la raza de cerdos del estudio, se ha realizado un enfoque en las razas Duroc, Landrace y Large White.

Los cerdos **Duroc** no se conoce con exactitud su origen, sin embargo, estudios indican que tiene su origen mediante el cruce de razas de cerdos de Guinea: Berkshire y Tamworth. Son animales grandes de capa roja, poseen una cabeza pequeña y ancha, con un cuello corto y grueso. Su espalda y lomos son anchos. Presentan una ventaja alimenticia, ya que su proceso de asimilación de alimentos es mayor que otras razas. Asimismo, poseen una alta resistencia de adaptación y vulnerabilidad a enfermedades. Poseen un temperamento nervioso y poco dócil, más aún las hembras cuando están en periodo de parto o de lactancia. Se estima un grado de prolificidad media de 10 crías por parto, con una alta producción de leche. El peso promedio del macho es de 435 kg y de las hembras de 340 kg. Esta raza es más empleada en la etapa productiva como paterna (INTA, 2010).

La raza **Yorkshire o Large White** tiene su origen en el Condado de York, Gran Bretaña mediante cruces de cerdos nativos (Leicestershire) con cerdos de China y de Siam en 1866. Existen algunas variantes de este tipo de raza, en América es una de las de mayor uso en la producción de cerdos. Posee una capa blanca, su piel rosada y con mucosas despigmentadas. Cuenta con una cabeza compacta, mediana con hocico ancho, su cuello es de longitud media es de proporción fina y unido a su

espalda. Son considerados una especie especializada en la producción de carne y tocino, y además con un alto rendimiento productivo. Su capacidad de proliferación es de 10 a 11 lechones por cada parto, lo que las hace clasificarlas como una raza en maternidad, junto con la raza landrace. Su etapa de crecimiento es rápida principalmente en la lactancia y la primera etapa de desarrollo (INTA, 2010). El temperamento es dócil, aunque en etapas de estrés como el parto y la lactancia, se vuelven nerviosas y activas. El peso promedio de la hembra es de 280 kg y de los machos de 390 kg aproximadamente.

Landrace o **Landrasse**, este tipo de raza tiene su origen en Dinamarca, es conocida como la primera raza mejorada por medio de métodos científicos, siendo la más seleccionada y magra a nivel mundial. Posee capa blanca con piel rosa y blanca con mucosas despigmentadas. Su cabeza es poco alargada de aspecto fino y compacto, con un tronco largo, ya que cuenta con un par de costillas adicionales a las otras razas. Tiene una alta capacidad abdominal e implantación mamaria, con extremidades muy bien desarrolladas. Su capacidad de reproducción es de 11 a 13 crías por parto, con una excelente aptitud materna, temperamento dócil y buena producción de leche, lo que la clasifica a esta raza a ser utilizada en las etapas de maternidad. El peso promedio de la hembra es de 300 kg y de los machos de 400 kg (INTA, 2010).

2.3 Manejo de cría del cerdo

En la actualidad se utilizan 3 sistemas en la cría de cerdos, que corresponde al: sistema extensivo, sistema intensivo y sistema semiextensivo. De acuerdo al sistema utilizado en la granja de estudio, pertenece al sistema intensivo.

2.3.1 El sistema intensivo

Este sistema se basa en galpones que cuentan con un área específica reducido acorde a la etapa de crecimiento, lo que maximiza la producción, ya que brinda las condiciones favorables que garantiza una alta productividad e inocuidad (INTA, 2010). Este tipo de sistema cuenta principalmente con:

- Instalaciones con un adecuado espacio, buena ventilación e iluminación, y controles automatizados.
- Asistencia técnica que controle y asegure el cuidado de los animales en las diferentes etapas.
- Alimentación adecuada y balanceada de acuerdo a la categoría y estado reproductivo, con los porcentajes de energía y fibra requeridos principalmente.
- Limpieza, sanidad e higiene de las áreas.
- Uso de inseminación artificial y de otras técnicas o recursos reproductivos que favorezcan la inducción del celo.

Esto permitirá que la alta producción sea eficaz y eficiente, reduciendo los recursos. Los residuos orgánicos pueden ser recogidos y aprovechados como fuente de fertilizantes. Además de obtener un animal de un alto valor genético.

Este sistema permite contar con todas las etapas reproductivas del cerdo, sin embargo, es recomendable que estas se encuentren plenamente identificadas y separadas por temas de bioseguridad. Generalmente están divididas en 5 áreas, que corresponden a:

- Verraquera o área de reproducción
- Área de gestación
- Maternidad
- Área de inicio o recría
- Engorde

En el área de verreaquera o de reproducción, se encuentran las cerdas de reemplazo, las cerdas vacías y los sementales. Se estima un promedio de 17 cerdas por verraco (INTA, 2010)

En el área de gestación, se encuentran las cerdas gestantes que han sido verificadas. La etapa de gestación tiene un periodo de duración de aproximadamente 114 a 116 días.

Maternidad, las cerdas que están próxima al parto, se las prepara unos días antes para que no existan complicaciones en la labor. En el parto el promedio de lechones es de 10 a 13, según el tipo de raza. Posterior al parto viene el periodo de lactancia que suele duran entre 28 a 49 días (esto dependerá de las condiciones de manejo de la granja), luego viene el destete donde los lechones son pasados a otros galpones. Las cerdas que han parido entran en un periodo de vacío que dura 1 semana en promedio, para la recuperación del útero, pasado estos días la cerda entra nuevamente en periodo de celo y es llevada a los galpones de reproducción para que se repita el proceso en caso de quedar preñada, si no ocurre esta será provechada en cada etapa de celo (INTA, 2010).

A los cerdos recién nacidos se les realiza al primer día el corte y curación del ombligo, así como el descolmille y corte de la cola. Reciben una dosis de hierro, y son generalmente castrados entre 3 a 7 días de nacidos. Antes del destete son desparasitados, y vacunados contra la E. Coli K88 (INTA, 2010).

Área de inicio y crecimiento.

En el destete se realiza desde la quinta a novena semana de edad del lechón, este dependerá de las condiciones de manejo y alimentación que se lleven a cabo, es importante que cada lechón sea pesado cuando llegue al galpón para llevar un adecuado control de los registros. En esta etapa se considera una mortalidad aceptable en este grupo de crecimiento del 4 % y debe considerarse en esta etapa el 3 % de desecho. Por eso es necesario mantener una alimentación equilibrada, adecuada y de fácil digestión, de modo que garantice un óptimo crecimiento (INTA, 2010).

TABLA 1
PESO ESPERADO POR EDAD (KG)

Edad	Peso en kg
Al destete (28 a 49 días)	20 a 25
Iniciación (42 a 91 días)	25 a 45
Crecimiento (92 a 133 días)	45 a 80
Engorde (134 a 175 días)	80 hasta 120

Fuente: (ABALCO, 2013)

Área de crecimiento y engorde.

Esta área considera el desarrollo y engorde del cerdo, siendo la más importante de su ciclo productivo, ya que puede representar el consumo de alimento de hasta el 80% de su ciclo. Una buena alimentación permite tener un rendimiento más eficiente, y producir una carne magra. En esta fase las recomendaciones típicas de conversión alimenticia es de mínimo 2.8 kg de alimento por cerdo por día. En la etapa de engorde se acepta hasta el 2 % de mortalidad (INTA, 2010).

2.3.2 Sistema extensivo

Este sistema se caracteriza por contar con infraestructura precaria y no contar con profesionales adecuados para la asistencia técnica que se requiera. Este sistema es adoptado principalmente por campesinos que cuentan con tierras para la explotación porcina. Su rendimiento es bajo ya que la alimentación, no se basa en el aporte de energía y nutrientes que requiere el cerdo, el peso promedio que el cerdo alcanza es de 25 a 40 kilos, y posteriormente es comercializado o llevado a algún matadero de condiciones de saneamiento deficientes (FALCONI, 2011).

2.3.3 Sistema semiextensivo

Este sistema incluye prácticas del extensivo e intensivo, ya que ha incorporado medidas que han permitido una tecnificación básica a la granja en cuanto a la infraestructura, sin embargo, mantiene equipos de fabricación artesanal, y la alimentación de los cerdos puede ser variable incluyendo balanceado como productos aprovechados de la zona de implantación (FALCONI, 2011).

**TABLA 2
DENSIDAD DE INSTALACIONES**

Etapa productiva	Peso (kg)	Densidad cerdos/m²
Lechones de maternidad	Hasta 10	0.15
Recría	10 a 20	0.20
Recría	20 a 30	0.30
Engorde y crecimiento	30 a 50	0.40
Engorde y crecimiento	50 a 85	0.55
Engorde y crecimiento	85-110	0.65
Engorde y crecimiento	Mas de 110	1
Maternidad	Cerdas después del parto	1.64
Maternidad	Cerdas en producción después del parto	2.25

Fuente: (INTA, 2010)

2.4 Alimentación del cerdo

El cerdo al ser considerado un animal monogástrico, dentro de su alimentación debe tener nutrientes ricos en proteína y complejo B (ABALCO, 2013).

Requerimientos de cerdas gestantes:

Las cerdas gestantes y los machos reproductores tienen similares requerimientos nutricionales, por ende, requerirán alimentación que les provea 3.100 Kcal de energía digestible y un 14% de proteína cruda (ABALCO, 2013)

Requerimientos de cerdas lactantes:

Como es de conocerse en esta etapa las necesidades alimenticias deben ser más altas, debido a la producción de leche, ya que podría causar un desbalance en las reservas nutritivas de la hembra, el aporte de nutrientes del concentrado alimenticio debe ser por lo menos, en proteína del 18%, y de energía digestible: 3.300 Kcal. /Kg (ABALCO, 2013).

Requerimientos de cerdas secas y reproductores:

Las cerdas secas y los reproductores que tienen mucho servicio, se les debe suministrar más alimento para igualar las condiciones normales, se estima que requieren de valores nutricionales similares a las de las cerdas gestantes, con un incremento del 5% del aporte nutricional, para llegar a las condiciones normales. Con un aporte de calorías mínimo de 3400 calorías y 18% de proteína (ABALCO, 2013).

Requerimientos para lechones:

Las necesidades nutricionales para lechones lactantes son las más críticas que en otras fases de producción, ya que debido a su edad el sistema digestivo del lechón no se encuentra totalmente desarrollado, por lo que su principal fuente de alimento es la leche materna; razón por la que en los galpones de maternidad están las cerdas madres aproximadamente 20 días, dependiendo las condiciones de manejo de la granja (ABALCO, 2013)

A fin de acelerar el desarrollo y crecimiento de la cría, el porcicultor debe iniciar lo más pronto posible el suministro de alimentos al lechón, para lograr el mayor peso posible al destete y mejorar el rendimiento. En esta fase se recomienda un suministro de alimento con el 18% de proteína y 3.400 Kcal. de energía digestible (ABALCO, 2013)

Cuando pasen a los galpones de recría, es decir después del destete se debe mantener una alimentación balanceada con el mismo valor energético de 3400 Kcal. de la fase anterior y se rebajará a un 16% la proteína (ABALCO, 2013).

Requerimientos para levante:

Este período va desde los 20 kilos de peso vivo del lechón, hasta alcanzar en promedio los 45 kilos. En esta fase los cerdos deben recibir un alimento que les brinde un aporte de proteína del 16 y de 3200 kcal. de energía digestible (ABALCO, 2013).

Requerimientos del engorde

Después de alcanzar los 45 kilos de peso del cerdo y hasta el momento de su traslado a la planta de faenamiento o distribuidor, el cerdo debe recibir diariamente un aporte del 14% de proteína cruda y 3.250 Kcal. de energía digestible (ABALCO, 2013).

En la siguiente tabla se evidencian las necesidades típicas de los cerdos en cuanto a nutrientes y en sus diferentes etapas de crecimiento.

TABLA 3
REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL CERDO

Nutrientes	Destete	Crecimiento	Engorde	Reemplazo	Gestación	Lactancia
Energía (kcal/kg)	3400	3200	3250	3200	3100	3350
Proteína (%)	18	16	14	16	14	18
Lisina (%)	1.2	0.9	0.75	0.88	0.55	1.10
Calcio (%)	0.8	0.75	0.60	0.82	0.8	0.85
Fósforo (%)	0.34	0.35	0.30	0.36	0.32	0.34
Sodio	0.18	3.2	6.4	0.15	0.15	0.15

Fuente: (ABALCO, 2013)

2.5 Manejo de desechos porcinos (excretas sólidas y líquidas o porquinaza).

De forma global en las explotaciones porcinas, el manejo de las excretas es considerada la mayor problemática de esta actividad, ya que tiene un alto aporte de nutrientes que ocasionan contaminación al ambiente, sin embargo, este manejo debe verse como oportunidad, por ser considerada como una fuente contenedora de energía, materia orgánica y nutriente. Las excretas porcinas sólidas pueden ser utilizadas en: la elaboración de compost, lombricultura, porquinaza seca (abono), porquinaza en alimentación animal para rumiantes, fertilización sólida; en cuanto a las excretas líquidas, como: fertilizantes líquidos, producción de energía y biomasa, pastos productivos complementarios. Cabe destacar que dos tercios del alimento que es suministrado a los cerdos se convierten en desechos (porquinaza), y que aproximadamente el 60% de este se puede recuperar, mediante la separación de sólidos, para que sean aprovechados acorde a su valor nutricional (VALENCIA, 2010).

De forma tradicional o convencional este desecho ha sido manejado en la elaboración de fertilizantes o abonos para el mejoramiento de los suelos agrícolas. Sin embargo, de acuerdo a sus nutrientes, puede ser utilizado como una alternativa en la alimentación animal de otras especies, por la conversión a proteína en un proceso de fermentación (VALENCIA, 2010). El uso de excretas frescas en alimentación de los rumiantes, no es del todo aceptada por la comunidad agroindustrial debido a que puede existir la presencia de patógenos, que pudieran generar patologías a los animales. Se han diseñado técnicas de ensilaje para un mayor aporte nutrientes secos se combinen con esta y se disminuya este riesgo, o técnicas de secado previas. Esta problemática de la presencia de patógenos, ha perdido importancia, ya que algunas evidencias sugieren que los organismos patógenos desaparecen a lo largo del tracto digestivo de los animales rumiantes que son alimentados con las excretas secas del cerdo (VALENCIA, 2010).

2.6 Análisis de ciclo de vida

Existen varias conceptualizaciones del análisis de ciclo, siendo una herramienta integral y muy eficaz en la cuantificación de los impactos ambientales que se puedan generar a través de toda la cadena productiva desde la extracción de materias primas hasta la disposición final de un producto (MATTHEWS, 2015).

El análisis del ciclo de vida nos permite evaluar los impactos ambientales de un producto, proceso o actividad durante todas las etapas de su existencia al recopilar información sobre entradas y salidas importantes en el sistema y sus impactos potenciales (MIHELCIC, 2011), generando información que a través de un análisis técnico se puedan promover alternativas que se encaminen a la sustentabilidad (MATTHEWS, 2015). De acuerdo a la legislación ecuatoriana el ACV constituye una herramienta importante para evaluar impactos orientadas a la minimización de la contaminación, lo cual se refleja en su normativa nacional vigente, constitución, leyes, acuerdos y registros oficiales, sin embargo, no se exige la aplicación de este procedimiento para obtener permisos para el desarrollo de proyectos.

El análisis de ciclo de vida involucra básicamente las entradas y salidas de las diferentes etapas que lo conforman; las entradas pueden ser: uso de recursos, materias primas, insumos, energía, abastecimiento de agua, entre otros que se presentan en cada etapa. Las salidas corresponden a las emisiones al aire, al agua, suelo, desechos, subproductos que se generan en cada etapa del estudio (DPTO. DE MEDIO AMBIENTE, 2009). El análisis de ciclo de vida involucra 4 fases, de acuerdo a la NORMA ISO 14040, que a continuación se mencionan:

- Definición y objetivo del alcance
- Análisis de inventario
- Evaluación de impacto
- Interpretación de resultados

El alcance del estudio estará orientado a limitar el sistema, así como el nivel de detalle que se desarrolle en él. Existen 3 enfoques del análisis de ciclo de vida, el primero relacionado con las entradas y salidas de los procesos o etapas que participan en la cadena productiva: es decir, cuando se incluye la extracción de materias primas, proceso de fabricación y uso del producto hasta su disposición final, se denomina de la “cuna a la tumba”. El segundo término es conocido como de la “cuna a la puerta”, cuando se incluye la extracción de las materias primas hasta la salida de la planta de fabricación. Y el tercero cuando se toma en cuenta únicamente el proceso de fabricación, se denomina de la “puerta a la puerta”.

La fase de análisis del inventario del ciclo de vida implica toda la recolección de información técnica de las entradas y salidas de los procesos o etapas que forman parte del alcance del ACV.

La interacción de las entradas y salidas recopiladas permiten hacer una evaluación de los aspectos y efectos ambientales relacionados con cada etapa, generando indicadores de impactos potenciales, a través del uso de factores o equivalentes.

La interpretación de los resultados del ciclo de vida es la fase final del procedimiento de ACV, en donde se revisará la información de los impactos ambientales y de la identificación de los puntos críticos, a fin de brindar recomendaciones u oportunidades de mejora direccionadas al camino de la sustentabilidad.

La presente investigación busca analizar el ciclo de vida del cerdo, desde su fase productiva hasta su faenamiento, incluyendo la obtención del balanceado como alimento durante su tiempo de vida útil. El sitio de estudio pertenece al segundo productor de cerdos más grande del país, una de sus granjas fue ubicada en la comuna Cerritos, Provincia de Santa Elena, al igual que la planta de faenamiento ubicada en el km 40 vía a Santa Elena.

2.6.1 Definición de objetivo y alcance

El objetivo del análisis de ciclo de vida es una declaración de la intención del estudio (MATTHEWS, 2015), establece la razón que motiva hacer el estudio, así como su aplicación directa. Define el sistema del producto y la audiencia que va dirigida

El alcance del estudio incluye varios parámetros, de acuerdo a los requerimientos de la ISO, sin embargo, se mencionan 5 principales, que corresponden a: el sistema del producto estudiado, la(s) unidad(es) funcional(es), los límites del sistema, y el inventario y/o evaluación del impacto a ser rastreado (MATTHEWS, 2015).

El sistema de producto incluye un conjunto de los procesos más relevantes y los flujos que se relacionan con el ciclo de vida del producto de estudio que puede tener lugar a diferentes funciones (MATTHEWS, 2015). Es importante tener claramente identificadas todas las características que forman parte del sistema del producto, como son las entradas, salidas, procesos de fabricación, transformación entre otros (ISO/TC, 2006).

La unidad funcional es una medida que se relaciona con todos los flujos de entrada y salida que forman parte del sistema de producto, permitiendo una evaluación en función de una unidad, que pueda ser comparable (ISO/TC, 2006), debido a que los resultados del estudio deben ser normalizados por la unidad funcional.

2.6.2 Análisis de inventario de ciclo de vida

El análisis de inventario involucra un modelado de las entradas y salidas de los sistemas principales que forman parte de un producto y en sus etapas de ciclo de vida (ISO/TC, 2006). Generalmente el análisis de inventario involucra los siguientes pasos:

- Preparación para la recopilación de datos en función del objetivo y el alcance.
- Recopilación de datos.
- Validación de datos
- Asignación de datos
- Relacionar datos con el proceso de la unidad
- Relacionar datos con la unidad funcional
- Agregación de datos

Dentro de la *preparación para la recopilación de datos*, se debe tener en cuenta la mayor cantidad de flujos posibles que interactúan con el sistema, y que estén dentro de la caja de procesos, por esto es importante ya tener delimitado el sistema y definidos los objetivos. Sin embargo, si al iniciar el estudio existen datos que son poco accesibles o no se cuentan, el objetivo, los límites del sistema o el sistema de producto puede ser modificado u ajustado su alcance.

Para la recolección de datos se debe medir, calcular o estimar datos que permitan contar con una representación del proceso del sistema (MATTHEWS, 2015), en esta recolección se pueden obtener datos primarios (mediciones directas de flujos) o datos

secundarios (a través de fuentes bibliográficas o estimaciones) En la validación de datos se hace una reevaluación de los datos obtenidos en relación a los objetivos del estudio. La asignación de datos permite la conexión de los flujos de entrada con los productos obtenidos, basada en una relación matemática entre los productos. El método que utiliza para realizar la asignación debe basarse en las relaciones físicas (como la participación de masa o energía en los productos) de ser posible, en caso de que no sean posibles estas relaciones, se puede establecer la asignación económica. Es importante tener en claro que el método de asignación que se utilice, debe garantizar que la sumatoria de los flujos de entradas y salidas son iguales que las asignadas.

En los datos recopilados en donde se establezcan todas las entradas y salidas, es importante que estén basados generalmente para la salida de 1 unidad de ese proceso, y se validen los datos con balances de materia y energía. Para posteriormente escalar los flujos de proceso de la unidad establecida a la unidad funcional, formando los resultados totales en base a ella (MATTHEWS, 2015). El uso de tablas y diagramas del sistema del producto es de vital importancia, ya que refleja los valores para diferentes niveles basados en la unidad funcional.

2.6.3 Evaluación de impacto de ciclo de vida

Para conocer y evaluar la magnitud y significancia de los impactos ambientales del ciclo de vida del producto se utilizan métodos que permitan transformar los datos recopilados del inventario en resultados de indicadores ambientales o impactos observables (DPTO. DE MEDIO AMBIENTE, 2009). A nivel mundial existen varios modelos para esta evaluación, no se tiene normalizado un tipo de específico de modelación. De acuerdo a la norma ISO14040:2006, se ha establecido una serie de actividades o etapas, que se clasifican en elementos obligatorios y elementos opcionales (ISO/TC, 2006):

Dentro de los elementos obligatorios, se deben realizar:

- La definición de categorías de impacto, indicadores de categoría y modelos de caracterización.
- Clasificación: Asociación de los resultados del análisis del inventario de a categorías de impacto.
- Caracterización: Cálculos de resultados del indicador de categoría.

Como parte de los elementos opcionales, tenemos:

- Normalización
- Agrupación
- Ponderación
- Análisis de calidad de datos

La selección de las categorías de impacto, representan los impactos ambientales de los cuales vamos a obtener los resultados, por eso la importancia de definir

claramente cuales sean las más relevantes aplicadas al proceso de estudio. Existen una amplia lista de las categorías de impacto conocidas, a continuación, en la tabla No. 2.4 se presenta a modo ilustrativo las principales categorías utilizadas, sin embargo, estas siempre serán clasificadas de acuerdo a la naturaleza del sistema de producto:

TABLA 4
CLASIFICACIÓN DE CATEGORÍAS DE IMPACTO

Categoría de impacto	Unidad de referencia	Factor de caracterización
Calentamiento global	kg Eq CO ₂	Potencial de calentamiento global (PCG)
Consumo de recursos energéticos	MJ	Cantidad consumida
Reducción de la capa de ozono	Kg Eq CFC-11	Potencial de agotamiento de la capa de ozono (PAO)
Eutrofización	Kg Eq NO ₃	Potencial de eutrofización (PE)
Acidificación	Kg Eq SO ₂	Potencial de acidificación (PA)

Fuente: (DPTO. DE MEDIO AMBIENTE, 2009)

Cuando estén definidas y clasificadas las categorías de impacto a cada flujo del inventario, se compara su valor con respecto al flujo de referencia de dicha categoría, a través de factores de caracterización que se encuentran en diferentes fuentes bibliográficas. Para la valoración de impactos se cuentan con diferentes metodologías de aplicación (DPTO. DE MEDIO AMBIENTE, 2009), como se mencionan a continuación:

- EC99
- Recipe
- CML 2001
- IPCC
- EDIP/UMIP 96
- EPS 2000
- ECOPOINT S97
- TRACI
- IMPACT 2002+

Además de los elementos obligatorios, se cuenta con elementos optativos que pueden llevarse a cabo de acuerdo al objetivo y alcance del estudio. La normalización, permite los cálculos de resultados de indicador de categoría en relación a datos de referencia para comprender la magnitud relativa de los datos. La agrupación clasifica las categorías de impacto en otros grupos globales de categorías que presenten características o efectos similares, a fin de ser comparables. La ponderación realiza

una conversión de los resultados de valores obtenidos con factores de ponderación que brindan una importancia relativa, con el fin de generar una puntuación única total del impacto ambiental del sistema (DPTO. DE MEDIO AMBIENTE, 2009) . Estos últimos elementos permiten obtener un grado mayor de profundización en la interpretación de resultados.

2.6.4 Interpretación de ciclo de vida

Para la interpretación del análisis de ciclo de vida se combinan los resultados obtenidos del inventario con la evaluación de impacto realizada, permite establecer las conclusiones y recomendaciones que podrían ser las bases para la toma de decisiones en la aplicación de oportunidades de mejora dentro del sistema del producto. Ya que permite conocer cuáles serían los puntos críticos, en donde se han identificado mayores cargas ambientales.

2.7 Análisis de ciclo de vida de producción de cerdo

La contaminación generada por actividades agroindustriales, y agropecuarias está relacionada con la generación de gases de efecto invernadero indirectos, dentro de los que se encuentra el metano (CH₄) y el óxido de nitrógeno (N₂O), la porcicultura es una actividad emisora de gases resultante de los sistemas de gestión de estiércol, y la producción de ganado porcino va en aumento, de acuerdo a datos de la FAO, correspondientes a la revisión del mercado de la carne de cerdo a escalas mundiales, revelan que en el 2018 se registró un incremento del 0,6% con respecto al año 2017 (FAO, 2019). Para la revisión de este ítem se han revisado bibliografías similares al estudio, que se encuentran incluidas en el Anexo A, donde se detallan las características principales de las investigaciones de análisis de ciclo de vida de la producción de cerdos de los diferentes autores, que se mencionan a continuación:

En la actividad porcina, se atribuye a la producción del alimento balanceado como la etapa de mayor contribución de los impactos ambientales (KEBREAB E., 2016), siendo el cultivo y procesamiento de la soya, el que brinde mayor aporte en la fórmula del balanceado. En Alemania se han realizado estudios para reemplazar parcialmente los productos a base de soya por aminoácidos sintéticos con el fin de disminuir los impactos ambientales que se generan en la cadena de suministro de la carne del cerdo.

Acorde al desarrollo de un Análisis del ciclo de vida de la producción porcina en Alemania, que incluía las etapas de alimentación, cría de cerdos y faenamiento relacionadas a las categorías de impacto de: cambio climático, eutrofización y acidificación, se obtuvieron como resultados que la producción de carne de cerdo genera 3.22 kg de CO₂-eq por kg de cerdo; 23.3 g PO₄-eq por kg de cerdo; y 57.1 g SO₂-eq por kg de cerdo, respectivamente en relación a las categorías mencionadas. Además, permitió identificar que la etapa de alimentación, genera la mayor contribución de los impactos cuantificados. En la categoría de cambio climático, su aporte fue del 63%, seguida de la cría de cerdos con un 30% y el faenamiento con el 7%. En la cría de cerdos, la etapa de desarrollo mayor contribución corresponde al

engorde, en donde su aporte representa más del 60% de las categorías medidas (RECKMANN, 2013).

En un estudio de análisis de ciclo de vida realizado en la producción de cerdos de Brasil y Francia, que incluía la alimentación, cría de cerdos y manejo de estiércol, se pudo determinar que la producción del alimento balanceado contribuía con el mayor aporte en las categorías analizadas, las mismas que fueron: Cambio climático, acidificación, eutrofización, demanda de energía acumulada, ecotoxicidad terrestre y ocupación de tierra (MONTEIRO, 2016). Siendo la demanda de energía acumulada y la ocupación de tierra con mayor aporte de esta etapa, con más del 90% en ambos países; la aportación en la categoría de cambio climático, en Brasil, del alimento represento un 40%, mientras que en Francia el 50%, el otro porcentaje restante de esta categoría la aporta el manejo de estiércol con la presencia del óxido nitroso y metano (DEVERS, 2013)

En Suecia, se estudiaron 3 crías del futuro, simulando escenarios enfocados en el bienestar animal, el medio ambiente y la calidad de producto a un menor precio, en este estudio se concluía que la principal mejora de la producción porcina debe esta direccionado a la mejora de la producción del balanceado (DEVERS, 2013).

En un estudio que se centró en la producción porcina en Dinamarca, genero mayores aportes en las categorías de cambio climático, eutrofización y acidificación. Concluyendo que se puede disminuir en un 5% el aporte del Potencial de calentamiento global si se utilizara la enzima xilanasa en la elaboración del balanceado, ya que mejora la digestibilidad (DEVERS, 2013).

CAPÍTULO 3

3. METODOLOGÍA

3.1 Definición de alcance

El alcance del presente estudio es el de realizar un análisis de ciclo de vida desde la cuna hasta la puerta de la producción porcina de una granja de cerdos y planta de faenamiento, ubicados en la provincia de Santa Elena.

3.2 Límites del sistema

Los límites del sistema abarcan:

- Planta de alimento balanceado.
- Granja porcina: tratamiento de agua potable, manejo de desechos líquidos y sólidos (porcinaza) y alimentación.
- Planta de faenamiento: tratamiento de aguas residuales, manejo de subproductos de faenamiento en 3 escenarios: asignación económica, planta de rendering y gestión en vertedero controlado a cielo abierto del Cantón. Dentro de esta etapa se incluye también la alimentación y la producción de cerdos.

Se ha estimado que el límite temporal del estudio de análisis de ciclo de vida sea de un año, correspondiente a datos del año 2019.

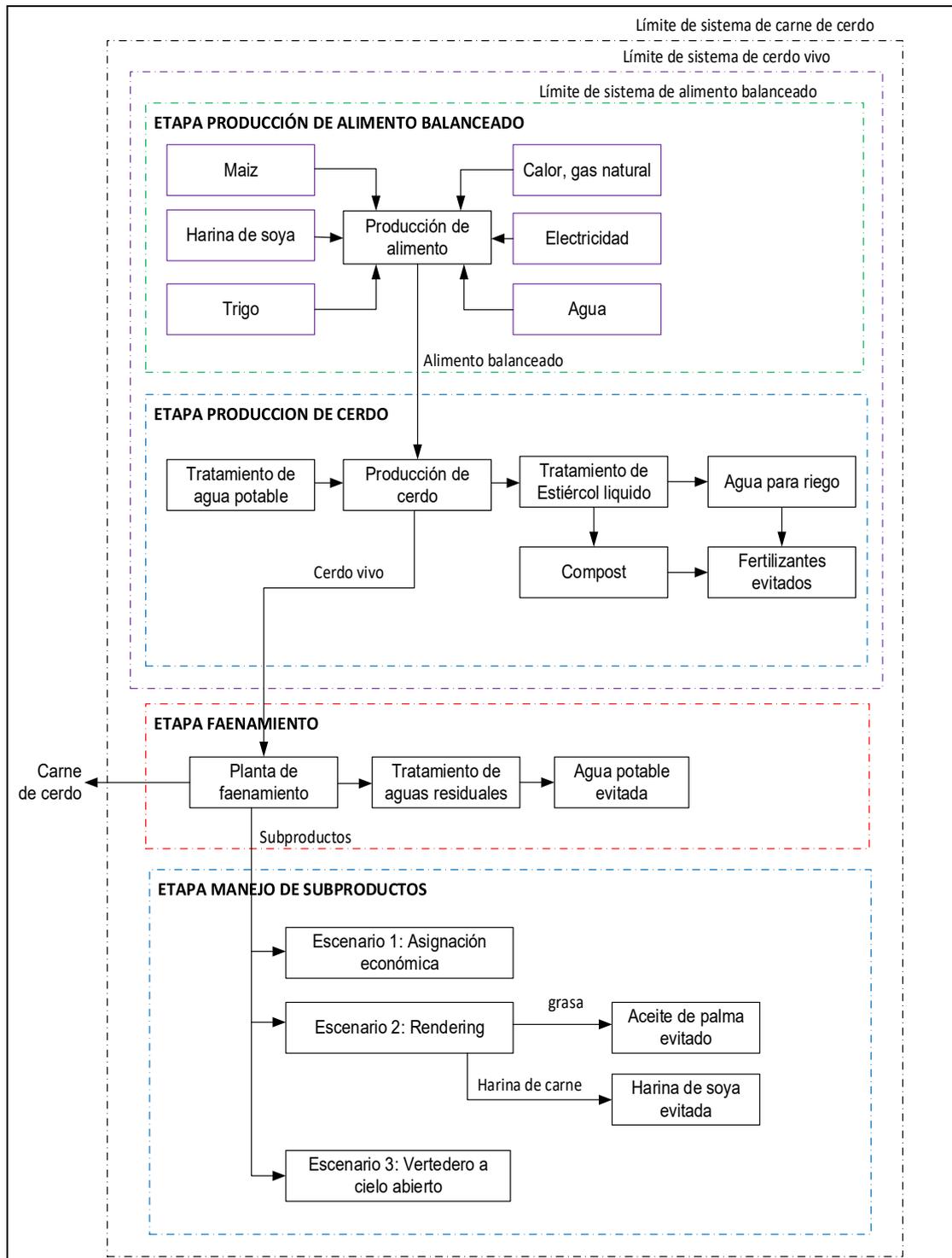


FIGURA 3.1.- LÍMITES DEL SISTEMA

Fuente: (Elaborado por Autor)

3.3 Unidad funcional:

1 kg de alimento balanceado a la salida de la panta

1 kg de peso vivo a la salida de la granja

1 kg de canal de cerdo a la salida de la planta de faenamiento

3.4 Sistema de producto

Para describir este sistema se ha realizado una explicación de las etapas utilizadas en el presente estudio, y que corresponden a la granja de cerdos y la planta de faenamiento.

3.5 Producción de cerdos

La granja porcina objeto de estudio tiene una producción semanal de 980 cerdos con un peso promedio de 110 kg de cada animal. Se encuentra ubicada en la provincia de Santa Elena, parroquia Chanduy

El área donde se encuentra implantada la granja se halla en altitudes entre los 35 m hasta los 52 m.s.n.m. El terreno presenta colinas medianas y sectores con pendientes visiblemente pronunciadas, además se encuentran vertederos o drenajes estacionales, debido a que se encuentra agua de forma esporádica en la época seca y se llenan de gran manera en época lluviosa, en el sector no existen cuerpos de agua cercanos. Su cobertura vegetal natural básicamente es de tipo matorral seco medianamente alterado, vegetación herbácea seca muy alterada, bosque húmedo poco alterado, matorral seco poco alterado y matorral muy alterado. Cabe indicar que el sector es netamente agrícola, se identifican varias haciendas agroindustriales.

El cantón presenta 2 climas muy marcados el seco y el lluvioso, siendo la precipitación más alta en diciembre hasta abril. De acuerdo a los datos de la estación La Libertad, INOCAR 2017-2018, se cuenta con una precipitación anual promedio de 20.22 mm/mes.

Los valores mínimos y máximos de la temperatura del aire del sector se registran entre 16-24°C y 24-32°C, respectivamente, siendo la temperatura promedio interanual es de 23.4°C.

El acceso a la granja se realiza a través de la vía Guayas Santa Elena, su ingreso se realiza a través del Puente CEDEGE en un camino lastrado de aproximadamente 4 km.

La granja porcina cuenta con todas las fases de producción, seccionadas estratégicamente por temas de bioseguridad en 2 áreas. La primera área de reproducción incluye la cría de chanchillas, maternidad y gestación, y la segunda la de crecimiento y engorde.

La granja porcina en aras de mantener un alto rendimiento y mejorar su genética, maneja una raza híbrida para hembras que son la Landrace con Large white, de origen danés e inglés respectivamente, se caracterizan por ser razas blancas mediana de buena musculatura, remarcado por la alta calidad de su canal, alto porcentaje de jamón y particularmente por la producción de tocino. Por otro lado, tienen una respuesta óptima bajo condiciones adversas, tanto de producción como climáticas. Para la producción, la raza de machos que utilizan para la reproducción es la Duroc originaria de Estados Unidos, conocida especialmente por su rusticidad y prolificidad, en engordes son excelente para ganar peso y aprovechar los alimentos, por lo cual goza de gran popularidad. Sin embargo, es criticable su tendencia a producir grasa en exceso, es una raza que se adapta a las condiciones de América latina, pastoreador, productor de carne y grasa (RAHH, 2012). En el área de chanchillas (cerdas de reemplazo) existen 4 galpones con 75 cerdas en cada uno de ellos, las cerdas con una edad inicial de 100 días permanecen en estos galpones 140 días durante su preparación para que sean inseminadas. Alcanzan un peso promedio de 120 kg, ya que se les brinda una adecuada alimentación, en este periodo están listas para la monta (o simulación) y cuando ya se han observado más de 3 celos, el veterinario procede con la inseminación del material genético para dar inicio al proceso de gestación.

Con respecto a los machos reproductores, se cuenta con un galpón de 20 cerdos, se los recibe a la edad de 100 días, estos permanecen durante toda su vida reproductiva, es decir aproximadamente 750 días, y tienen un peso promedio de 240 kg. A los 270 días de edad pueden tener dosis de semen, por lo que pueden pasar más de 210 en el entrañamiento de simulación. Una vez que son fértiles se extrae el semen 1 vez a la semana, o cada 5 días. El semen se recoge en un recipiente plástico de acuerdo a su calidad, el volumen es mezclado con agua destilada (cuentan con fórmula específica) y es almacenado en sachets herméticos a una temperatura de 16°C. Una hembra es inseminada con 2.2 a 2.5 bolsitas de 100 ml cada una.

Maternidad y gestación

La gestación es un proceso que tiene una duración de 114 a 115 días, en esta fase las cerdas son controladas en su alimentación dotando de los requerimientos nutricionales adecuados, aquí a las cerdas ya se las conoce como reproductoras. A pocos días de entrar en labores de parto, las cerdas son llevadas a otro galpón para esta labor. En la granja se cuenta con un sistema logístico, en donde se tienen programados los partos de forma semanal. Terminado el parto, a los lechones se les procede a retirar los colmillos y cola, son vacunados y se alimentan los cerdos recién nacidos únicamente con la lecha materna, se destetan a los 21 días, el promedio de nacimientos es de 13 cerdos por parto con un peso promedio de 1,2 kg. En la granja se cuenta con 5 galpones para la maternidad.

Recría

Cuando los lechones tienen 21 días pasan a los galpones de recría, estos inician con una alimentación balanceada y adecuada a fin de tener máximos rendimientos. Los cerditos permanecen 49 días hasta alcanzar un peso óptimo e iniciar el proceso de

engorde en los próximos galpones. Las madres de los cerditos se pasan al área de gestación hasta su próximo celo donde se inseminan nuevamente y se repite el ciclo anterior.

Engorde

En esta área se reciben a los cerdos del área de recría, ingresan con 71 días de edad, los cerdos de esta área manejan una dieta con 4 etapas, levante medicado, levante normal, engorde raptomina y finalizador. Una vez que los cerdos han alcanzado la edad de 160 días, y el peso de 110 kilos son retirados de los galpones hacia la planta de faenamiento o al proveedor local.

Características de galpones

Los galpones poseen un piso compartido entre cemento y *slats* (planchas térmicas ROTECNA), para facilitar su limpieza durante el desalojo de los animales. Este sistema posee un relieve antideslizante y mejora la sanidad animal, ya que disminuye el estrés causado por el traslado y adaptación al engorde.

Los galpones cuentan con *placas calefactadas hidráulicas*, las mismas que permiten las siguientes ventajas:

- Son muy versátiles.
- Reducción del tiempo de instalación y facilita la puesta en marcha.
- Permite una amplia irradiación
- Su sólida construcción y materiales utilizados evita la transmisión térmica por convección directa al cuerpo de la placa.
- Reduce el número de conexiones y cableado.
- Brinda confort a los lechones.
- Mayor resistencia.
- Facilitan la limpieza

Servicios auxiliares

Agua potable

Debido a la ubicación de la granja, se abastece de agua del canal de CEDEGE, dentro de sus instalaciones cuenta con un sistema de potabilización, que consiste en un tratamiento físico químico mediante la aplicación de coagulantes y floculantes, mejorando la calidad del agua. Una vez realizado el tratamiento del agua potable, esta es almacenada en una piscina con geomembrana de 400 m³ de capacidad. La capacidad de bombeo es de 120 l/minuto, que básicamente abastecerá las necesidades del cerdo y las actividades de la granja (baños y cocina).

Energía eléctrica

La granja se abastece de la energía eléctrica de la red pública del cantón Santa Elena, presentando un promedio mensual de 2900 kwh.

Alcantarillado y tratamiento de las aguas residuales

En el sector no se cuenta con sistemas de alcantarillado sanitario, las aguas residuales que se generan en la granja son tratadas a través de un sistema de oxidación lagunar, los desechos sólidos son retirados y manejados como abono orgánico. Las aguas residuales tratadas son enviadas a una laguna aireada para disminuir la carga orgánica, y utilizada en riego de pastizales que se encuentran dentro del predio de la granja.

Desechos sólidos

Los desechos sólidos que se generan en la granja corresponden a:

- Estiércol que se retira de galpones y se conduce al sistema de oxidación, pero es retirado a través del separador de sólidos que se cuenta en esa área, la materia en esta unidad pierde mucha humedad, el sólido que se retira es mezclado con tamo de arroz y depositado en los alrededores del sistema lagunar, para su comercialización o entrega a haciendas.
- Los desechos como sacos son reciclados.
- Los envases de productos químicos de agua potable son devueltos al proveedor, y otro tipo de envases son recolectados para su disposición con gestores autorizados.
- Los desechos bioinfecciosos que se utilizan en la inseminación son acopiados y gestionados con gestores autorizados, así como los aceites usados.
- La mortandad de los cerdos es de aproximadamente el 4% de la población, para su disposición final se cuenta con un incinerador artesanal, que cuenta con diferentes cámaras para la combustión, y se alimenta de GLP.

3.6 Faenamiento de cerdos

El camal de cerdos está ubicado en el cantón de Santa Elena, aproximadamente a unos 20 km de la granja porcina. Esta se dedica a la Recepción de animales en pie, almacenamiento temporal, faenamiento, desollado, desviscerado, preparación de carne y distribución de carne de porcino.

Dentro de las actividades productivas que se realizan este camal, tenemos:

- Inspección veterinaria
- Estabulación del ganado
- Aturdimiento
- Colgado y duchado
- Degollado y colgado
- Escaldado y depilado

- Colgado y secado
- Chamuscado
- Flagelado
- Eviscerado
- Partido
- Inspección veterinaria
- Pesado y clasificado
- Oreo
- Expedición o despiece
- Tratamiento de despojos no comestibles

Una breve descripción de cada actividad:

En la **inspección veterinaria**, el profesional encargado verifica el estado sanitario de los cerdos y los clasifica en Aptos o no aptos, estos últimos pasan a lazareto o zona de cuarentena para una inspección más en detalle.

En la **estabulación** se los mantiene en el área de corrales en grupo de 75 cerdos como máximo en cada uno de ellos. Los cerdos permanecen en reposo y únicamente se los dota de agua para disminuir el nivel de estrés, no son alimentados y permanecen de 4 a 8 horas como máximo.

Cuando ya van a pasar al faenamiento propiamente, esta se inicia con el **aturdido** donde reciben una descarga eléctrica durante 10 segundos con un voltaje de 350 y un amperaje de 1.4.

Posterior se ata la pata trasera derecha del animal a una cadena que sujeta un gancho y es **colgado** a un primer elevador hacia el comienzo del polipasto neumático o línea de producción.

Un operario realiza el **degollado** con un cuchillo afilado y esterilizado. El cuchillo perfora la piel del animal sobre la yugular con el filo del arma punzante apuntando hacia el cielo y se recibe el sangrado en una funda de plástico dentro de un balde rojo de 10 litros. La funda es sellada manualmente.

El **escaldado y depilado** se realiza con agua caliente a 62 °C en tanque de escaldado durante 3 minutos e inmediatamente el cerdo es depilado automáticamente en maquina peladora M-Serra durante 30 segundos. Esta acción eliminara todo el pelo. El pelo es acopiado en un recipiente especial para este y dispuesto por EMASA.

El cerdo es **colgado** en el segundo elevador hacia el polipasto neumático con un gancho en el ligamento de cada una de las patas traseras del animal a través de un corte con un cuchillo afilado y sanitizado, para pasar a las siguientes operaciones

El animal sigue su trayecto hacia el horno que tiene quemadores laterales, alimentado con gas propano durante 5 segundos, con la finalidad de quemar todos los pelos que todavía estén presentes y que pudieran quedar del depilado, en esta operación se

cuenta con un chamuscador manual en caso de tener inconvenientes con el automático

Retirados del chamuscado, se pasa el animal al flagelado, que consiste en el retiro de los últimos residuos de pelos, mediante rodillos dotados de tiras elásticas que giran y golpean ligeramente la piel del animal durante 1 minuto mientras lo refrescan con agua, garantizando el retiro total de este residuo.

Ya limpio el animal pasa al área de **eviscerado**, aquí mediante un corte longitudinal por la parte anal y ventral se obtienen las vísceras blancas primera y luego las rojas. Las vísceras blancas son colocadas en carrusel de carcasas. A través del carrusel, las vísceras rojas son colocadas en ganchos localizados en el carrusel, insertando la víscera roja desde el corazón en el gancho.

Se procede al **partido** del canal en dos mitades por el espinazo con una sierra eléctrica con precisión desde arriba hacia abajo.

Se realiza una **inspección post mortem**, separándose las canales y vísceras sospechosas.

Cada mitad es pesada y clasificada, y esta información es documentada en los diversos formatos correspondientes con el fin de determinar trazabilidad para el cliente comprador y auditores externos, y determinar precios.

Se produce por un choque térmico de las canales y los despojos comestibles a una temperatura dentro de un rango de 4 y 2 grados Celsius, obteniendo una rigidez post mortem y con esto se inhibe el desarrollo bacteriano superficial y se evita la pérdida de peso por evaporación.

Tratamiento despojos no comestibles. Los despojos no comestibles son acumulados y almacenados hasta su posterior disposición final con EMASA.

El producto está listo para ser comercializado y es despachado apropiadamente en camiones refrigeradores con su correspondiente termoking. Los camiones son destinados antes de entrar a la planta en garita con solución de 50 ppm de amonio cuaternario y se realiza el respectivo control de calidad en camiones.

Servicios

Agua Potable

La planta de faenamiento se abastece de agua potable a través de la red pública, su consumo semanal es 315 m³. La Capacidad máxima de la cisterna de agua potable es de 130 m³, posee también la cisterna del sistema contra incendios con una capacidad de 130 m³

Energía eléctrica

El consumo de energía eléctrica se abastece a través de la red pública, su consumo promedio mensual es de 156300 kw/h.

Alcantarillado sanitario

En el sector no se cuenta con el servicio de alcantarillado sanitario, sin embargo, la planta posee una planta de tratamiento de aguas residuales.

Aguas residuales

Los desechos líquidos que se generan en el proceso productivo, son tratados a través del PTAR que posee la planta de faenamiento. A continuación, una breve descripción del sistema de tratamiento:

Estación de bombeo

Cuenta con una estación de bombeo que recoge todas las descargas de las diferentes áreas de faenado, la bomba pasa el afluente hacia el filtro rotatorio.

Filtro rotatorio

En esta unidad se separan los sólidos de mayor tamaño, ya que estos pueden representar una fracción significativa de la carga contaminante total, y además que pueden bloquear partes importantes del tratamiento de aguas, y disolverse rápidamente, haciendo más dificultoso el poderlos separar del agua residual.

Esta unidad es autolimpiante, razón por la que los mantenimientos serán reducidos, y esto básicamente a que está conformado por ranuras y la forma de ingreso del agua. En su interior esta provisto de hilos metálicos que tienen forma triangular y están enrollados espiralmente, los cuales se hallan soldados a varillas que permiten mantener un soporte y asemejan a una cuña. Estas ranuras se van ampliando interiormente, ya que bloquea el acceso.

El ingreso del agua se da en el compartimiento de entrada. Después ha de pasar dos veces el filtro para llegar al lado del efluente del filtro, en el primer recorrido, los sólidos gruesos se van quedando detrás del exterior del tambor; y cuando se realiza el segundo recorrido se separan todos los materiales que bloquean el filtro.

Equipo para la flotación

Los aceites y grasas libres se separan del agua por medio de la unidad de flotación por aire disuelto. Para flotar aceite, grasa o flóculos se inyectan millones de micro burbujas de aire en el fondo de la unidad, esto a través de una serie de difusores de membrana que se encuentran en el fondo del tanque y que son alimentados por un medio de un blower o soplador. Estas burbujas de aire se adhieren a las partículas flotantes, de modo que las fuerza a ascender a la superficie, de este modo son

retiradas por una paleta o raspador de diseño especial. Para descargar el lodo se utiliza una tolva o una bomba para lodo.

Los sólidos que son demasiado pesados, ya que han adquirido peso, se les dificulta flotar, por ende, se depositan en el fondo, y desde aquí son eliminados de la unidad de flotación por medio de una válvula, que los conduce a su almacenamiento o al tratamiento de lodos.

Sistema de saturación

El agua del efluente es recogida en conjunto con aire comprimido en un calderín de presurización. Al subir la presión a 6 bares, el aire se disuelve en el agua. El agua saturada de aire es bombeada de vuelta a la parte inferior de la unidad de flotación donde bajo condiciones atmosféricas unos inyectores de diseño especial liberan millones de micro burbujas de aire del agua saturada.

Descarga de sedimentos

Los sólidos sedimentados en el fondo son periódicamente transportados al punto de descarga por medio de un tornillo de sedimentos para el retiro de humedad. En periodos establecidos, acorde a la programación de mantenimiento, la salida de sedimentos de la unidad DAF, se abre de modo neumático en un corto periodo de tiempo para el retiro de los sedimentos.

Descarga de lodos

El material que se descarga del agua residual se empuja a través de un raspador de acero inoxidable a un módulo dispuesto para fangos, que forma una parte separada de la unidad DAF.

Tratamiento biológico

Selector

El selector ofrece condiciones específicas para promover un crecimiento mayor de bacterias formadoras de flóculos y reduciendo el crecimiento de las bacterias filamentosas. Permite que se optimice la relación F/M, oxígeno disuelto y forma del flujo del agua para que las bacterias formadoras de flóculos superen a las filamentosas, y no se genere el bulking en los lodos.

Para la aportación de la energía de mezcla se aplica el equipo de aireación (Jet Stream aireador)

Esta unidad utiliza la combinación de la aireación y la mezcla, para lograr la estabilización del sistema. Consta principalmente de una bomba sumergible combinada con una tubería, a la que va soldada la tubería de entrada del aire. El ingreso del agua viene por gravedad desde el selector para iniciar la aireación.

Balsa aireación

En la balsa de aireación, los organismos de lodo activado convierten la DBO5/DQO absorbida. Para que exista una separación del nitrato formado por el proceso de nitrificación, se tiene programado los equipos de aireación, de modo, que tenga periodos cortos de apagado, para que de paso a la desnitrificación.

El oxígeno requerido se aporta por el agitador/aireador flotante para la agitación/aireaciones combinadas.

El agitador/aireador es un tipo de aireador de superficie, con diseño especializado en la combinación de agitación y aireación. En el aireador, el agua llega a través de una tubería y se extiende por debajo del flotador a través de un tornillo, y de este modo se va esparciendo en la superficie del agua.

Al absorber el agua de debajo la flotación, se crea un caudal intenso, ancho y profundo en la balsa que evita que los sólidos se sedimenten en un área grande.

La poca altura a la que es rociada el agua disminuye la espuma, y evita casi completamente la formación de olores, y con ello el nivel de ruidos es bajo. La aireación evita las condiciones anaeróbicas, que pueden generar la emisión de olores, propios de la descomposición orgánica de la carga contaminante.

Tratamiento terciario

Limpieza del efluente

Aparte de tener en cuenta el cumplimiento de las demandas de nitrógeno, nitrato, DBO5 (demanda química de oxígeno) y DQO (Demanda bioquímica de oxígeno) en la fase del tratamiento biológico, pueden ser obligatorios otros requisitos adicionales del efluente.

Equipo de cloración del efluente

Para inactivar o matar las bacterias y los virus presentes en el efluente, el efluente se desinfectará antes de la descarga o de un tratamiento adicional. El método de desinfección con productos químicos más común implica alguna forma de cloro o sus compuestos tales como cloramina o dióxido de cloro. El cloro es un oxidante fuerte que mata rápidamente muchos microorganismos nocivos. Debido a que el cloro es un gas tóxico, existe el peligro de una liberación asociada con su uso. Este problema se evita mediante el uso de hipoclorito de sodio, que es una solución relativamente económica que libera cloro libre cuando se disuelve en agua, sin embargo, se dosifica de forma adecuada, ya que la descarga es utilizada para el riego de áreas verdes de la misma planta.

Desechos sólidos

Los desechos sólidos no peligrosos que se generan en la planta como: papel, cartón y plástico son gestionados a través de la Empresa Municipal EMASA, que realiza la recolección una vez por semana (jueves o viernes).

Los desechos orgánicos como las heces son enviados a las granjas porcícolas del grupo. Los desechos como sangre, vísceras rojas, vísceras blancas y son utilizados en un bajo porcentaje en la elaboración de embutidos y la otra parte son dispuestas a EMASA.

Los desechos peligrosos, tales como aceites usados, filtros de aceites, fluorescentes, envases de productos químicos contaminados son gestionados por gestores autorizados.

3.6.1 Escenarios de manejo de residuos o subproductos de la planta de faenamiento

En la planta de faenamiento de cerdos se generan subproductos que actualmente no están siendo aprovechados en su totalidad, cuenta con un área de embutidos que aprovecha un 10% de esta materia. Dado a que se no cuenta con información específica de los subproductos, se han planteado 3 escenarios.

- Escenario 1: Asignación económica
- Expansión de sistema: Manejo de subproductos, se tienen 2 escenarios:
 - Escenario 2: con tratamiento de subproductos en planta de rendering
 - Escenario 3: Disposición final de subproductos en vertedero a cielo abierto

Escenario 1

La asignación de insumos económicos se ha realizado en base a los datos proporcionados por la Administración del Camal, que en ocasiones tiene ingresos por este tipo insumos, como se exponen en la siguiente tabla:

TABLA 5
ASIGNACIÓN ECONÓMICA DE SUBPRODUCTOS DE FAENAMIENTO

Partes	Valor económico (\$/kg)
Medias	3.7
Despojos comestibles	1.1
Grasas	0.5
Sangre	0.75
Mucosa	0.6
Tripa Limpia	0.6
Otros (restos de canales en cortes)	0.6
Contenido intestinal	0.0

Perdidas de peso	0.0
Pelo y pezuña	0.0

Fuente: (Datos de Planta de faenamiento)

Los datos que no cuentan con valor comercial corresponden a los estómagos, perdidas de peso, pelo y pezuñas que van directamente a EMASA.

Escenario 2

Dado que en el proceso de carne es inevitable que se generan subproductos, el renderizado es una alternativa de tratamiento de estos, en donde a través de un proceso térmico podemos extraer grasas y proteínas (RAMÍREZ H. W., 2019). En este escenario se tomó como entrada los subproductos y estos terminan formando un producto en el proceso que evitan la producción de harina de soya y aceite de palma, como fuentes de proteína y grasa.

Escenario 3

En el escenario 3 no se consideró ningún tipo de tratamiento de aprovechamiento para el manejo de los subproductos, simplemente son recogidos y llevados a la instalación municipal de EMASA, que es un vertedero controlado de cielo abierto en el Cantón. En esta práctica los desechos son llevados a un celda o espacio del vertedero para su descomposición orgánica.

3.7 Análisis de inventario

Para el análisis de inventario se procedió a realizar varias inspecciones en los sitios que forman parte de este alcance, para solicitar la información técnica requerida concerniente a los procesos, y a todas las entradas y salidas que se generan en ellos. Para el caso de estudio se ha utilizado la herramienta OpenLCA para organizar el sistema de producto y realizar los cálculos correspondientes de las categorías de impacto.

Alimento balanceado

Para la recopilación de los datos concernientes al alimento se obtuvo una formulación general de los ingredientes del alimento para cerdos, debido a que no se contaba con las diferentes dietas de las etapas del animal, se tomó esta unificada. Dentro de la formulación se analizaron las materias primas que estaban por encima del 1% del contenido, ya que no se contaba con toda la información técnica de las materias primas.

TABLA 6
FORMULACIÓN DEL ALIMENTO BALANCEADO

Materia prima	%
Aceite de palma	1.74
Carbonato de calcio	0.22
Fosfato di cálcico	0.23
Harina de trigo	0.99
Maíz nacional	47.48
Melaza	0.60
Núcleo	0.10
Palmiste	0.30
Pasta de soya importada	23.14
Polvillo "a"	0.95
Sal industrial # 5	0.06
Threonine	0.00
Trigo en grano	24.05
Total %	100.00

Fuente: (Datos de Empresa de Balanceados)

Al contar únicamente con la formulación del alimento, los datos restantes concernientes a la energía, calor, agua, para la fabricación del alimento se revisaron varias bibliografías de estudios similares. se tomaron del estudio (RAMÍREZ A. , 2012). En este estudio, se pudo proporcionar los siguientes datos para la fabricación de una tonelada de alimento balanceado:

- Cantidad de energía utilizada en la producción de piensos (MJ/toneladas) fue de 147,79 MJ como energía contenida en el combustible, gas natural
- Cantidad de energía eléctrica de 653 MJ
- Cantidad de agua utilizada en el tratamiento térmico (vapor) durante la molienda fue de 66.9 kg/tonelada de pienso.

Estos datos fueron tabulados y convertidos en relación a la unidad funcional (ENERGY, 2020), que en este proceso fue de 1 kg de balanceado, y se procedió a la creación del proceso dentro de la plataforma del programa Open LCA, para las estimaciones correspondientes.

Producción de cerdos

En este proceso se contó con una recopilación, que en su mayoría fueron datos primarios que facilitó la administración de la granja, dentro de este proceso se crearon 3 subprocesos adicionales, que corresponden a: el agua tratada, manejo de aguas residuales y manejo de sólidos para compost. La granja maneja una producción de 980 cerdos a la semana, de los cuales 700 cerdos van hacia la planta de faenamiento

y el resto a proveedores locales. Los cerdos que salen de la granja cuentan con un peso promedio de 110 kg.

Dentro del proceso no se consideró los insumos como: las vacunas, vitaminas o probióticos que se dosifican a los cerdos, ya que las cantidades eran muy ínfimas. También no se consideró la gestión de la mortandad de los cerdos, pese a que esta es menor al 4%, ya que se manejan protocolos de bioseguridad altamente eficientes, no se cuenta con datos técnicos de emisiones, ya que estos son incinerados a través de un horno artesanal, solo se consideró la emisión de la combustión del combustible utilizado (GLP).

En la producción de cerdos se tomó como unidad funcional 1 kg de peso vivo del animal a la salida de la granja, todos los flujos de entradas y salidas fueron relacionadas a esta unidad.

Como se mencionó en el ítem anterior se crearon subprocesos, dentro de este proceso, el primero corresponde al tratamiento del agua que está tomada del canal CEDEGE, se adicionan productos químicos como coagulantes y floculantes para desestabilizar la materia y posterior clarificación y sedimentación. Hasta su almacenamiento y posterior distribución en los galpones. La unidad de análisis en este proceso fue 1 m³ de agua tratada.

El segundo proceso corresponde al tratamiento de las aguas residuales que salen de los galpones donde se recoge orina, heces y el agua de limpieza de los mismos, todos los galpones cuentan con salidas que desembocan a una piscina receptora, en donde se bombea la descarga hacia el separador de sólidos, que cuenta con un tornillo sin fin, retirando la mayor cantidad de agua en el sólido que se separa. La descarga líquida pasa a una segunda laguna anaeróbica para la reducción de contaminantes, en ausencia de oxígeno, posteriormente la descarga pasa por nivel a una tercera laguna que facultativa, donde el tiempo de retención es mayor para disminuir la carga, y finalmente pasa a una cuarta laguna con aireación extendida. Cuando la descarga ha tenido por lo menos 48 horas de aireación, se apagan los blowers para que este en reposo la descarga y sedimento, posteriormente se bombea hacia una piscina de captación y esta hacia el área pastizales. La unidad de análisis de este proceso fue 1000 kg de estiércol líquido.

El tercer subproceso corresponde al manejo de los sólidos, estos del separador de sólidos son tratados con tamo de arroz, posteriormente volteados para restar algo de humedad, aunque cabe destacar que el clima del sector favorece la disminución de la humedad del sólido. La unidad de análisis en este proceso fue 1 kg de estiércol sólido.

Las emisiones de metano y óxido nitroso correspondientes a la fermentación entérica y gestión del estiércol se basaron tomando en consideración los cálculos y factores de conversión de las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero - emisiones resultantes de la gestión del ganado y del estiércol.

Faenamiento de cerdos

Para el faenamiento de cerdos se utilizó la unidad funcional de 1 kg de canal de cerdo. Se crearon 3 escenarios relacionados con el manejo de los subproductos, el primero con asignación económica, el segundo tratado en una planta de rendering, y el tercero la disposición final en el vertedero controlado a cielo abierto del cantón. En la planta se sacrifican a la semana un promedio de 700 cerdos con un peso promedio de 110 kg, de los cuales se obtiene un porcentaje de canal del 78% del peso.

Dentro de este proceso se creó un subproceso correspondiente al tratamiento de las aguas residuales, en donde se contabilizó la dosificación de químicos que se utiliza en el tratamiento.

3.8 Evaluación de impacto

El ReCiPe ha sido desarrollado para complementar las ventajas de los métodos CML2001 y Ecoindicator99, ya que combina la solidez científica y la facilidad de interpretación de ambos métodos (DPTO. DE MEDIO AMBIENTE, 2009).

El ReCiPe es un método para la evaluación de impacto en un análisis de ciclo de vida, que permite traducir las emisiones y la extracción de recursos en un número limitado de puntuaciones de impacto ambiental mediante los denominados factores de caracterización (ACERO, 2016). Cuenta con 2 formas para la obtención de los factores de caracterización empleados, a nivel de punto medio 18 indicadores y a punto final 3 indicadores.

Los indicadores del punto medio generalmente se enfocan en problemas ambientales individuales, como puede ser: el cambio climático o la acidificación.

Los indicadores de punto final muestran el impacto ambiental en tres niveles de agregación más altos, que corresponden a los daños a la salud humana, daños y daños a la biodiversidad y la escasez de recursos (ACERO, 2016)

Dentro de las categorías de impacto que incluye, dentro del estudio:

- Cambio climático
- Agotamiento de fósiles
- Eutrofización marina
- Transformación de tierras naturales
- Agotamiento de la capa de ozono
- Formación de partículas
- Formación de oxidantes fotoquímicos
- Acidificación terrestre
- Agotamiento del agua

A continuación, una breve descripción de las categorías de impacto a analizarse:

Cambio climático

Los gases como el: CO₂, el metano, los clorofluorocarbonos (CFC), el óxido nitroso, entre otros, son gases que generan calentamiento global, debido a que estos gases afectan la absorción de radiación de la atmósfera, y es medido con el coeficiente de calentamiento global, GWP por sus siglas en inglés (GOEDKOOOP, 2009).

El GWP de una sustancia se encuentra definida como la ratio entre el aumento de absorción de radiación infrarroja que causa la sustancia y el que causa el CO₂ (GOEDKOOOP, 2009) Es un parámetro de gran interés debido a que provoca una serie de afectaciones relacionadas a la salud humana y al ecosistema, algunos de sus efectos directos se consideran: las olas de calor, la contaminación de la atmósfera, y los aeroalergenos. Muchas de las actividades que provocan este efecto son propias de la naturaleza, pero bajo una operación de tiempo de miles de años, como la vegetación, el suelo, humedales, entre otros. Por otra parte, se ha visto, un aumento progresivo de la concentración de estos gases responsables de este efecto en actividades principales a la quema de combustibles fósiles, y a la industria en general, que aporta alto consumos de recursos, y generación de desechos que no son reincorporados en el ciclo productivo (JACKSON, 2021). Esta categoría tiene como factor de medición los kg de CO₂-eq.

Agotamiento de fósiles

Como se conoce los combustibles fósiles están compuestos de hidrocarburos, sin embargo, este grupo no incluye únicamente este tipo de materiales considerados volátiles, sino también los no volátiles como el carbón (PÉREZ, 2014). La unidad de este indicador es de kg de soil-eq

Eutrofización marina

Este efecto se relaciona impactos ambientales de niveles que se encuentran altos de nutrientes generando un aumento en la productividad biológica. La eutrofización puede influenciar ecosistemas terrestres y acuáticos y los nutrientes más representativos responsables de este efecto son el nitrógeno y el fósforo. En el análisis de ciclo de vida esta categoría se enfoca a los nutrientes, limitando el rendimiento de la biomasa acuática (GOEDKOOOP, 2009). Debido a que cada ecosistema está limitado por ciertos nutrientes, la eutrofización varía geográficamente. Esta categoría mide kg N-Eq.

Transformación de tierras naturales

En esta categoría también se incluye la ocupación y extracción de recursos y el análisis de las actividades que generan las variaciones en la biodiversidad y afectación a la vida en el área donde se desarrolle.

Esta categoría permite reflejar el daño de los ecosistemas debido a la transformación de la tierra en su estado natural, se hace dificultoso la asignación en los sistemas de producción. Por ende, esta se evalúa a través del daño causado, el mismo que se puede calcular estimando el tiempo necesario en que el área transformada se restaure a su tipo de suelo original o con características similares, aunque este tiempo puede ser muy extenso, para esto se toman ciertas consideraciones. Por eso cuando más severo sea el daño que se origine en el uso de la tierra, se deben aplicar medidas que permitan maximizar el área y la permanencia de la ocupación (GOEDKOOOP, 2009).

Agotamiento de la capa de ozono

Esta categoría se caracteriza por el agotamiento de la capa de ozono debido a emisiones antropogénicas, que son causadas por sustancias clorinadas y bromadas, dentro de este grupo pueden ser los gases CFC y halones respectivamente. Estos 2 compuestos relentizan el agotamiento del ozono estratosférico, además tienen la capacidad de destruir las moléculas de ozono, ya que actúan como radicales libres (GOEDKOOOP, 2009). Esta categoría mide kg CFC-11-Eq.

Formación de partículas

La formación de partículas finas, corresponde cuando presentan un diámetro menor a 10 μm como PM10, este parámetro representa un conjunto de complejos de orgánicos y sustancias inorgánicas que al ser inhalados podrían causar afectaciones de salud relacionados con los pulmones y las vías respiratorias. Otros compuestos de PM 10 considerados son los aerosoles secundarios que se forman en la atmosfera a partir de las emisiones de dióxido de azufre (SO₂), amoníaco (NH₃) y óxidos de nitrógeno (NO_x) entre otros (Organización Mundial de la Salud (GOEDKOOOP, 2009). Esta categoría se mide en kg PM10-Eq.

Formación Foto-oxidante

Este tipo de compuestos son contaminantes secundarios que se producen en la atmósfera baja por la existencia del NO_x e hidrocarburos en presencia de luz solar. Estas sustancias son características del smog fotoquímico, que tiene efectos dañinos en la salud, ya que puede inflamar las vías respiratorias y alterar la funcionabilidad de los pulmones. Este fenómeno depende principalmente de las condiciones meteorológicas y de las concentraciones de contaminantes (ozono formado). Los métodos de caracterización utilizados en LCA se enfocan en impactos regionales, pero también se pueden describir efectos locales a corto plazo durante temporadas pico. Tiene como indicador la medida kg NMVOC-Eq.

Acidificación terrestre

Esta categoría se relaciona con deposición a la atmosfera de sustancias tipo inorgánicas, como pueden ser sulfatos y nitratos, que provoca un cambio de acidez en el suelo, la lluvia ácida es un claro ejemplo de este fenómeno, siendo consideradas

las sustancias más acidificantes SO₂, NO_x, HCl y NH₃, que se generan. El potencial de acidificación (AP) en el análisis de ciclo de vida se define como el número de iones H⁺ producidos por kg de la sustancia relativo al producido por Kg de SO₂.

Agotamiento del agua

Esta categoría expresa la cantidad de agua usada en ciertos procesos, considerando 5 tipos de usos de agua, que corresponde a: agua de lago, agua de río, agua de pozo en suelo, agua de origen natural no especificado, en m³ y agua de origen natural no especificado, en kg, de modo que se determine si generan escasez. La unidad de este indicador corresponde a m³ water-Eq (GOEDKOOOP, 2009). El agua no es distribuida globalmente de y de forma equitativa, es un recurso escaso dependiendo de la localidad, su extracción debe ser consciente, y las descargas que se mantengan deben garantizar su cumplimiento con límites permisibles aceptados por la localidad.

3.9 Paquete informático y bases de dato

3.9.1 OpenLCA

OpenLCA es un software que permite elaborar análisis completos análisis del ciclo de vida de un producto o servicio, herramienta que ha sido desarrollada por los alemanes GreenDelta (DESIG, 2013). Permite cálculos de forma rápida obteniendo resultados con la gama de datos que tiene disponible. Las bases de datos GaBi o Ecoinvent que son mundialmente empleadas pueden ser utilizadas en este software, así como otro tipo de bases gratuitas y no gratuitas, ya que posee una amplia compatibilidad con otro tipo de programas. Tiene la posibilidad de desarrollar modelos económicos, pese a que está orientado principalmente a realizar el análisis de ciclo de vida de un producto.

Cuenta con el árbol de contribución que proporciona resultados del LCI de cada uno de los procesos involucrados, desglosando cada uno de ellos, de modo que se reflejan las contribuciones individuales (Plataforma Open LCA).

3.9.2 Base de datos Ecoinvent

El paquete Ecoinvent contiene factores para un conjunto específico de normalización y ponderación, esta base proporciona datos de procesos bien documentados para un sinnúmero de productos, lo que le facilita contar con información adecuada sobre su impacto medioambiental. Dentro de su base de datos contiene datos de energía como (electricidad, petróleo, carbón, gas natural, biomasa, biocombustibles, bioenergía, energía hidroeléctrica, energía nuclear, fotovoltaica, energía eólica, biogás, entre otras), materiales, gestión de residuos (incineración, vertido, tratamiento de aguas residuales), transporte, productos y procesos agrícolas, entre otros. Para los diferentes procesos que forman parte del sistema de producto provee un reporte de subproductos, entradas desde la tecnosfera y desde el medioambiente y emisiones al aire, agua y suelos (ECOINVENT, 2016). En el Anexo B se presenta el sumario de base de datos utilizados de Ecoinvent utilizado en el estudio.

Para el estudio dentro de la plataforma de OpenLCA se incluyeron varios flujos que se encontraban dentro de los procesos a elaborarse, dentro de estos flujos se crearon los siguientes en el faenamiento de cerdo:

- Canal de cerdo (Pig carcass)
- Vísceras comestibles (Edible offal)
- Grasas (Fats)
- Sangre (Blood)
- Mucosa (Mucous membrane)
- Tripa Limpia (Clean gut)
- Otros, restos de canales en cortes (Remains of channels in costs)
- Pelo y pezuña (Hair and hoof)
- Contenido intestinal (Intestinal content)
- Pérdidas de peso (Weight loss).

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis de inventario

4.1.1 Producción de alimento balanceado

De acuerdo a los resultados expuestos en la tabla 4.1, se puede indicar que, en la formulación del balanceado para cerdos, el maíz representa la mayor proporción con un 47.5%, seguido del trigo con un 24% y muy similar la harina de soya con un 23%. Dado que no se pudo obtener información técnica de los procesos de la elaboración del alimento se tomó como base los datos generados en el estudio del Análisis de ciclo de vida de las emisiones de los productos renderizados en reino Unido (RAMÍREZ A. , 2012), en donde, se obtuvo que para elaborar 1 kg de alimento balanceado se requiere de 0.065 MJ de electricidad, 0.0148 MJ de calor (combustión de gas natural) y 0.067 kg de agua para generar vapor.

TABLA 7
DATOS DEL INVENTARIO EN LA PRODUCCIÓN DE BALANCEADO

Entradas/Salidas	Cantidad	Unidad	Fuente de datos
Entradas			
Maiz	0.475	Kg	Datos primarios: Fábrica de piensos ecuatoriana
Aceite de palma crudo	0.017	Kg	
Harina de soya	0.231	Kg	
Trigo	0.240	Kg	
Agua	0.067	Kg	The life cycle greenhouse gas emissions of rendered products (RAMÍREZ A. , 2012)
Energía eléctrica	0.065	MJ	
Calor	0.148	MJ	
Salidas			
Alimento balanceado	1.000	Kg	

Fuente: (Datos primarios de planta de balanceados)

4.1.2 Producción de cerdos

En la producción de cerdos se ha podido comprobar que la conversión alimenticia manejada en la granja objeto de estudio es de 2.986, esto nos indica que se requieren aproximadamente 3 kg de alimento balanceado por kg de peso del cerdo. De acuerdo a la bibliografía consultada este rendimiento se encuentra dentro de los investigados, ya que se manejan valores de 2.27 a 4.19 (PELLETIER, 2010), se requiere de 0.030 m³ de agua por kg de cerdo. Las cantidades de desechos peligrosos como los aceites usados, envases con material genético y envases con productos químicos son muy

ínfimos. Las emisiones al aire generadas en el proceso, se obtuvieron por medio de las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, y corresponden a 0.015 kg de metano y 0.002 kg de óxido nítrico por kg de peso vivo.

TABLA 8
DATOS DEL INVENTARIO – PRODUCCIÓN DEL CERDO

Entradas/Salidas	Cantidad	Unidad	Fuente de datos
Entradas			
Alimento balanceado	2.986	kg	Datos primarios de la granja de cerdos de estudio
Agua tratada	0.030	m3	
Gasolina	0.031	MJ	
GLP	0.103	MJ	
Detergente	0.000	Kg	
Cal	0.001	kg	
Salidas			
Cerdos para faenamiento	1.000	Kg	
Estiércol líquido	29.936	Kg	
Desechos peligrosos para incineración	0.000	Kg	
Aceites usados	0.000	Kg	
Desechos biopeligrosos	0.000	Kg	
Emisiones al aire:			IPPC 2016
Metano no fósil	0.015	Kg	
Óxido Nítrico	0.002	Kg	

Fuente: (Datos primarios de la granja de cerdos)

Dentro de la producción de cerdo se incluyó el subproceso de tratamiento de agua potable de la granja, para este proceso se utiliza diésel para el bombeo del agua, su aporte de calor fue de 5.68 MJ/ m3 de agua tratada. En relación a los productos químicos como el cloro líquido de 0.067 g y el PAC de 32 g por m3 de agua tratada.

TABLA 9
DATOS DEL INVENTARIO EN EL TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

Entradas/Salidas	Cantidad	Unidad	Fuente de datos
Entradas			
Agua	1.000	m3	Datos primarios de la granja de cerdos de estudio
Cloro	0.067	g	
PAC	0.032	kg	
Floculante (Sulfato de aluminio)	3.31E-05	kg	
Diésel	5.680	MJ	
Salidas			
Agua tratada	1.000	m3	

Fuente: (Datos primarios de la granja de cerdos)

Asimismo, formó parte de esta etapa, el subproceso de tratamiento de aguas residuales (o estiércol líquido), en donde se utiliza o requiere de 0.21 kwh para tratar 1000 kg del estiércol líquido. Para esta misma unidad de análisis se requirió de 0.011 kg de Bioactivado, producto de este manejo se obtuvo 4.562 kg de estiércol seco (o con menos humedad) y se pudo reemplazar 0.453 kg de fertilizante como Nitrogeno, mediante la utilización del estiércol líquido en pastizales para riego.

TABLA 10
DATOS DEL INVENTARIO EN EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS

Entradas/Salidas	Cantidad	Unidad	Fuente de datos
Entradas			
Agua residual - estiércol líquido	1000	kg	Datos primarios de la granja de cerdos de estudio
Bioactivado (enzimas)	0.011	kg	
Energía eléctrica	0.210	kwh	
Salidas			
Estiércol sólido	4.562	kg	
Evitado			
Fertilizante como N	0.453	kg	

Fuente: (Datos primarios de la granja de cerdos)

El manejo del estiércol sólido también es considerado como un subproceso, la unidad de análisis de este fue de 1 kg de este residuo, y a través de esta práctica de manejo, el producto que se obtiene contiene concentraciones de fertilizantes que desplazan el uso de estos. De esta unidad de análisis se obtiene fertilizante en formas de: 0.018 kg como N; 0.005 kg como P₂O₅ y 0.011 kg como K₂O.

TABLA 11
DATOS DEL INVENTARIO DEL MANEJO DEL ESTIÉRCOL SÓLIDO

Entradas/Salidas	Cantidad	Unidad	Fuente de datos
Entradas			
Estiércol sólido	1.000	kg	Datos primarios de la granja de cerdos de estudio
Tamo de arroz	0.005	kg	
Salidas (evitado)			
Fertilizante como N	0.018	kg	Se toman concentraciones promedio de fertilizante (N, P2O5 y K2O) del abono a base del estiércol de cerdo. (MAKARA, 2019)
Fertilizante como P2O5	0.005	kg	
Fertilizante como K2O	0.011	kg	

Fuente: (Datos primarios de la granja de cerdos)

4.1.3 Faenamiento de cerdos

En el faenamiento de cerdos, se plantearon 3 escenarios, el primero utilizando la asignación económica, y expandiendo el sistema se tuvo el escenario 2 que incluye la gestión de los subproductos a una planta de rendering, y el escenario 3 la gestión de los subproductos hacia el vertedero de cielo abierto del Cantón. En términos generales, para los 3 escenarios se manejan las mismas entradas, teniendo que, para la obtención de 1 kg de canal de cerdo, se requiere:

- 1.268 kg de cerdo en peso vivo
- 5.188 kg de agua
- 0.429 kwh
- 0.396 MJ de diésel y 0.675 MJ de GLP
- El aporte de amoníaco de 1.31 e-08 kg.

Dentro de los subproductos obtenidos, tenemos: Vísceras comestibles, grasas, sangre, mucosa, tripa Limpia, otros (restos de canales en cortes) con valor económico, y los desechos sin valor, tenemos: Pelo, pezuña, contenido intestinal, pérdidas de peso, y aguas residuales, que dentro de las instalaciones cuentan con un sistema de tratamiento.

**TABLA 12
DATOS DEL INVENTARIO DEL FAENAMIENTO CON ESCENARIO 1**

Entradas/Salidas	Cantidad	Unidad	Fuente de datos
Entradas			
Cerdo para faenamiento	1.268	kg	Datos primarios de la planta de faenamiento
Agua	5.188	kg	
Energía eléctrica	0.429	Kwh	
Diésel	0.396	MJ	
GLP	0.675	MJ	
Amoniaco	1.31E-08	kg	
Salidas			Costo (\$)
Canal de cerdo	1.000	kg	\$3.70
Vísceras comestibles	0.050	kg	\$1.10
Grasas	0.005	kg	\$0.50
Sangre	0.046	kg	\$0.75
Mucosa	0.019	kg	\$0.60
Tripa Limpia	0.027	kg	\$0.60
Otros (restos de canales en cortes)	0.053	kg	\$0.60
Pelo y pezuña	0.008	kg	\$0.00
Contenido intestinal	0.041	kg	\$0.00
Pérdidas de peso	0.019	kg	\$0.00
Evitado			
Aguas para riego	0.004	m3	\$0.00

Fuente: (Datos primarios de planta de faenamiento)

En el escenario 2 se plantea el aprovechamiento de los subproductos hacia una planta de rendering. La salida de estos subproductos es 0.20 kg por 1 kg de canal de cerdo, los pelos, pezuñas, y contenido intestinal no forman parte del proceso de renderizado.

**TABLA 13
DATOS DEL INVENTARIO DEL FAENAMIENTO CON ESCENARIO 2**

Entradas/Salidas	Cantidad	Unidad	Fuente de datos
Entradas			
Cerdo para faenamiento	1.268	kg	Datos primarios de la planta de faenamiento
Agua	5.188	kg	
Energía eléctrica	0.429	Kwh	
Diésel	0.396	MJ	
GLP	0.675	MJ	
Amoniaco	1.31E-08	kg	
Salidas			
Canal de cerdo	1.000	kg	
Mammalian ABP	0.200	kg	Proceso de rendering para los despojos comestibles del cerdo
Pelo y pezuña	0.008	kg	

Contenido intestinal	0.041	kg	
Perdidas de peso	0.019	kg	
Evitado			
Agua potable para riego	0.004	m3	

Fuente: (Datos primarios de planta de faenamiento)

Dentro del escenario 2, se incluye el subproceso de renderizado, donde a través de la bibliografía revisada se incluyó este proceso, que incluye al tratamiento de los subproductos (1 kg) para evitar a la producción de 0.240 kg de aceite de palma y 0.330 kg de harina de soya. En este proceso se utilizó: 1.650 kg de agua, 0.375 MJ de energía eléctrica, 1.357 de calor (gas natural), y cantidades ínfimas de productos químicos como: hipoclorito de sodio, hidróxido de sodio y ácido sulfúrico.

TABLA 14
DATOS DEL INVENTARIO DEL PROCESO DE RENDERING

Entradas/Salidas	Cantidad	Unidad	Fuente de datos
Entradas			
Mammalian ABP	1.000	kg	Greenhouse Gas Life Cycle Assessment of Products Arising from the Rendering of Mammalian Animal Byproducts in the UK. Angel D. Ramirez, Andrea C. Humphries, Stephen L. Woodgate, and Robert G. Wilkinson (RAMÍREZ H. W., 2019)
Agua	1.650	kg	
Energía eléctrica	0.375	MJ	
Calor	1.357	MJ	
Hipoclorito de sodio	3.00E-07	kg	
Hidróxido de sodio	1.00E-07	kg	
Ácido sulfúrico	1.00E-07	kg	
Salidas			
Aguas residuales	0.002	m3	
Evitado			
Aceite de palma	0.240	kg	
Harina de soya	0.330	kg	

Fuente: (Datos primarios de planta de faenamiento)

En el escenario 3, corresponden las mismas entradas y las salidas de subproductos son dispuestos al vertedero a cielo abierto del cantón, por 1 kg de canal de cerdo se generan: 0.20 kg de desechos orgánicos (vísceras, grasas y otros), 0.008 kg de pelo y pezuña, 0.041 kg de contenido intestinal 0.019 de pérdidas de peso. Además, se generan aguas residuales que son tratadas y reutilizadas en el riego de las instalaciones.

TABLA 15
DATOS DEL INVENTARIO DEL FAENAMIENTO CON ESCENARIO 3

Entradas/Salidas	Cantidad	Unidad	Fuente de datos
Entradas			
Cerdo para faenamiento	1.268	kg	Datos primarios de la planta de faenamiento
Agua	5.188	kg	
Energía eléctrica	0.429	Kwh	
Diésel	0.396	MJ	
GLP	0.675	MJ	
Amoníaco	1.31E-08	kg	
Salidas			
Canal de cerdo	1.000	kg	Los despojos comestibles son enviados al vertedero a cielo abierto del Cantón
Desechos orgánicos	0.200	kg	
Pelo y pezuña	0.008	kg	
Contenido intestinal	0.041	kg	
Pérdidas de peso	0.019	kg	
Evitado			
Agua potable para riego	0.004	m3	

Fuente: (Datos primarios de planta de faenamiento)

Dentro del faenamiento se incluye el subproceso de tratamiento de aguas residuales, el mismo que utiliza de productos químicos para generar la desestabilización y formación de flocs de la materia orgánica para reducir la contaminante, con una serie de unidades como la aireación, clarificación y separación de sólidos. Un m3 de agua residual requiere de 0.010 kg de floculante y 0.0996 kg de PAC. Del tratamiento se generan 3.175 de sólidos tratados que son dispuestos al vertedero o a las granjas. Y el agua tratada que sale es reutilizada para el riego de las áreas verde que tiene la planta dentro de sus instalaciones.

TABLA 16
DATOS DEL INVENTARIO DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Entradas/Salidas	Cantidad	Unidad	Fuente de datos
Entradas			
Agua residual	1.000	m3	Datos primarios obtenidos de la planta de faenamiento
Floculante	0.010	kg	
PAC	0.996	kg	
Salidas			
Desechos sólidos orgánicos	3.175	kg	Enviados al vertedero o a granja
Evitado			
Agua potable para riego	1000	kg	

Fuente: (Datos primarios de planta de faenamiento)

4.2 Evaluación de impacto

4.2.1 Caracterización de impactos

TABLA 17
RESULTADOS DE LAS CATEGORÍAS DE IMPACTO DE LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTO

Etapas/Indicador	GWP100	FDP	MEP	NLTP	Odp inf	PMFP	POFP	TAP100	WDP
Unidad	Kg CO₂-eq	kg oil-Eq	kg N-Eq	m²	kg CFC-11-Eq	kg PM10-Eq	kg NMVOC-Eq	kg SO₂-Eq	m³ water-Eq
Harina de soya	6.22E-01	2.17E-02	1.24E-03	-1.41E-06	1.01E-08	5.50E-04	7.60E-04	5.50E-04	9.10E-04
Producción de maíz	1.03E-01	1.48E-02	9.40E-04	-6.34E-07	6.53E-09	5.70E-04	3.00E-04	3.81E-03	1.46E-03
Producción de trigo	8.83E-02	1.37E-02	9.00E-04	-2.60E-07	5.26E-09	2.70E-04	3.90E-04	1.27E-03	2.58E-02
Calor, caldera menor a 100 kw	9.35E-03	4.50E-03	2.39E-07	2.95E-09	7.24E-10	2.29E-06	8.17E-06	7.25E-06	1.32E-06
Operación de aceite de palma	9.19E-03	-1.07E-03	-3.74E-05	8.43E-09	-3.52E-10	-3.73E-05	-7.75E-05	-1.40E-04	-3.30E-04
Electricidad	2.61E-03	8.80E-04	9.79E-07	-5.07E-10	3.81E-10	8.31E-06	1.70E-05	2.51E-05	6.69E-06
Producción de agua tratada	3.98E-05	1.10E-05	8.19E-09	1.42E-09	3.12E-12	1.01E-07	1.12E-07	1.61E-07	1.27E-06
Total	8.35E-01	5.44E-02	3.04E-03	-2.29E-06	2.26E-08	1.36E-03	1.40E-03	5.52E-03	2.78E-02

Fuente: (Datos del OpenLCA)

TABLA 18
RESULTADOS DE LAS CATEGORÍAS DE IMPACTO DE LA PRODUCCIÓN DE CERDOS

Etapa/Indicador	GWP 100	FDP	MEP	NLTP	Odpinf	PMFP	POFP	TAP 100	WDP
Unidad	Kg CO2- eq	kg oil-Eq	kg N-Eq	m2	kg CFC- 11-Eq	kg PM10- Eq	kg NMVOC- Eq	kg SO2- Eq	m3 water-Eq
Producción de alimento	2.50E+00	1.64E-01	9.08E-03	-7.17E-06	6.85E-08	4.06E-03	4.18E-03	1.65E-02	8.32E-02
Tratamiento de agua potable en granjas	1.72E-02	5.61E-03	3.76E-06	4.94E-07	2.89E-09	3.50E-05	1.00E-04	7.80E-05	2.93E-05
GLP	8.31E-03	2.72E-03	6.38E-07	-3.21E-09	1.39E-09	6.55E-06	2.28E-05	1.81E-05	3.27E-06
Gasolina	2.47E-03	8.20E-04	5.85E-07	3.41E-10	4.34E-10	5.99E-06	4.25E-05	1.12E-05	7.37E-07
Tratamiento de los aceites usados	3.20E-04	5.53E-07	1.11E-09	5.01E-12	2.60E-13	1.09E-08	2.34E-08	1.83E-08	8.72E-08
Detergentes	5.90E-05	5.27E-05	1.03E-08	1.49E-09	5.46E-12	1.35E-07	2.71E-07	3.34E-07	7.62E-07
Cal	5.67E-05	1.45E-05	3.43E-08	3.63E-09	2.68E-12	1.99E-07	2.58E-07	2.86E-07	1.16E-06
Tratamiento de residuos peligrosos (incineración)	1.11E-05	9.97E-07	1.11E-09	1.29E-10	7.81E-13	7.96E-09	2.10E-08	1.96E-08	3.49E-08
Tratamiento de residuos biopeligrosos (incineración)	1.96E-07	2.40E-08	3.19E-10	-9.99E-13	1.02E-14	4.32E-10	1.58E-09	1.03E-09	1.13E-08
Metano y Óxido nitroso	1.01E+00	1.13E-05	3.98E-08	-2.61E-12	9.99E-15	5.97E-06	1.49E-04	2.06E-06	4.64E-06
Tratamiento de aguas residuales en granjas	-2.49E-02	-3.19E-03	-9.51E-05	-3.42E-08	-6.06E-10	-9.38E-05	-6.52E-05	-3.20E-04	-5.40E-04
Metano y Óxido nitroso (emisiones)	1.01E+00	1.13E-05	3.98E-08	-2.61E-12	9.99E-15	5.97E-06	1.49E-04	2.06E-06	4.64E-06
Total	3.51E+00	1.70E-01	8.99E-03	-6.71E-06	7.26E-08	4.02E-03	4.43E-03	1.63E-02	8.27E-02

Fuente: (Datos del OpenLCA)

TABLA 19
CATEGORÍAS DE IMPACTO PARA DEL FAENAMIENTO DE CERDOS

Indicador	Unidad	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Climate change - GWP100	Kg CO2-eq	4.46E+00	4.37E+00	4.74E+00
Fossil depletion - FDP	Kg soil-eq	2.71E-01	2.76E-01	2.75E-01
Marine eutrophication - MEP	Kg N-eq	1.10E-02	1.05E-02	1.22E-02
Natural land transformation - NLTP	m2	-2.30E-05	-1.05E-05	-1.11E-05
Ozone depletion - odpinf	kg CFC-11-Eq	1.20E-07	1.17E-07	1.20E-07
Particulate matter formation - PMFP	kg PM10-Eq	5.32E-03	5.15E-03	5.46E-03
Photochemical oxidant formation - POFP	kg NMVOC-Eq	6.25E-03	5.96E-03	6.44E-03
Terrestrial acidification - TAP100	Kg SO2-eq	2.09E-02	2.12E-02	2.17E-02
Water depletion - WDP	Kg wáter-eq	1.01E-01	1.03E-01	1.05E-01

Fuente: (Datos del OpenLCA)

De acuerdo a los datos obtenidos en la gráfica 4.1, se puede notar en términos generales que la alimentación del cerdo representa mayor contribución de carga en las categorías estudiadas.

Cambio climático. - Los resultados obtenidos en esta categoría denotan la mayor contribución en la producción de balanceados, en los 3 escenarios, cabe destacar que las entradas en estos escenarios son iguales, y la proporción de alimento es igual en todos, así como la producción de cerdos. En el escenario 1 la alimentación contribuyo con un 69%, en el escenario 2 se observa un incremento parcial de 73% y en el escenario 3 una contribución del 67%. La contribución de kg de CO2 en la producción de cerdos en los 3 escenarios es muy similar, en el primero representa el 27,41%, seguido del segundo escenario con un 29.45% y en el tercero del 26.81%, esta contribución se debe a la generación de gas metano y óxido de nitroso de la fermentación entérica y manejo de estiércol. Con respecto al faenamiento la contribución en todos los casos es menor al 4%, teniendo en el escenario 1 el 3.71%; en el escenario 2 del 3.79% y en el último del 3.63%. Con respecto a los escenarios 2 y 3, en donde se aplicó la expansión del sistema, para la gestión de los subproductos

del faenamiento en el escenario 2 contribuye a un -6.24% del aporte de la emisión de CO₂, dando un valor agregado y aprovechamiento de los subproductos. En el escenario al no contar con un sistema de tratamiento adecuado de estos subproductos, se tuvo un aporte del 2.09% de emisiones.

Agotamiento de fósiles. – Esta categoría se encuentra asociada al uso de combustible para la generación de energía, en los 3 escenarios el mayor aporte lo genera la producción de alimento balanceado, cabe indicar que en el proceso de balanceado se requiere un alto consumo de energía en la molienda y peletizado, representa en los 3 escenarios casi el 81%. De la misma manera el faenamiento en los 3 escenarios es de aproximadamente el 19%. En el escenario 2 hay un aporte del 0.29% debido a que los subproductos son manejados en la planta de rendering, la cual requiere el consumo de combustible para la cocción, molienda y peletizado.

Eutrofización marina. - La eutrofización marina mide los kg de N eq, al igual que en las categorías anteriores el mayor aporte lo representa la producción de alimento, con un 99.37% en el escenario 1; el 108,65% para el escenario 2 y un 93,21% para el escenario 3. En la producción de cerdos es igual para los 3 escenarios con un 0.03%. En el faenamiento del escenario 1 representa el 0.60%, en el escenario 2 el 0.65% y en ultimo escenario el 0.56%. En el manejo de subproductos del escenario 2 hay un aporte negativo del 9.34% lo que significa que evita una carga correspondiente a la proteína de soya y aceite de palma, en el escenario 3 se obtuvo un aporte del 6.21%, ya que no se maneja ningún tratamiento a los subproductos.

Transformación de tierras naturales. - En la transformación de tierras naturales, el mayor aporte lo genera la producción de alimento en los 3 escenarios, puede deberse a las grandes extensiones de tierra en los cultivos de los cereales que se requieren dentro de su formulación, en el primer escenario se obtuvo una contribución del 96%, en el segundo del 105.65% y en el tercero del 100.65%. En el escenario 1 se obtuvo un aporte en la planta de faenamiento de 4%, mientras que en el escenario 2, del -0.68% y en el 3 del -0.65%. En el escenario 2 en el manejo de subproductos genero un aporte de -4.97%, debido a las cargas de proteína y grasas que se desplazan o evitan.

Agotamiento de la capa de ozono. - En esta categoría las mayores contribuciones fueron el alimento y el faenamiento en los 3 escenarios. En el primer y tercer escenario el alimento balanceado tuvo aporte del 78.55%, mientras que en el segundo del 79.97%. Asimismo, en el 1y 3 el faenamiento tuvo un aporte del 21.45%, y en el 2 se obtuvo del 21.83%. También cabe destacar que en el escenario 2 el manejo de subproductos tuvo un aporte del -1.80%, lo que evita una carga dentro del ciclo.

Formación de material particulado. - Dada la naturaleza del balanceado, en los 3 escenarios representa el mayor aporte con un 94.51% en el escenario 1, seguido por el 3 con un 94.65% y en el escenario 2 del 100.39%. En la producción de cerdos se tienen aportes de porcentajes negativos, del 0.05% y 0.07% en los escenarios, debido que dentro del granja se manejan las aguas residuales y el estiércol sólido, estos desechos son tratados y utilizados en la actividad. En la planta de faenamiento las

aportaciones son similares al 5% en promedio, y en el manejo de subproductos del escenario 2 aporta un -6.03%.

Formación de oxidantes fotoquímicos. - Esta categoría caracterizada por el smog, tiene su mayor contribución por la producción del alimento balanceado que es similar en el escenario 1 y 3 con el 86.90% y 86.30% respectivamente, en el escenario 2 presenta un aporte del 93.35%. En la producción de cerdos son similares en los 3 escenarios con un aporte del 2.77 al 3.22%, y, asimismo, en el faenamiento están dentro del 10% todos los escenarios. En el manejo de subproductos en el escenario 2 se desplaza el aporte con un -7.39% y en el escenario 3 presenta un aporte menor al 1 %, siendo el 0.72%.

Acidificación terrestre. - En esta categoría lidera la producción de alimento como la de mayor contribución teniendo más del 96% en los escenarios, en el faenamiento son similares para el escenario 1 y 2 con el 3.93% y 3.96% respectivamente, y en el 3 con un 1.87%. Con respecto al manejo de los subproductos en el escenario 2 se obtiene un aporte de -2.31% y en el 3 del 0.05%.

Agotamiento del agua. - En esta categoría en los 3 escenarios es muy similar la alimentación bordeando el 100%, con un aporte ínfimo en el faenamiento.

4.2.1 Análisis de contribución por etapas del sistema

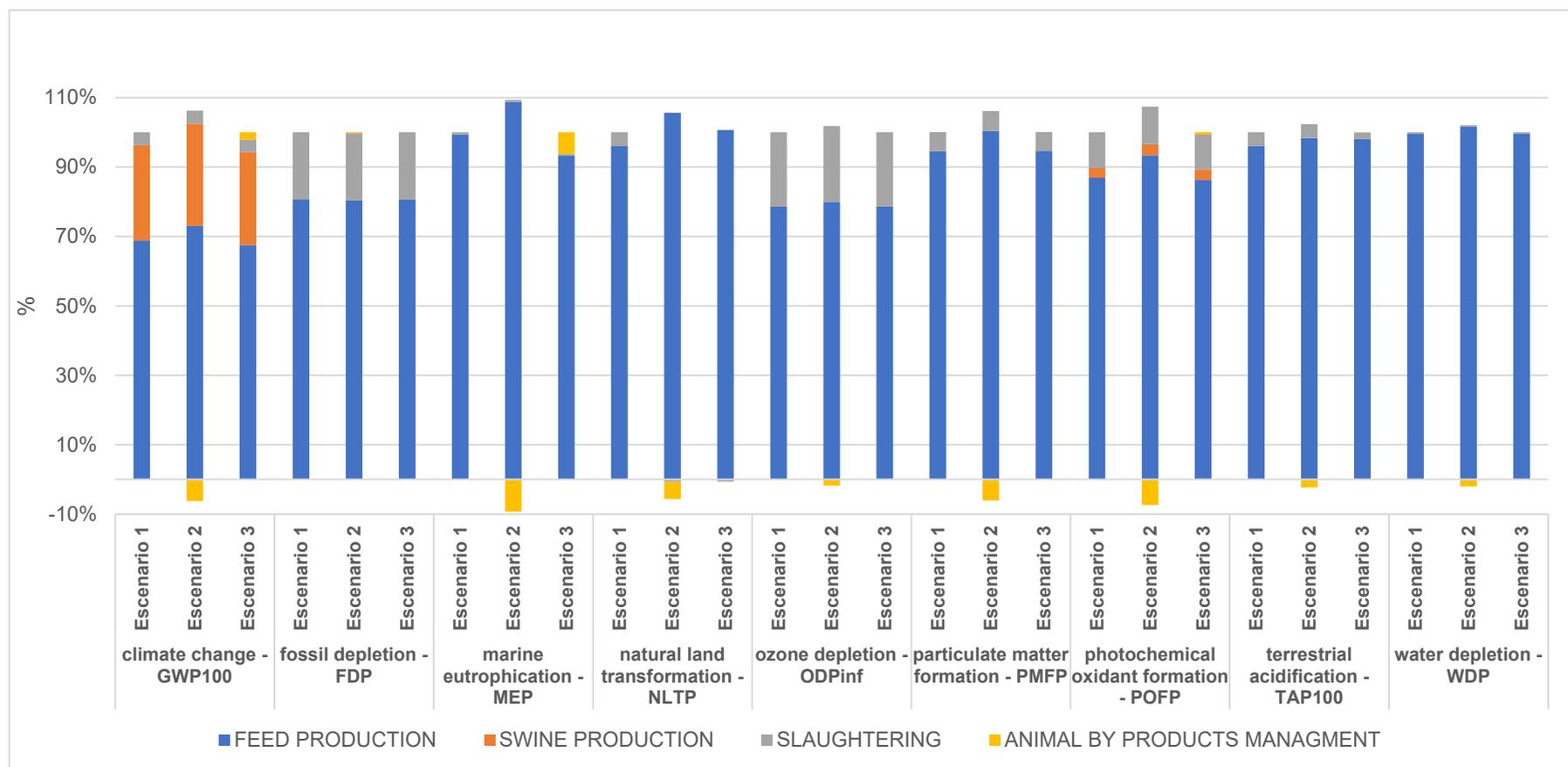


FIGURA 4.1.- CONTRIBUCIÓN DE IMPACTOS POR CADA UNA DE LAS FASES

Fuente: (Resultados de datos de OpenLCA)

4.2.2 Análisis de contribución de impactos de alimento balanceado

En la figura siguiente se muestra el análisis de contribución de la producción del alimento balanceado requerido en la producción del cerdo, podemos indicar lo siguiente por cada categoría de impacto analizada:

Cambio climático. - Se puede observar que el mayor aporte de cambio climático lo da la producción de la harina de soya con un 74.51%, es decir el 0.622 kg CO₂ -eq) que también incorpora el cultivo de soya, la extracción de aceite de soya, el transporte y uso de energía principalmente. La producción de maíz representó el 12.38% (0.103 kg CO₂-eq) en esta actividad se ha incluido la producción de maíz en grano en el sistema de cultivo, uso de fertilizantes (N-P-K) y pesticidas, siendo las emisiones de esta última las de mayor aporte a este porcentaje. La producción de trigo representó el 10.57% (8.83E-02). La operación de la caldera con un aporte del 1.12% (9.19E-03 kg CO₂ -eq), similar la producción del aceite de palma utilizado con 1.10% (2.61E-03 kg CO₂ -eq), la electricidad representó el 0.31% y la producción de agua tratada para el vapor del 0.005% (3.98E-05 kg CO₂ -eq).

Agotamiento de fósiles. - Esta categoría tuvo un principal aporte de la producción de harina de soya con un 39.80%, que equivale en concentración a 2.17E-02 Kg oil-eq, seguido de la producción de maíz en grano fue de 1.48E-02 Kg oil-eq, aportando el 27.14%, muy similar a la contribución de la producción de trigo en grano con un 25.11% (1.37E-03 kg oil -eq). La operación de la caldera aportó un 8.27%, que representa 4.50 E-03 kg oil -eq. La producción de aceite de palma tiene un porcentaje del -1.97%, La electricidad aporta 8.80E-04 kg oil-eq, con un porcentaje del 1.62%, y la producción de agua tratada para que sean utilizada como vapor tiene un aporte del 0.02%.

Eutrofización marina. - La mayor contribución de este indicador es de la producción de harina de soya con un 40.74% (1.24E-03 kg N-Eq) seguida de la producción de maíz con un 30.88% (9.40E-04 kg N-Eq) y muy semejante la del trigo con un 29.57% (9.00E-04kg N-Eq). El resto de contribuciones reflejan menos del 1%.

Transformación de tierras naturales. - En esta categoría la producción de harina de soya representa el 61.52%, la producción de maíz del 27.66% y la producción de trigo del 11.55%. Los rendimientos de los cultivos contribuyeron a esta categoría.

Agotamiento de la capa de ozono. - El agotamiento de la capa de ozono es causado por sustancias clorinadas y bromadas como los gases CFC y halones, la mayor contribución la da la producción de soya con un 44.62% (1.01E-08 kg CFC-11-Eq), posterior la producción de maíz en grano con el 28.82% (6.53E-09 kg CFC-11-Eq), la producción de trigo del 23.23% (5.26E-09 kg CFC-11-Eq), la caldera con un 3.20%:

Formación de partículas. - En esta categoría el aporte de la producción de harina de soya y maíz están muy similares, siendo la de mayor contribución la de maíz en grano con un 41.84% (5.50E-04 kg PM₁₀-Eq) y la de soya con un 40.34% (5.50E-04 kg PM₁₀-Eq), la producción de trigo aportó un 19.80% (2.70E-04 kg PM₁₀-Eq), todas

estas aportaciones se relacionan a las emisiones de pesticidas y fertilizantes al suelo y a la atmosfera. El aporte de la combustión de la caldera fue de $2.29E-06$ kg PM10-Eq, es decir un 0.17%.

Formación de oxidantes fotoquímicos. - La principal contribución de este indicador es de la producción de harina de soya con un 54.37% ($7.60 E-04$ kg NMVOC-Eq) seguida de la producción de trigo con un 27.90% ($3.90E-04$ kg NMVOC-Eq), y del maíz con un 21.46% ($3.00E-04$ kg NMVOC-Eq)

Acidificación terrestre. - Esta categoría se caracteriza por los kg SO₂, la mayor contribución en este caso, lo aporta la producción de maíz con un 69%, y se debe a las emisiones de fertilizantes, pesticidas que se tienen en el suelo y la atmósfera. Con un 23% aporta la producción de trigo y la soya con 10% principalmente.

Agotamiento del agua. - En esta categoría se puede evidenciar que la mayor contribución la genera la producción de trigo, con un 92.63% ($2.58E-02$ m³ water-Eq), debido a un mayor consumo de agua en la plantación y emisiones de agroquímicos que se generan. El 5.25% de la producción de maíz ($1.46E-03$ m³ water eq), y el 3.27% de la producción de soya ($9.10E-04$ m³ water eq)

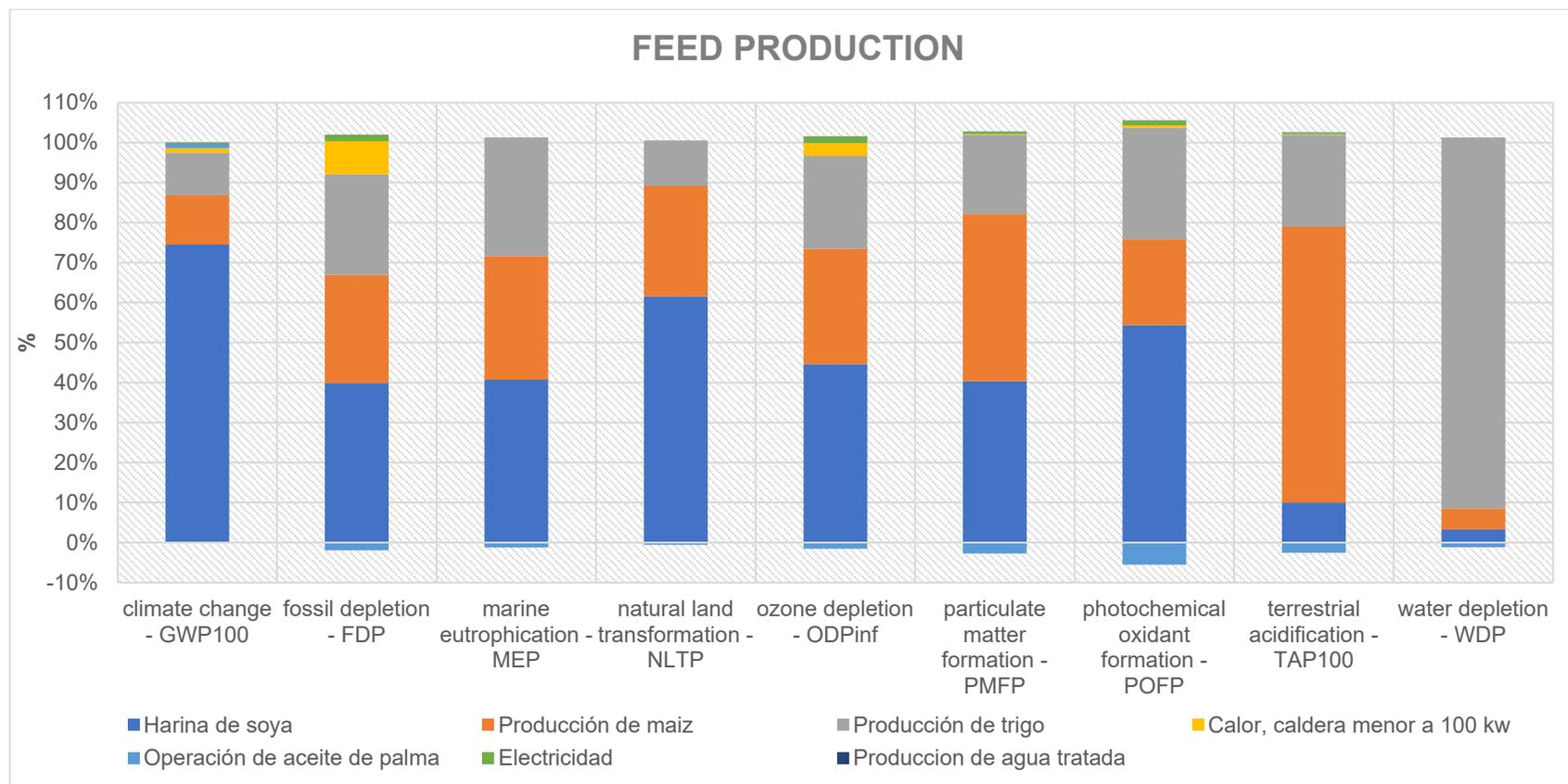


FIGURA 4.2.- CONTRIBUCIÓN POR IMPACTOS DEL ALIMENTO BALANCEADO

Fuente: (Resultados de datos de OpenLCA)

4.2.3 Análisis de contribución de impacto de la producción de cerdos

Cambio climático. - Se puede observar que el mayor aporte de cambio climático lo da la producción de la harina de soya con un 74.51%, es decir el 0.622 kg CO₂ -eq) que también incorpora el cultivo de soya, la extracción de aceite de soya, el transporte y uso de energía principalmente. La producción de maíz represento el 12.38% (0.103 kg CO₂-eq) en esta actividad se ha incluido la producción de maíz en grano en el sistema de cultivo, uso de fertilizantes (N-P-K) y pesticidas, siendo las emisiones de esta ultima las de mayor aporte a este porcentaje. La producción de trigo representó el 10.57% (8.83E-02). La operación de la caldera con un aporte del 1.12% (9.19E-03 kg CO₂-eq), similar la producción del aceite de palma utilizado con 1.10% (2.61E-03 kg CO₂-eq), la electricidad representó el 0.31% y la producción de agua tratada para el vapor del 0.005% (3.98E-05 kg CO₂ -eq).

Agotamiento de fósiles. - Esta categoría tuvo un principal aporte de la producción de harina de soya con un 39.80%, que equivale en concentración a 2.17E-02 Kg oil-eq, seguido de la producción de maíz en grano fue de 1.48E-02 Kg oil-eq, aportando el 27.14%, muy similar a la contribución de la producción de trigo en grano con un 25.11% (1.37E-03 kg oil -eq). La operación de la caldera aportó un 8.27%, que representa 4.50 E-03 kg oil -eq. La producción de aceite de palma tiene un porcentaje del -1.97%, La electricidad aporta 8.80E-04 kg oil-eq, con un porcentaje del 1.62%, y la producción de agua tratada para que sean utilizada como vapor tiene un aporte del 0.02%.

Eutrofización marina. - La mayor contribución de este indicador es de la producción de harina de soya con un 40.74% (1.24E-03 kg N-Eq) seguida de la producción de maíz con un 30.88% (9.40E-04 kg N-Eq) y muy semejante la del trigo con un 29.57% (9.00E-04kg N-Eq). El resto de contribuciones reflejan menos del 1%.

Transformación de tierras naturales. - En esta categoría la producción de harina de soya representa el 61.52%, la producción de maíz del 27.66% y la producción de trigo del 11.55%. Los rendimientos de los cultivos contribuyeron a esta categoría.

Agotamiento de la capa de ozono. - El agotamiento de la capa de ozono es causado por sustancias clorinadas y bromadas como los gases CFC y halones, la mayor contribución la da la producción de soya con un 44.62% (1.01E-08 kg CFC-11-Eq), posterior la producción de maíz en grano con el 28.82% (6.53E-09 kg CFC-11-Eq), la producción de trigo del 23.23% (5.26E-09 kg CFC-11-Eq), la caldera con un 3.20%:

Formación de partículas. - En esta categoría el aporte de la producción de harina de soya y maíz están muy similares, siendo la de mayor contribución la de maíz en grano con un 41.84% (5.50E-04 kg PM10-Eq) y la de soya con un 40.34% (5.50E-04 kg PM10-Eq), la producción de trigo apporto un 19.80% (2.70E-04 kg PM10-Eq), todas estas aportaciones se relacionan a las emisiones de pesticidas y fertilizantes al suelo y a la atmosfera. El aporte de la combustión de la caldera fue de 2.29E-06 kg PM10-Eq, es decir un 0.17%.

Formación de oxidantes fotoquímicos. - La principal contribución de este indicador es de la producción de harina de soya con un 54.37% (7.60 E-04kg NMVOC-eq) seguida de la producción de trigo con un 27.90% (3.90E-04 kg NMVOC-eq), y del maíz con un 21.46% (3.00E-04 kg NMVOC-eq)

Acidificación terrestre. - Esta categoría se caracteriza por los kg SO₂, la mayor contribución en este caso, lo aporta la producción de maíz con un 69%, y se debe a las emisiones de fertilizantes, pesticidas que se tienen en el suelo y la atmósfera. Con un 23% aporta la producción de trigo y la soya con 10% principalmente.

Agotamiento del agua. - En esta categoría se puede evidenciar que la mayor contribución la genera la producción de trigo, con un 92.63% (2.58E-02 m³ water-eq), el 5.25% de la producción de maíz (1.46E-03 m³ water eq), y el 3.27% de la producción de soya (9.10E-04 m³ water-eq).

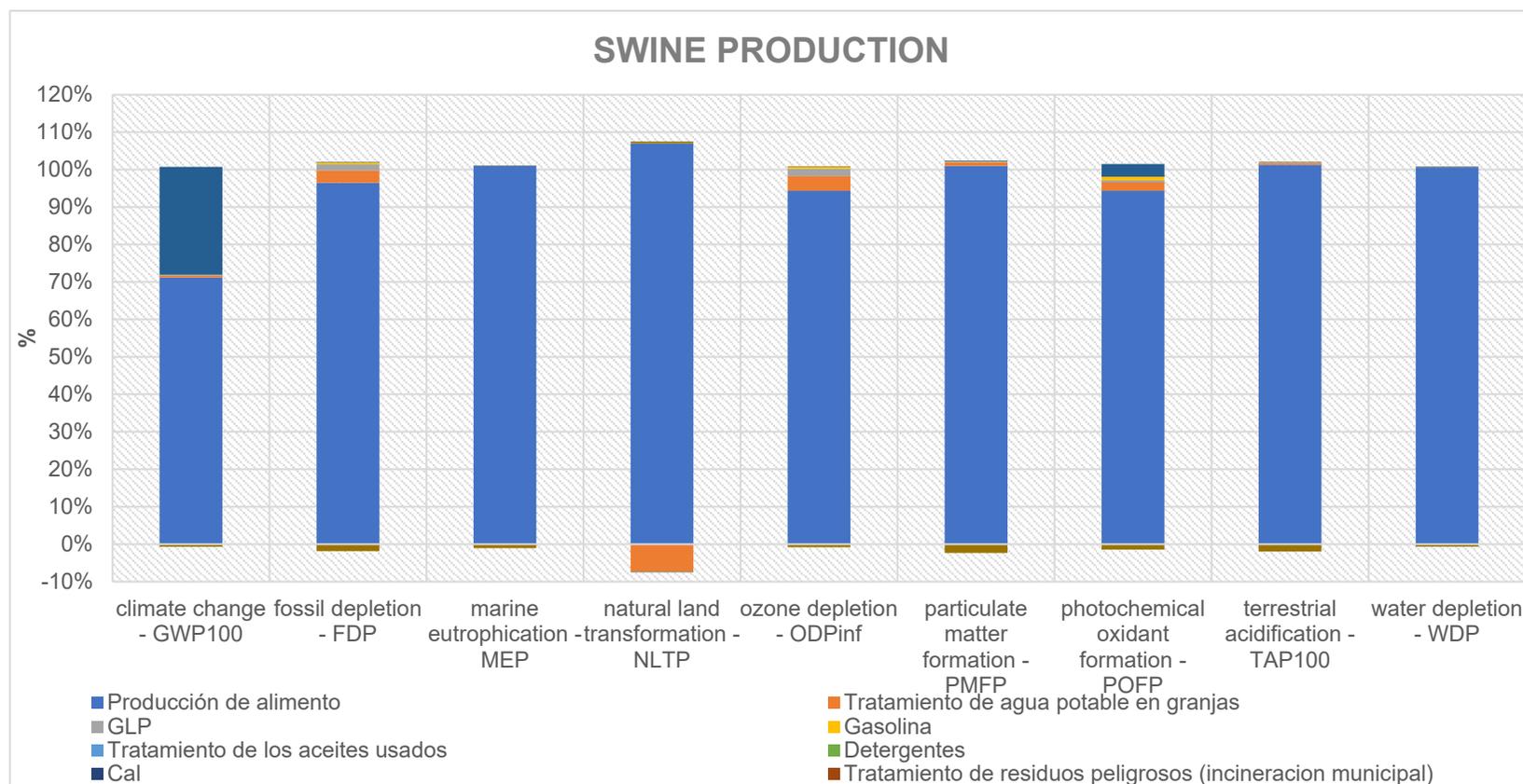


FIGURA 4.3.- CONTRIBUCIÓN POR IMPACTOS DE LA PRODUCCIÓN DE CERDOS

Fuente: (Resultados de datos de OpenLCA)

4.2.4 Análisis de contribución de impactos del faenamiento de cerdos

De acuerdo a los escenarios planteados se puede evidenciar que, respecto al indicador de cambio climático, el escenario 2 presenta la menor emisión de kg de CO₂, ya que al dar un tratamiento a los subproductos del faenamiento se reducen emisiones, siendo el escenario 3 el de mayor contribución con 4.74 kg de CO₂-Eq

Agotamiento de fósiles. - Esta categoría presenta concentraciones muy similares en los 3 escenarios de 0.27 Kg oil-eq, en el escenario 2 se observa un ligero incremento de esta contribución, esto se debe a que en el manejo de subproductos se cuenta con una planta de rendering que consumo energía en sus procesos, ya sean de molienda, renderizado, secado, entre otros.

Eutrofización marina. – En este indicador vemos concentraciones de 1.05 E-02 a 1.22E-02 kg N-Eq, siendo el escenario 2 el de menor contribución, y el escenario 3 la de mayor, debido a la producción del alimento y un aporte menor debido a la descomposición de la materia orgánica de los subproductos en el vertedero a cielo abierto.

Transformación de tierras naturales. – En el escenario 1 se presenta una mayor contribución con 2.30 E-05 m², en el caso 2 y 3 son muy similares 1.05 E-05 m² y 1.11 E-05 m² respectivamente.

Agotamiento de la capa de ozono. – Las concentraciones en los 3 escenarios son muy similares presentando valores entre 1.17 y 1.20 E-07 kg CFC-11-Eq. La mayor contribución se da la producción del alimento para los 3 escenarios, ya que representa aproximadamente el 95%. Su contribución se caracteriza por la presencia de sustancias clorinadas y bromadas.

Formación de partículas. – Al igual que la categoría anterior, las concentraciones se encuentra muy similares, siendo en el escenario 2 la más baja con un valor de 5.15 E-03 kg PM₁₀-Eq y la más alta del escenario 3 con 5.46 E-03 kg PM₁₀-Eq, siendo el producto del alimento el de mayor generación, etapa donde se utilizan grandes cantidades de insumos y materias primas en polvo que se manejan.

Formación de oxidantes fotoquímicos. – En el escenario 1 se presenta una concentración de 6.25E-03 kg NMVOC-Eq, en el escenario 2 de 5.96 E-03 kg NMVOC-Eq y en el tercero 6.44 E-03 kg NMVOC-Eq. En todas las concentraciones el mayor aporte lo da la alimentación, en la producción de soya, maíz y trigo, específicamente.

Acidificación terrestre. - Esta categoría se caracteriza por los kg SO₂, las contribuciones son similares en los escenarios con valores de 2.09E-02 hasta 2.17 E-02 kg SO₂-Eq. Siendo el escenario 3 de la variación mayor encontrada.

Agotamiento del agua. – En este indicador se observa similitud en las concentraciones encontradas de los escenarios presentados, siendo el aporte de mayor contribución la producción de alimento, específicamente en la producción del maíz.

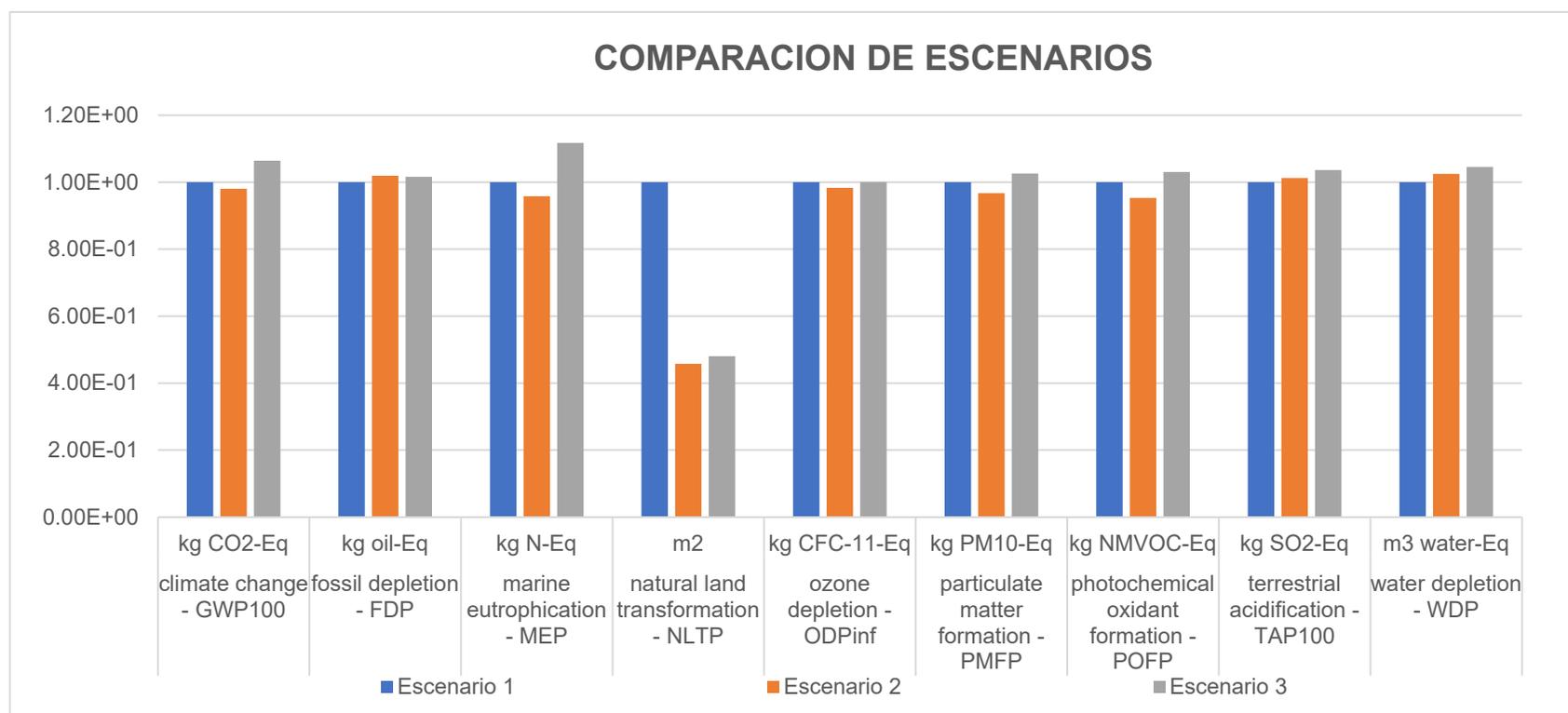


FIGURA 4.4.- COMPARACIÓN DE ESCENARIOS

Fuente: (Resultados de datos de OpenLCA)

4.2.5 Comparación con estudios relacionados.

De acuerdo a diversos estudios realizados y relacionados con el ACV de la producción de cerdos se evidenció la primera similitud entre los revisados, es que la producción de alimento balanceado es la etapa de mayor contribución en las categorías de impacto estudiadas en cada uno de estas investigaciones. Cabe indicar que, en varios de las investigaciones incluidas en la tabla del Anexo C, el alcance principalmente comprende la producción del alimento, producción de cerdos (diferentes fases de crecimiento) y el manejo del estiércol, presentando en algunos varios escenarios del cambio de proteína en la alimentación y manejos de estiércol, para realizar la comparación se tomaron los escenarios que se ajustan más a la realidad de este.

Asimismo, se ha visto que las categorías de mayor similitud evaluadas dentro de los mismos corresponden a cambio climático (GWP), acidificación terrestre (TAP100) y potencial de eutrofización, y en el estudio realizado en Galicia, España se incluye el indicador de agotamiento de los fósiles y eutrofización marina.

Bajo este esquema se puede indicar que el rango en el caso del GWP, obtenidos en los diferentes estudios corresponde a 2.30 y 8.385 kg CO₂ eq, los valores encontrados dentro del estudio en los diferentes escenarios se encuentran dentro de este rango de bibliografía, ya que se encuentran entre los 4.29 y 4.74 kg CO₂ eq.

Con respecto al potencial de acidificación los rangos evidenciados oscilan entre 0.020 y 0.186 kg SO₂ eq. Los resultados obtenidos dentro de este estudio en esta categoría corresponden a 0.021 kg SO₂ eq en promedio, valores que se encuentran dentro del rango investigado, y muy similar en estudios específicos.

Por otra parte, incluyendo el estudio con más similitud de categorías, tenemos que en el estudio realizado en Galicia (NOYA, 2016), el alcance comprende el alimento balanceado y la producción de cerdos, y se evaluaron 6 categorías de impacto, de las cuales 4 guardan relación con el presente estudio, en la categoría de GWP se obtuvo una concentración 3.42 kg CO₂ eq por kg de peso vivo, para nuestro caso fue de 4.29 kg CO₂ eq, en la categoría de eutrofización marina presentó una concentración de 5.01E-02 kg N eq, en este estudio fue de 1.14 E-02 kg N eq, en acidificación terrestre 0.186 kg SO₂ eq, para nuestro estudio 0.0212 kg SO₂ eq, en agotamiento de fósiles 0.298 kg oil eq, para este estudio 0.22 kg oil eq.

De la documentación revisada en cuanto a los numerosos estudios (Ver anexo 3) que se han realizado del ACV de la producción porcina se puede indicar lo siguiente:

En la producción porcina de la localidad de Cienfuegos se pudo determinar que la mayor contribución de las emisiones de CO₂, corresponde a la cría en los galpones y en menor proporción al sistema lagunar que posee. En cuanto a la categoría de toxicidad humana, debido a la cría de los cerdos. Para la potencial de acidificación el aporte se refleja en la cría de cerdos (54%) y la laguna (12%), a diferencia del potencial de eutrofización, en donde el mayor lo genera las lagunas con un 52% y los galpones de cerdos con un 22%). Una de las alternativas que recomienda el estudio es el uso del estiércol directo como fertilizante entierros agrícolas, a fin de reducir emisiones, en cuanto a la operación del sistema de oxidación (GUTIÉRREZ, 2015).

En el estudio realizado en Galicia, se evidencio que, en las explotaciones porcinas de las etapas del destete y engorde, esta última, es decir la etapa del engorde contribuyo en mayor proporción a todas las categorías de impacto analizadas. También se pudo determinar que la elaboración de los piensos o alimento balanceado es el principal punto crítico de la cadena, seguido de las emisiones que se derivan de las granjas relacionadas con el manejo del estiércol (NOYA, 2016).

En el ACV del Polonia involucró 3 escenario en cuanto al manejo del estiércol, en términos generales se pudo obtener que el sistema de alojamiento y el proceso de alimentación son responsables del 77%, 61% y 77% del impacto, respectivamente para cada escenario analizado. Se recomienda el uso del estiércol como fertilizante, sin embargo, en Polonia existe una problemática debido a que las tierras agrícolas, cada vez más son reducidas (GUTIÉRREZ, 2015).

Los resultados de la evaluación de impactos de los escenarios en cuanto al manejo del estiércol en la producción porcina en Dinamarca, hubo una reducción en gran medida de las emisiones de amoniaco al acidificar los lodos, así mismo se redujeron los indicadores de potencial de acidificación y eutrofización. La digestión anaeróbica también ha permitido reducir mayormente las categorías para NRRU, NREU y GWP. A través de la separación de solidos se pudo identificar que una amplia disminución en NREU. Dentro del estudio se identificó que la alimentación, fue el componente principal de la contribución del impacto. Sin embargo, el manejo de estiércol y el alojamiento de los cerdos, también generan una contribución que debe atenderse (PEXAS, 2020).

En la evaluación ambiental de la carne de cerdo realizada en Alemania, se pudo encontrar que la mayor contribución de las categorías de impacto analizadas (GWP y EP) lo aporta la producción de piensos o alimento balanceado. El alojamiento tuvo la segunda influencia de (RECKMANN, 2013).

De acuerdo a los resultados obtenidos de la evaluación de impactos de la producción de cerdos en el Noir de Bigorr, la producción de alimento balanceado representa el mayor aporte en las categorías de impacto analizadas de: cambio climático, demanda de energía, potencial de acidificación, potencial de eutrofización y uso de tierra,

seguido del aporte de la cría de cerdos y finalmente el manejo del estiércol (GARCÍA-LAUNAY, 2013).

En el análisis realizado en Flandes y Cabo Occidental, la producción porcina para ambos estudios la actividad de suministro de alimento (cultivo y producción de materias primas) ha demostrado ser la responsable del mayor impacto en las categorías de cambio climático, y uso de energía, mientras que la etapa de gestión de estiércol en las categorías de eutrofización y acidificación. En este estudio se indica que con un cambio de ingredientes en las materias primas del alimento permiten disminuir el impacto, siendo posible una reducción del 7.5% de GWP si se disminuye al 50% el contenido de la soya en el balaceado de los cerdos de Cabo. Existen muchas diferenciaciones entre ambos procesos de estas localidades, en términos generales, la menor contribución de impacto la obtuvo el cerdo producido en Flandes. Se pudo determinar que la conversión alimenticia del cerdo flamenco es menor que la de Cabo, con 2.97 a diferencia de este de 3.44, esto básicamente se debe a la genética y la dieta que se manejen (DEVERS, 2013)

En la evaluación ambiental de la actividad porcina de Japón se demuestra que una dieta baja en proteínas y complementada en aminoácidos, en la alimentación de los cerdos, puede permitir la disminución de la concentración de los indicadores de impacto como: cambio climático, potencial de eutrofización, potencial de acidificación y el consumo de energía (OGINO, 2012).

En los diversos estudios, la situación de la etapa de mayor contribución dentro de la cadena productiva del cerdo es similar a la del estudio, direccionándose hacia la producción de alimentos.

CAPÍTULO 5

5. . CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Dentro del análisis del presente estudio se puede concluir que la mayor contribución en las categorías de impacto estudiadas, corresponde a la alimentación del cerdo, es decir, a la producción del alimento balanceado, siendo la producción de soya, dentro de este proceso del alimento la que da su mayor aporte en las categorías de cambio climático, agotamiento de fósiles, eutrofización marina, transformación de tierras naturales, agotamiento del ozono y formación de oxidantes fotoquímicos; la producción del maíz, genera el mayor aporte en la acidificación terrestre y formación de material particulado, en esta última muy similar al aporte de la producción de soya. En cuanto a la última categoría del agotamiento de agua, la producción del trigo genera la mayor contribución.

En la producción del cerdo en las diferentes etapas de la granja de estudio, las emisiones del Metano y Óxido Nitroso han contribuido en un 28.73% en las emisiones de CO₂ medidas en todo el ciclo productivo, siendo el aporte más significativo dentro de esta etapa de estudio.

Se plantearon 2 escenarios para el manejo de los subproductos del faenamiento, como parte de la expansión del sistema. En uno de ellos se contemplaba la disposición final de estos subproductos a una planta de rendering donde se aprovechaban, de acuerdo a los datos obtenidos existe una menor contribución en las categorías de impacto. En el otro escenario, no se daba aprovechamiento alguno a estos subproductos y las cargas en las categorías fueron mayor. Sin embargo, cabe indicar que siendo la etapa más crítica la producción de alimento, se deben de buscar oportunidades de mejoras enfocadas principalmente a esta.

La información que se ha obtenido del estudio podrá servir de base para estudios de ACV que se realicen en el país en relación a la producción de cerdos.

5.2 Recomendaciones

En base a la etapa de mayor contribución de la producción del cerdo, se recomienda el uso de alternativas más ecoeficientes en la alimentación animal, de modo que no alteren el rendimiento productivo, en estudios realizados en Europa recomiendan el uso de una dieta del cerdo con un porcentaje más bajo en proteína, adición de aminoácidos suplementarios, o la inclusión de la fitasa, ya que reducen visiblemente la generación de nitrógeno y fósforo, y por ende de las emisiones.

Otro de los aspectos que pueden ser optimizados es el manejo de las descargas industriales, pese a que son tratadas y son utilizadas en riego, se puede disminuir la cantidad de carga orgánica complementando el sistema actual con un sistema actual.

Asimismo, la elaboración de compost, que se realiza es muy básica, se podría mejorar su aporte incluyendo microorganismos eficientes, e incrementar su valor como fertilizante para que sea comercializado y aprovechado permanentemente.

En cuanto a la gestión de los subproductos es evidente que pueden ser aprovechados hacia una planta de rendering, se recomienda la búsqueda de empresas que se dedican a esta actividad, para la entrega y aprovechamiento de estos.

BIBLIOGRAFÍA

- ABALCO, L. E. (2013). Manual Técnico de Crianza y manejo de ganado porcino. Pichincha, Ecuador.
- ACERO, R. C. (11 de Mayo de 2016). Métodos LCIA. Alemania.
- AGROCALIDAD. (2018). *Bienestar animal*. Obtenido de www.agrocalidad.gob.ec
- ASPE, A. p. (2018). *Informativo Porcino nº 78, 4to Trimestre 2018. págs 20-21*.
- COLLIN, G. A. (2016). Una revisión temática de la evaluación del ciclo de vida (ACV) aplicada a la producción porcina. 56.12-22.
- DESIG, G. (Agosto de 2013). <https://geneticadesign.com/openlca/>.
- DEVERS, T. K. (01 de febrero de 2013). Evaluación comparativa del ciclo de vida de la producción de cerdo flamenco y del cerdo de cabo occidental. Africa Meridional.
- DOURMAD, F. G.-L. (2014). Evaluación de las implicaciones ambientales de la incorporación de aminoácidos de uso alimentario en la producción porcina mediante la evaluación del ciclo de vida.
- DPTO. DE MEDIO AMBIENTE, P. T. (2009). *ANALISIS DE CICLO DE VIDA*. España: Inhobe, Sociedad Publica de Gestión Ambiental.
- ECOINVENT. (2016). *ECOINVENT*. Obtenido de <https://www.ecoinvent.org/database/how-to-use-ecoinvent-3-online/how-to-use-ecoinvent-3-online.html>
- ENERGY, I. (2020). <http://www.ior.com.au/ecflist.html>.
- FALCONI, P. (2011). Levantamiento poblacional, caracterización fenotípica y de los sistemas de producción de los cerdos criollos en los cantones de Mejía (Pichincha) y Colta.
- FAO, O. d. (2019). *Cerdos y la nutrición humana*. Obtenido de http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/pigs/hh_nutrition.html
- GARCÍA, G. (2020). Análisis de ciclo de vida del cerdo iberiano tradicional. *MDPI*, 18.
- GARCÍA-LAUNAY, R. V. (Noviembre de 2013). Evaluación de las implicaciones ambientales en la incorporación de aminoácidos en el balanceado para cerdos.

- GOEDKOOOP, H. H. (Febrero de 2009). Recipe 2008. *A life cycle impact assessment method*.
- GOTTAU. (Mayo de 2015). <https://www.vitonica.com>.
- GUTIÉRREZ, S. (Septiembre de 2015). Analisis de ciclo de vida de la produccion de la produccion de cerdos, en Cienfuegos - Cuba. Cienfuegos, Cuba.
- INEC, I. N. (2015). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua 2015*. Obtenido de <https://anda.inec.gob.ec/anda/index.php/catalog/750/datafile/F24/V1345#page=F24&tab=data-dictionary>
- INTA. (Septiembre de 2010). Manejo Sanitario Eficiente de los cerdos. Nicaragua.
- IPCC. (2006). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. *Volumen 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra*. Estados Unidos.
- ISO/TC, C. T. (2006). ISO 14044: 2006. *Análisis de ciclo de vida*.
- JACKSON, S. T. (Marzo de 2021). www.britannica.com/science/climate-change/Greenhouse-gases. Obtenido de Britannica: www.britannica.com/science/climate-change/Greenhouse-gases
- KEBREAB E., L. A. (Junio de 2016). Impacto ambiental del uso de especialidad de. *Analisis de ciclo de vida de la alimentacion especializada en la produccion de cerdos y aves*.
- MAKARA, Z. K. (Septiembre de 2019). Analisis comparativo de los sistemas de gestion de cria de cerdos.
- MATTHEWS, H. Y. (2015). *Evaluación del ciclo de vida*. Estados Unidos.
- MIHELICIC, J. Z. (2011). *Ingenieria ambiental fundamentos, sustentabilidad Disenio*. Mexico DF: Alfaomega.
- MONTEIRO, G.-L. B.-Y. (2016). Efecto de la estrategia de alimentación sobre los impactos ambientales del engorde porcino. Brasil - Francia.
- NOYA, P. V.-R.-G. (Noviembre de 2016). Analisis de ciclo de vida de la produccion de cerdos, un caso de estudio en Galicia. Galicia, España.
- OGINO, O. T. (Septiembre de 2012). Analisis de ciclo de vida de la produccion porcina utilizando aminoacidos en la alimentación. Japon.
- OMS. (2003). Organizacion Mundial de la Salud .

- PELLETIER, L. S. (Agosto de 2010). Evaluación del ciclo de vida de productos básicos de alta y baja rentabilidad. Estados Unidos.
- PÉREZ, I. C. (Septiembre de 2014). Agotamiento de los combustibles fósiles y escenarios. España.
- PEXAS, M. W. (Enero de 2020). Analisis de ciclo de vida de la producción porcina en Dinamarca. Dinamarca.
- RAHH, R. A. (2012). *Manual de buenas practicas pecuarias BPP para produccion y comercializacion porcicola familiar*. Buenos Aires.
- RAMÍREZ, A. (Mayo de 2012). El ciclo de vida de las emisiones de gases de efecto de invernadero de los productos renderizados. Reino Unido.
- RAMÍREZ, H. W. (2019). Evaluación del ciclo de vida de los gases de efecto invernadero de los productos. Reino Unido.
- RECKMANN, R. B. (2013). Evaluación comparativa del ciclo de vida (ACV) del cerdo utilizando diferentes fuentes de proteínas en la alimentación porcina. Alemania.
- RODRÍGUEZ, J. (2015). *www.bmeditores.mx*.
- VALENCIA, A. Y. (2010). Recuperación Parcial del Concentrado de la Porquinaza, una Alternativa Ambiental y Económica. *Revista Ingeniería y Región*, 60.

ANEXOS

ANEXO A

TABLA 20.- RESUMEN DE BIBLIOGRAFÍA REVISADA DE LOS ACV EN LA PRODUCCIÓN PORCINA

Autor	Producto de estudio	Descripción	Unidad Funcional	Categorías de impacto analizadas
Alexis Sagastume Gutiérrez, Juan J. Cabello Eras, Pieter Billen, Carlo Vandecasteele	Evaluación ambiental de la producción porcina en Cienfuegos, Cuba: alternativas para el manejo del estiércol	El alcance de este estudio incluye las etapas de: preproducción, producción de piensos y producción porcina, en granja. No forma parte de este estudio el faenamiento del cerdo.	1 cerdo terminado desde la gestación hasta su peso promedio de mercado (120 kg de peso vivo)	Agotamiento abiótico de combustibles fósiles (ADF), Cambio climático (GWP), Toxicidad humana (HT), Toxicidad Terrestre (TT), Formación de fotooxidantes (POF), Potencial de acidificación (AP), Potencial de eutrofización (EP)
Noya P. Villanueva-Rey, S. González-García, M.D. Fernández, M.R. Rodríguez, M.T. Moreira.	Evaluación del ciclo de vida de la producción porcina: un caso de estudio en Galicia	Las actividades que forman parte de este estudio de AVC en la producción porcina corresponden al cultivo, y actividades relacionadas con la producción de piensos concentrados, distribución de las granjas en las etapas de gestación y lactancia, crianza de lechones, destete, postdeste y engorde, manejo de estiércol y agua.	1 kg de peso vivo	Cambio climático (CC), Acidificación Terrestre (TA), Marina Eutrofización (ME), Eutrofización De Agua Dulce (FE), Ocupación De Tierra Agrícola (ALO) Y Agotamiento Fósil (FD)

Autor	Producto de estudio	Descripción	Unidad Funcional	Categorías de impacto analizadas
Agnieszka Makara, Zygmunt Kowalski, Łukasz Lelek, Joanna Kulczycka	Análisis comparativos de los sistemas de gestión de la cría de cerdos enfocados al manejo del estiércol, a través del método de evaluación del ciclo de vida	<p>El alcance del estudio incluyó todos los procesos relacionados con la cría del cerdo y la gestión del estiércol de cerdo (es decir, de la cuna a la tumba). Además, se realizó una comparación mediante el uso de 3 escenarios en el manejo del estiércol líquido.</p> <p>El primer escenario relacionado con el almacenamiento de estiércol líquido en lagunas.</p> <p>El segundo escenario utilizó un método de filtración (AMAK) para producir abono mineral-orgánico</p> <p>El último escenario, combinó el uso del estiércol, ya que aplicó la mitad del estiércol producido, directamente en los campos de la hacienda como fertilizante, y el saldo lo empleo bajo el método AMAK.</p> <p>Estos dos últimos escenarios pretenden eliminar o evitar el almacenamiento de estiércol en lagunas.</p>	1 kg de peso en canal	<p>Cambio climático (CC)</p> <p>Agotamiento de ozono (OD)</p> <p>Toxicidad humana, efectos no cancerosos (HT NCE)</p> <p>Toxicidad humana, efectos sobre el cáncer (HT CE)</p> <p>Formación de partículas en suspensión (PMF)</p> <p>Efectos de las radiaciones ionizantes en la salud humana (IR HH)</p> <p>Efectos de la radiación ionizante (provisional) (IR E)</p> <p>Formación de oxidantes fotoquímicos (POF)</p> <p>Acidificación (AD)</p> <p>Eutrofización terrestre (TE)</p> <p>Eutrofización de agua dulce (FE)</p> <p>Eutrofización marina (ME)</p> <p>Ecotoxicidad del agua dulce (FET)</p> <p>Ocupación de tierras (LO)</p> <p>Agotamiento de los recursos hídricos (WRD)</p>

Autor	Producto de estudio	Descripción	Unidad Funcional	Categorías de impacto analizadas
				Agotamiento de fósiles (FD)
Georgios Pexas, Stephen G. Mackenzie, Michael Wallace, Ilias Kyriazakis	Análisis de ciclo de vida de las condiciones de manejo del estiércol en los sistemas de producción porcina europeos: un estudio de caso en Dinamarca	<p>Dentro del estudio, se consideró dentro del alcance los siguientes componentes del sistema de producción porcina: producción de piensos, producción animal, criadero de cerdos y manejo de estiércol.</p> <p>En la producción animal se incluyó las fases de desarrollo, tales como: gestación, parto o maternidad, destete, crecimiento y acabado. Así también las cerdas sacrificadas.</p> <p>Bajo 3 escenarios de manejo de estiércol: Acidificación de lodos, Separación de lodos de prensa de tornillo y Digestión anaeróbica centralizada</p>	1 kg de peso vivo	<p>Uso de recursos no renovables (NRRU) expresado en kg de antimonio (Sb) equivalentes.</p> <p>Uso de energía no renovable (NREU) expresado en megajulios (MJ).</p> <p>Potencial de calentamiento global (GWP) expresado en kg de dióxido de carbono (CO2) equivalentes.</p> <p>Potencial de acidificación (AP) expresado en kg de sulfato (SO2) equivalentes.</p> <p>Potencial de eutrofización (EP) expresado en kg de fosfato (PO4⁻) equivalentes.</p>
K. Reckmann n, I.Traulsen,J.Krieter	Evaluación del ciclo de vida de la producción porcina:	Los límites del sistema de la cadena de producción del cerdo del presente estudio, incluyen: producción de	1 kg de carne de cerdo	Potencial de calentamiento global (GWP), potencial de eutrofización (EP) y

Autor	Producto de estudio	Descripción	Unidad Funcional	Categorías de impacto analizadas
	Un estudio de caso en Alemania	productos, la matanza de cerdos y procesamiento de trabajo como peso de sacrificio, envasado de carne, venta al por menor de alimentos, en el estudio se excluye el consumo de carne, así como la producción de los químicos.		potencial de acidificación (AP).
Garcia-Launay, Rouillon, V., Faure, J. and Fonseca	Evaluación de las implicaciones ambientales de la incorporación del uso de aminoácidos en la producción del alimento balanceado de los cerdos, a través de un estudio de análisis de ciclo de vida	En el estudio se consideró, los principales procesos para la producción de insumos de cultivos, producción de ingredientes, en la elaboración del alimento balanceado, y la producción de cerdos. Así también se incluye los subprocesos en la elaboración de aminoácidos que se incorporarán al alimento, es decir a la "Producción de componentes alimenticios no vegetales".	1 kg de peso vivo	Cambio climático, (GWP), Potencial de Acidificación (AP), Potencial de Eutrofización (EP), energía usada, ecotoxicidad (TE), Ocupación de tierra (LO)

Autor	Producto de estudio	Descripción	Unidad Funcional	Categorías de impacto analizadas
L. Devers, T.E. Kleynhans & E. Mathijs	Evaluación comparativa del ciclo de vida de cerdo flamenco y de la producción de Cabo Occidental	Se realizó una evaluación del ciclo de vida de la cuna a la puerta, en el LCA incluyó cuatro actividades principales de la cadena productiva porcina, que corresponden a: la actividad de suministro de balanceados (la misma que abarca los subprocesos de la producción de materias primas y balanceados), la cría de cerdos, la actividad de matadero y la gestión del estiércol. Bajo este alcance se analizó la carne de cerdo de 2 localidades en: Flandes y Cabo Occidental. Asimismo, se agregó la actividad de transporte de la carne de cerdo, para el caso de Cabo Occidental.	1 kg de Carne de cerdo (peso en canal) entregada en el centro de distribución	Potencial de Calentamiento Global (GWP), Potencial de Eutrofización, Potencial de Acidificación (AP) y Uso De Energía (EU).

Autor	Producto de estudio	Descripción	Unidad Funcional	Categorías de impacto analizadas
Akifumi Ogino , Takashi Osada, Ryozo Takada, Tomo Takagi, Susumu Tsuji moto, Tsuyoshi Tonoue, Daisuke Matsui, Masaya Katsumata, Takahiro Yamashita & Yasuo Tanaka	Evaluación del ciclo de vida de la cría de cerdos japonesa utilizando una dieta baja en proteínas complementada con aminoácidos esenciales	Para el ACV desde la cuna hasta la granja de la cría de cerdos, el sistema objeto de estudio incluyó: los procesos de alimentación, fabricación de aminoácidos, transporte de alimentos, producción del animal en granjas y manejo del estiércol.	1 cerdo comercializado (115 kg)	Calentamiento global (GWP), Potencial de Acidificación (AP), Potencial de Eutrofización (EP), Consumo de Energía.

Fuente: (Elaborada por el Autor)

ANEXO B

TABLA 21.- SUMARIO DE BASE DE DATOS

Entradas/Salidas	Proceso de Ecoinvent database
Alimento balanceado: 1 kg de alimento balanceado	
Entradas	
Maiz	Maize grain production maize grain APOS, U - BR-MT
Aceite de palma crudo	Palm oil mill operation palm oil, crude APOS, U y CO palm fruit - row
Harina de soya	Market for soybean meal soybean meal APOS, U - row
Trigo	Wheat grain processing, dry milling wheat bran APOS, U - row
Agua	Water production, completely softened water, completely softened APOS, U - row
Energía eléctrica	Electricity, at supply, 2018 mix - EC
Calor	Heat production, natural gas, at boiler condensing modulating >100kw heat, district or industrial, natural gas APOS, U - row
Salidas	
Alimento balanceado	
Producción de cerdo: 1 kg de cerdo - peso vivo	
Entradas	
Alimento balanceado	Feed production - EC
Agua tratada	Treated water for farms - EC
Gasolina	Market for petrol, unleaded, burned in machinery petrol, unleaded, burned in machinery APOS, U - GLO
GLP	Market for propane, burned in building machine propane, burned in building machine APOS, U - GLO
Detergente	Treated water for farms - EC
Cal	Lime production, milled, packed lime, packed APOS, U - row
Salidas	
Cerdos para faenamiento	Swine for slaughtering, live weight
Estiércol líquido	Waste water treatment farm - EC
Desechos peligrosos para incineración	Market for hazardous waste, for incineration hazardous waste, for incineration APOS, U - row
Aceites usados	Treatment of waste mineral oil, hazardous waste incineration waste mineral oil APOS, U - row
Desechos biopeligrosos	Treatment of biowaste, municipal incineration biowaste APOS, U - GLO

Emisiones al aire:	
Metano no fósil	Elementary flows/Emission to air/low population density
Óxido Nitroso	Elementary flows/Emission to air/low population density
Agua tratada para la granja: 1 m3 de agua tratada	
Entradas	
Agua	Elementary flow/Water natural
Cloro	Market for chlorine, liquid chlorine, liquid APOS, U - row
PAC	Market for polyaluminium chloride polyaluminium chloride APOS, U - GLO
Floculante (Sulfato de aluminio)	Market for aluminium sulfate, powder aluminium sulfate, powder APOS, U - row
Diesel	Water pump operation, diesel water pump operation, diesel APOS, U - CO
Salidas	
Agua tratada	Waste water treatment farm - EC
Tratamiento de aguas residuales: 1000 kg estiércol líquido	
Entradas	
Agua residual - estiércol líquido	Manure liquid
Bioactivado (enzimas)	Enzymes production enzymes APOS, U - RoW
Energía eléctrica	Electricity, at supply, 2018 mix - EC
Salidas	
Estiércol sólido	Organic solid waste (swine)
Fertilizante como N	Nutrient supply from manure, liquid, swine nitrogen fertiliser, as N APOS, U - GLO
Tratamiento de estiércol sólido o desechos sólidos orgánicos de la granja: 1 kg de estiércol sólido	
Entradas	
Estiércol sólido	Manure solid
Tamo de arroz	Market for flax husks flax husks APOS, U - GLO
Salidas (Evitado)	
Fertilizante como N	Nutrient supply from manure, liquid, swine nitrogen fertiliser, as N APOS, U - GLO
Fertilizante como P2O5	Nutrient supply from manure, liquid, swine phosphate fertiliser, as P2O5 APOS, U - GLO
Fertilizante como K2O	Nutrient supply from manure, liquid, swine potassium fertiliser, as K2O APOS, U - GLO
Faenamiento de cerdos: 1 kg de canal de cerdo	
Entradas	
Cerdo para faenamiento	Swine production - EC

Agua	Water production, completely softened water, completely softened APOS, U - row
Energía eléctrica	Electricity, at supply, 2018 mix - EC
Diesel, caldera	Heat production, light fuel oil, at boiler 100kw condensing, non-modulating heat, central or small-scale, other than natural gas APOS, U - row
GLP	Market for propane, burned in building machine propane, burned in building machine APOS, U - GLO
Amoníaco	Market for ammonia, liquid ammonia, liquid APOS, U - row
Escenario 1 (Asignación económica)	
Salidas	
Aguas residuales	Waste water treatment slaughtering - EC
Escenario 2 (Rendering)	
Salidas	
Mammalian ABP	Mammalian ABP
Aguas residuales	Waste water treatment slaughtering - EC
Rendering: 1 kg Mammalian ABP para procesar	
Entradas	
Mammalian ABP	
Agua	Market for tap water tap water APOS, U - CO
Energía eléctrica	Electricity, at supply, 2018 mix - EC
Calor	Market for natural gas, burned in gas motor, for storage natural gas, burned in gas motor, for storage APOS, U - GLO
Hipoclorito de sodio	Market for sodium hypochlorite, without water, in 15% solution state sodium hypochlorite, without water, in 15% solution state APOS, U - row
Hidróxido de sodio	Market for sodium hydroxide, without water, in 50% solution state sodium hydroxide, without water, in 50% solution state APOS, U - GLO
Ácido sulfúrico	Market for sulfuric acid sulfuric acid APOS, U - row
Salidas	
Aguas residuales	Treatment of wastewater, average, capacity 1e9l/year wastewater, average APOS, U - row
Evitado	
Aceite de palma	Market for palm oil, crude palm oil, crude APOS, U - GLO
Harina de soya	Market for soybean meal soybean meal APOS, U - row
Escenario 3 (Tratamiento en Vertedero a cielo abierto)	
Salidas	
Desechos orgánicos	Treatment of biowaste, open dump biowaste APOS, U - row
Aguas residuales	Waste water treatment slaughtering - EC
Aguas residuales del Faenamiento	
Entradas	
Agua residual	Manure liquid

Floculante	Market for aluminium sulfate, powder aluminium sulfate, powder APOS, U - row
PAC	Market for polyaluminium chloride polyaluminium chloride APOS, U - GLO
Salidas	
Desechos sólidos orgánicos	Treatment of municipal solid waste, sanitary landfill municipal solid waste APOS, U - row
Evitado	
Agua tratada para riego	market for tap water tap water APOS, U - CO

Fuente: (Datos de bases del OpenLCA)

ANEXO C

TABLA 22.- COMPARACIÓN DE LOS DATOS DE LAS CATEGORÍAS DE IMPACTO OBTENIDAS CON OTROS ESTUDIOS SIMILARES

Autor	Unidad Funcional	GWP	FDP	MEP	TAP100	WDP
		Kg CO2-Eq	kg oil-Eq	kg N-Eq	kg SO2-Eq	m3 water-Eq
Este estudio	1 kg de peso vivo	4.29	0.222	0.011	0.021	0.100
	1 kg de canal de cerdo (Escenario 1)	4.46	0.271	0.011	0.021	0.101
	1 kg de canal de cerdo (Escenario 2)	4.37	0.276	0.010	0.021	0.103
	1 kg de canal de cerdo (Escenario 3)	4.74	0.275	0.012	0.022	0.105
Alexis Sagastume Gutierrez, Juan J. Cabello Eras, Pieter Billen, Carlo Vandecasteele	1 cerdo terminado desde la gestación hasta su peso promedio de mercado (120 kg de peso vivo)	8.385	-	-	0.092	-
I. Noya a, *, P. Villanueva-Rey a, S. González-García a, M.D. Fernández b, M.R. Rodríguez b, M.T. Moreira a	1 kg de peso vivo	3.42	0.298	0.0501	0.186	-
Agnieszka Makara, Zygmunt Kowalski, Łukasz Lelek, Joanna Kulczycka	1 kg de peso en canal (Manejo de estiércol por escenario base)	3.57	-	-	0.028	-
	1 kg de peso en canal (Manejo de estiércol por acidificación de lodos)	3.87	-	-	0.020	-
	1 kg de peso en canal (Manejo de estiércol por separación de lodos con prensa)	3.8	-	-	0.045	-
	1 kg de peso en canal (Manejo de estiércol por	3.24	-	-	0.030	-

	digestión anaeróbica)					
Georgios Pexas, Stephen G. Mackenzie, Michael Wallace, Ilias Kyriazakis	1 kg de peso vivo	3.57	-	-	0.0278	-
K. Reckmann n, I.Traulsen,J.Krieter	1 kg de carne de cerdo	3.22	-	-	0.0571	
Garcia-Launay, Rouillon, V., Faure, J. and Fonseca	1 kg de peso vivo	4.54+/- 0.508	-	-	0.656+/- 9.93	-
L. Devers, T.E. Kleynhans & E. Mathijs	1 kg de Carne de cerdo de flamenca (peso en canal) entregada en el centro de distribución	2.55	-	-	0.039	-
	1 kg de Carne de cerdo de Western Cape (peso en canal) entregada en el centro de distribución	4.5	-	-	0.063	-
Akifumi Ogino , Takashi Osada, Ryoza Takada, Tomo Takagi, Susumu Tsujimoto, Tsuyoshi Tonoue, Daisuke Matsui, Masaya Katsumata, Takahiro Yamashita & Yasuo anaka	1 cerdo comercializado (115 kg)	3.16	-	-	0.021	-
	1 cerdo comercializado (115 kg) con dieta baja en aminoácidos	2.99	-		0.020	

Fuente: (Elaborada por el Autor)