



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“Comparación de la huella de carbono en el ciclo de vida del faenamiento de carne de res de granja y libre pastoreo en el Camal de Riobamba”

Trabajo de Titulación para optar por el título de Ingeniero Industrial

Autor:

Vizueta Bautista, Katherine Anayeli

Tutor:

Ing. Córdova Suarez, Manolo Alexander Mgs.

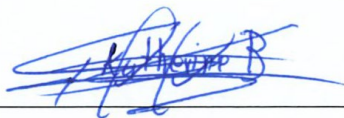
Riobamba, Ecuador. 2026

DECLARATORIA DE AUTORIA

Yo, Katherine Anayeli Vizueta Bautista con cedula de ciudadanía 0604866145, autor del trabajo de investigación titulado: Comparación de la huella de carbono en el ciclo de vida del faenamiento de carne de res de granja y libre pastoreo en el Camal de Riobamba, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mi exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor(a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

Riobamba, 05 de mayo de 2026



Vizueta Bautista, Katherine Anayeli

C.I. 0604866145



Secretaría Académica
VICERRECTORADO ACADÉMICO



DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

En la ciudad de Riobamba a los 14 días del mes de enero del 2026, quien **suscribe Mgs. Manolo Alexander Córdova Suarez**, luego de haber revisado el informe final del trabajo de titulación presentado por la **Srta. Vizueta Bautista Katherine Anayeli** portadora de la cedula de ciudadanía **0604866145**, estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial y dando cumplimiento a los criterios metodológicos exigidos, se emite **EL ACTA FAVORABLE DEL INFORME FINAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN** titulado **“Comparación de la huella de carbono en el ciclo de vida del faenamiento de carne de res de granja y libre pastoreo en el camal de Riobamba”** por lo tanto se autoriza la presentación del mismo para los trámites pertinentes

Mgs. Manolo Alexander Córdova Suarez

C.I:1802842508

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

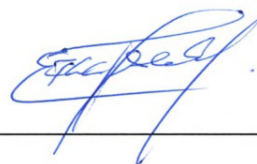
Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación “**COMPARACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN EL CICLO DE VIDA DEL FAENAMIENTO DE CARNE DE RES DE GRANJA Y LIBRE PASTOREO EN EL CAMAL DE RIOBAMBA**”, presentado por Vizuela Bautista Katherine Anayel, con cédula de identidad número 0604866145, bajo la tutoría de Mgs. Manolo Córdova Suárez certificamos que recomendamos la **APROBACIÓN** de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 5 de mayo de 2026

Mgs. Ormaza Hugo Rosa
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Mgs. Vallejo Gallardo Fidel
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Mgs. Villagómez Vacacela Carolina
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO





Dirección
Académica
VICERRECTORADO ACADÉMICO

en movimiento



UNACH-RGF-01-04-08.17
VERSIÓN 01 : 06-09-2021

CERTIFICACIÓN

Que, Vizuela Bautista Katherine Analyli con CC: 06004866145, estudiante de la Carrera Ingeniería industrial, Facultad de Ingeniería; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "COMPARACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN EL CICLO DE VIDA DEL FAENAMIENTO DE CARNE DE RES DE GRANJA Y LIBRE PASTOREO EN EL CAMAL DE RIOBAMBA", cumple con el 2% de similitud y 7% de Inteligencia Artificial, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio COMPILATIO, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.
Riobamba, 14 de abril de 2026



Mgs. Manolo Córdova
TUTOR

DEDICATORIA

Quiero dedicar el presente trabajo de titulación en primer lugar a Dios por darme el privilegio de la vida y guiarme en el camino para hoy culminar esta etapa.

En segundo lugar, se lo dedico a mi madre por el esfuerzo, amor y perseverancia que ha realizado día con día para darme la oportunidad de formarme como una profesional. Además, quiero dedicarle mi trabajo de titulación a mis hermanos y sobrinos por su amor y apoyo incondicional en todo el proceso de estudio.

Finalmente, este proyecto se lo dedico a mis amigos, por hacer de esta etapa una de las mejores de mi vida y hacer de la carrera una aventura divertida, llena de aprendizaje y lecciones de vida que me ayudaron a ser quien soy ahora.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer en primera instancia a Dios por darme la fuerza y la guía que hoy me permiten culminar esta etapa universitaria, esperando ser un ejemplo en el ámbito profesional siempre respaldada de su ejemplo.

Agradezco a mi madre, por su amor infinito, por el gran esfuerzo que hace día a día para darme la oportunidad de ser una profesional capacitada, pero sobre todo una buena persona. Deseo de todo corazón poder corresponder a todo lo que debo agradecerle y por ser el mayor ejemplo de nobleza, esfuerzo, perseverancia y responsabilidad.

Además, quiero agradecer a mis hermanos y sobrinos por ser parte fundamental de todas las experiencias que me han formado como ser humano, son el ejemplo perfecto de superación y agradezco formar parte de esta familia, que amo y valoro con todo mi corazón.

Finalmente, agradezco a mis amigos, quienes han sido un alivio en los días más pesados, gracias por ser confidentes, cómplices, compañeros y hoy colegas de una carrera que hemos amado y respetado.

INDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA
DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL
CERTIFICADO ANTIPLAGIO
DEDICATORIA
AGRADECIMIENTO
ÍNDICE GENERAL
ÍNDICE DE TABLAS
ÍNDICE DE FIGURAS
RESUMEN
ABSTRACT

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Antecedentes.....	14
1.2. Problema.....	15
1.3. Justificación.....	17
1.4. Objetivos	18
1.4.1. <i>Objetivo General</i>	18
1.4.2. <i>Objetivos Específicos</i>	18
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	19
2.1. Estado del Arte.....	19
2.2. Marco Teórico.....	20
2.2.1. <i>Huella de Carbono</i>	20
2.2.2. <i>Análisis del Ciclo de Vida</i>	21
2.2.3. <i>Etapas del ciclo de vida en el proceso de obtención cárnica</i>	22
2.2.4. <i>Norma ISO 14067:2018</i>	23
2.2.5. <i>Herramienta CCaLC2</i>	24
2.2.6. <i>Sistemas de producción ganadera: extensivo</i>	24
2.2.7. <i>Regulación Sanitaria Nacional</i>	25
2.2.8. <i>Normativa ambiental ecuatoriana: TUSLMA</i>	26
2.2.9. <i>Objetivos de desarrollo sostenible (ODS)</i>	26
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	28
3.1. Tipo de Investigación	28
3.2. Enfoque de la investigación.....	28

3.3.	Diseño de la investigación.....	29
3.4.	Técnicas de recolección de datos.....	30
3.4.1.	Análisis documental.....	31
3.4.2.	Observación directa no participante.....	31
3.4.3.	Revisión bibliográfica sistemática.....	32
3.5.	Justificación de la población y muestra.....	32
3.6.	Hipótesis.....	33
3.6.1.	<i>Justificación de la hipótesis.....</i>	33
3.7.	Descripción del proceso.....	34
3.7.1.	<i>Etapa de la crianza en el sistema de granja o intensivo.....</i>	35
3.7.2.	<i>Etapa de la crianza en el sistema de libre pastoreo o intensivo.....</i>	36
3.7.3.	Etapa de transporte.....	37
3.7.4.	Etapa de faenamiento.....	39
3.7.5.	Proceso de crianza de libre pastoreo.....	40
3.7.6.	Proceso de crianza de Granja.....	41
3.8.	Definición de los límites del sistema.....	42
3.9.	Balance de masa y energía.....	42
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		44
4.1.	Evaluación del balance de masa y energía.....	44
4.2.	Evaluación de emisión de huella de carbono en los sistemas de crianza.....	46
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		54
5.1.	Conclusiones.....	54
5.2.	Recomendaciones.....	55
BIBLIOGRAFIA.....		56
ANEXOS.....		62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Flujo general de obtención y tratamiento de datos	30
Figura 2. Flujograma proceso de crianza de bovinos de granja	35
Figura 3. Flujograma proceso de crianza de bovinos de libre pastoreo.....	36
Figura 4. Flujograma del proceso de transporte sistema intensivo.....	37
Figura 5. Flujograma del proceso de transporte sistema extensivo.....	38
Figura 6. Flujograma del proceso de faenamiento en el Camal de Riobamba.....	39
Figura 7. Diagrama de flujo del proceso de producción del sistema de Libre pastoreo (Extensivo)	40
Figura 8. Diagrama de flujo del proceso de producción del sistema de Granja (Intensivo)	41
Figura 9. Sistema extensivo-materias primas	46
Figura 10. Sistema intensivo-materias primas	47
Figura 11. Sistema Extensivo – Producción – Crianza.....	48
Figura 12. Sistema Intensivo – Producción – Crianza.....	48
Figura 13. Sistema Intensivo – Producción – Transporte	49
Figura 14. Sistema Extensivo – Producción – Transporte	50
Figura 15. Sistema Extensivo – Producción – Faenamiento.....	51
Figura 16. Sistema Intensivo – Producción – Faenamiento.....	51

RESUMEN

La producción de carne bovina representa una de las actividades agropecuarias con mayor impacto ambiental debido a la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), por ello en la presente investigación desarrolló un análisis de ciclo de vida (ACV), con el propósito de cuantificar y comparar la huella de carbono generada en la obtención de carne de res bajo los sistemas de libre pastoreo y de granja, considerando condiciones ambientales reales como el consumo energético, el uso de agua y la generación de efluentes con alta carga orgánica.

Se estableció como unidad funcional el kilogramo de carne, integrando datos operativos de consumos reales dentro del Camal Municipal de Riobamba. Los resultados evidencian que el sistema de libre pastoreo presenta mayores emisiones (51,6 kg CO₂-eq/f.u.) frente al sistema de granja (39,6 kg CO₂-eq/f.u.), diferencia atribuida principalmente por la fase de crianza, debido a una mayor contribución de emisiones biogénicas por fermentación entérica y a tiempos de engorde prolongados.

Este estudio aporta evidencia técnica aplicables a la gestión ambiental del Camal de Riobamba, sugiere medidas de eficiencia energética sin desvalorizar los subproductos para impulsar las prácticas ganaderas sostenibles que contribuyen al sector cárnico en Chimborazo.

Palabras Claves: Análisis, Carbono, Ciclo, Crianza, Extensivo, Gases, Granja, Huella, Intensivo, Pastoreo, Sistema, Unidad, Vida.

ABSTRACT

Beef production is one of the agricultural activities with the greatest environmental impact due to greenhouse gas (GHG) emissions. Therefore, this research developed a life cycle assessment (LCA) to quantify and compare the carbon footprint generated by beef production under free-range and farm systems, considering real environmental conditions such as energy consumption, water use, and the generation of effluents with a high organic load.

The kilogram of meat was established as the functional unit, integrating operational data on actual consumption within the Riobamba Municipal Slaughterhouse. The results show that the free-range system has higher emissions (51.6 kg CO₂-eq/f.u.) than the farm system (39.6 kg CO₂-eq/f.u.), a difference attributed mainly to the rearing phase due to a greater contribution of biogenic emissions from enteric fermentation and prolonged fattening periods.

This study provides technical evidence applicable to the environmental management of the Riobamba Slaughterhouse, suggesting energy-efficiency measures without devaluing byproducts, to promote sustainable livestock practices that contribute to the meat sector in Chimborazo.

Keywords: Analysis, Carbon, Cycle, Livestock, Extensive, Gases, Farm, Footprint, Intensive, Grazing, System, Unit, Life.



Mario Nicolas Salazar
Ramos



Revised by
Mario N. Salazar
0604069781

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

La producción de carne de res es una de las actividades agropecuarias con mayor impacto ambiental debido a sus emisiones de gases de efecto invernadero, principalmente metano y dióxido de carbono. Estos impactos varían según el sistema de producción empleado, siendo los modelos intensivos de granja y los de libre pastoreo los más comunes. Investigaciones recientes muestran que el tipo de alimentación, la velocidad de crecimiento de los animales y el tiempo que tardan en llegar al peso de faena influyen directamente en la huella de carbono por kilogramo de carne procesada. Además, el proceso de faenamiento en los camales añade emisiones asociadas al uso de energía, agua, combustibles y manejo de subproductos, por lo que resulta clave analizar el caso específico del Camal de Riobamba (Pelton et al., 2024)

Contrario a la idea que comúnmente se maneja de que la carne de libre pastoreo siempre es más sostenible, algunos estudios demuestran que no necesariamente presenta una huella de carbono menor. Al prolongarse el tiempo de engorde en sistemas de pastoreo, los animales emiten metano por más tiempo, lo que puede igualar o incluso superar las emisiones de los sistemas intensivos. La diferencia depende de factores como la productividad de los pastos y el manejo del suelo, además de una posible acumulación de carbono en los ecosistemas de pastoreo. Por ello, comparar ambos sistemas en un contexto local como Riobamba permite obtener resultados más realistas y aplicables a la gestión del camal (Eshel et al., 2025; Pelton et al., 2024).

En América Latina, investigaciones con metodología de Análisis de Ciclo de Vida (LCA, por sus siglas en inglés) han demostrado que las prácticas de manejo animal, son determinantes en el impacto climático de la carne. Por ejemplo; en Colombia se ha evidenciado que la etapa de crianza y engorde concentra la mayor parte de las emisiones, y que reducir la edad de sacrificio disminuye significativamente la intensidad de carbono por kilogramo de carne. Estos hallazgos son especialmente útiles para estructurar el inventario de datos y escenarios de comparación aplicados al contexto de Riobamba (González-Quintero et al., 2021; Sabia et al., 2024)

Desde el punto de vista metodológico, es necesario aplicar un enfoque LCA “de la cuna a la puerta del camal”, considerando como unidad funcional el kilogramo de canal procesada. Esto implica incluir factores como el consumo de electricidad y combustibles en el camal, la gestión de subproductos, y las emisiones de los animales en su etapa de producción. Estudios previos

realizados en cadenas pecuarias de Ecuador, aunque centrados en porcinos, aportan lineamientos sobre cómo estructurar inventarios de datos locales y aplicar normas internacionales de evaluación ambiental. Dichos elementos son transferibles y útiles para este trabajo comparativo en el Camal de Riobamba (Tinitana-Bayas et al., 2024; Pazmiño & Ramírez, 2021)

Finalmente, comparar la huella de carbono del faenamiento de res de granja y libre pastoreo en Riobamba no solo aporta conocimiento académico, sino también herramientas de gestión para la toma de decisiones. Los resultados de esta investigación son de gran ayuda para el municipio y para sus operadores del camal pues se pueden implementar medidas de eficiencia energética, manejo de refrigeración, valorización de subproductos y la incentivación de prácticas ganaderas más sostenibles. Tras un análisis local y comparativo se puede diseñar estrategias de mitigación que se ajusten con los compromisos climáticos de Ecuador y fortalezcan la sostenibilidad del sector cárnico (Pelton et al., 2024).

1.1. Antecedentes

Gutiérrez-León et al. (2023) estimaron la huella de carbono de 24 fincas lecheras ubicadas en las provincias andinas de Pichincha y Cotopaxi, utilizando la herramienta Cool Farm Tool y datos de campo. Encontraron que la fermentación entérica fue la principal fuente de emisiones (5,27 ton CO₂-eq ha⁻¹ año⁻¹, equivalente al 43,39 % del total) y que las fincas medianas presentaron mayor intensidad de emisiones por litro de leche producida (2,3 kg CO₂-eq por litro) en comparación con fincas pequeñas o grandes. Este estudio demuestra la importancia de los parámetros locales (tipo de hato, manejo de forraje, eficiencia) al estimar huellas de carbono en sistemas de ganadería en la región andina ecuatoriana.

La huella de carbono que se genera en las diferentes etapas de la producción bovina de las fincas ecuatorianas en las que se considera las emisiones directas del ganado, el manejo del estiércol, las actividades agrícolas complementarias y el uso de insumos energéticos según una tesis de la PUCE se identificó que las fases críticas son las de crianza y engorde en estas se concentran altos volúmenes de emisión, con el manejo eficiente de insumos y estiércol se puede reducir la carga de GEI significativamente, con este antecedente se puede plantear etapas y asignar

fuentes de emisión en ambientes productivos locales esto es esencial para un LCA robusto enfocado en el camal de Riobamba.

Un análisis que desarrollo, (Ramos Sánchez, 2023). Sobre el ciclo de vida (ACV) en el que se compara un corte de carne de res con un análogo vegetal, bajo lineamientos ISO 14040/14044 y modelado en OpenLCA (ILCD 2011 Midpoint+), con límites “cuna-a-puerta”. Si bien el objetivo principal fue contrastar dos sistemas alimentarios, lo que operacionaliza, la selección de unidad funcional, límites del sistema y categorías de impacto aplicables al procesamiento cárnico, ofrece una base metodológica que puede estructurar inventarios y decisiones para la asignación en centros de faenamiento locales.

Por último, (Pantoja-Guerra et al. 2024) analizaron la cadena de valor y las externalidades ambientales del centro de faenamiento de bovinos y porcinos del GAD Montúfar (Carchi), identificando problemas vinculados a su localización urbana y a la gestión de residuos y efluentes. Mediante el estudio de caso mixto Value Links, se muestra cómo las fallas de gestión operativa y las fallas de articulación de la cadena aumentan los riesgos ambientales y sociales, proporcionando lecciones replicables para los camales municipales andinos, incluida Riobamba, en gobernanza, ubicación, flujos de materiales y puntos críticos de control ambiental.

1.2. Problema

El consumo de energía, el uso intensivo del agua y la contaminación con efluentes cargados de materia orgánica están entre los retos ambientales más significativos a los que se enfrenta el camal de Riobamba. En ausencia de la gestión eficiente de estos flujos, no solo se intensifican los impactos a nivel local, sino que también se agrava la huella de carbono en la etapa del faenamiento. Los estudios más recientes realizados en Riobamba indican que, si bien la carga orgánica en las aguas residuales del camal ha disminuido, todavía es necesaria la mejora en la gestión operativa de los procesos de tratamiento; esto representa una brecha tanto en el cumplimiento normativo como en la gestión ambiental del camal. (Manjarres Campaña, 2023).

En una perspectiva más amplia, los estudios sobre camales municipales en el Ecuador demuestran que sus procesos de faena tienen externalidades al medio ambiente ligadas a su localización, gestión de residuos y defectos en el control operativo. Un estudio en el GAD

Montúfar, Carchi, Ecuador, encontró que la cadena de valor ganadera tiene un riesgo socioambiental asociado con la gestión inapropiada de los efluentes y los subproductos. Por lo tanto, tales riesgos requieren intervenciones sistémicas en la cadena de valor, como lo demuestra el caso del alto GAD Montúfar, Carchi. (Pantoja-Guerra et al., 2024). Estas conclusiones son extrapolables a Riobamba y refuerzan la necesidad de fortalecer la gobernanza y la eficiencia en la operación del camal.

En paralelo, tesis aplicadas a camales en otras provincias señalan que los problemas recurrentes son la deficiente gestión de desechos y la ineficiencia de plantas de tratamiento de aguas residuales. En Pedro Carbo, por ejemplo, se determinó que los vertidos del camal generaban impactos significativos en cuerpos receptores debido a limitaciones en el manejo de residuos y subproductos (Martillo Burgos & Villamar Rodríguez, 2023). De forma similar, en Pelileo se identificó la necesidad de repotenciar la PTAR para mejorar su desempeño, demostrando que las deficiencias técnicas son una constante en este tipo de instalaciones (Paredes Salán, 2023).

En este contexto, el problema central de la presente investigación se define como la ausencia de un análisis de ciclo de vida “cuna-a-puerta del camal” que cuantifique y compare la huella de carbono del faenamiento en Riobamba para res de granja y de libre pastoreo. Aunque en Ecuador hay investigaciones que han aplicado la metodología de ACV a productos cárnicos, como la comparación entre carne de res y carne vegetal (Ramos Sánchez, 2023), todavía no hay un estudio que integre consumos reales de energía, agua, combustibles y gestión de subproductos del Camal de Riobamba. Esto limita la posibilidad de implementar mejoras operativas y de ecoeficiencia, así como la capacidad de sincronizar la gestión municipal con los compromisos nacionales de mitigación del cambio climático.

1.3. Justificación

La cuantificación de la huella de carbono en procesos pecuarios es una herramienta clave para identificar las fuentes de emisiones y diseñar estrategias de mitigación en la cadena agroalimentaria. En Ecuador, investigaciones recientes en sistemas lecheros de la Sierra evidencian que la mayor parte de las emisiones provienen de la fermentación entérica y del manejo de estiércol, pero también señalan la necesidad de incluir fases posteriores como el faenamiento y procesamiento, donde se concentran consumos energéticos y generación de residuos (Gutiérrez-León et al., 2023). Por ello, analizar la huella de carbono en el Camal de Riobamba es relevante para disponer de una línea base local que permita gestionar de forma más sostenible los procesos de beneficio bovino.

Se ha demostrado que a escala internacional las diferencias en la edad de sacrificio y el sistema de producción (intensivo vs. libre pastoreo) modifican de manera significativa la intensidad de emisiones por kilogramo de canal (Sabia et al., 2024). Mostrándonos que no basta con analizar solo las fases de crianza y engorde, sino que es importante integrar la etapa de faena para obtener resultados realistas y comparables. Es así que, la tesis responde a una necesidad metodológica: generar métricas robustas que contemplen el impacto del faenamiento según el origen de los animales que ingresan al camal.

Los estudios de evaluación del ciclo de vida aplicados a productos cárnicos en Ecuador son todavía limitados. Ramos Sánchez (2023) desarrolló un análisis comparativo entre carne de res y carne vegetal, aplicando la metodología ACV bajo estándares internacionales, sus estudios demostraron la pertinencia y factibilidad de aplicar este enfoque a los sistemas de producción cárnica locales. Sin embargo, no existe un trabajo específico que mida la huella de carbono del faenamiento bovino en un camal municipal, lo que convierte esta tesis en un aporte innovador tanto a nivel académico como operativo.

Finalmente, esta investigación se justifica ampliamente dado que sus resultados pueden servir como sustento para la promoción y aplicación para políticas de sostenibilidad. Al contar con datos primarios del Camal de Riobamba, será posible orientar acciones que mejoren el sistema de producción y a su vez fomenten la adquisición de compromisos climáticos en el Ecuador (Pelton et al., 2024).

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Comparar la huella de carbono en el ciclo de vida del faenamiento de la carne de res de granja y libre pastoreo en el Camal de Riobamba utilizando la norma ISO 14067.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Realizar un balance de masa del ciclo de vida en el proceso de faenamiento de carne de res de sistemas de granja y libre pastoreo, para determinar las entradas y salidas del proceso en el camal.
- Cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero en cada etapa del ciclo de vida del faenamiento de carne de res de sistemas de granja y libre pastoreo, identificando los principales puntos de emisión en cada tipo de producción en función a la ISO 14067.
- Comparar la huella de carbono total generada por el proceso de producción y faenamiento de carne de res de granja en comparación a la carne de libre pastoreo, evaluando diferencias en impacto ambiental según las prácticas de manejo en cada sistema.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Estado del Arte

El estudio de la huella de carbono en la producción de carne bovina se ha convertido en un tema prioritario a nivel global, dado que la ganadería es una de las principales fuentes de gases de efecto invernadero (GEI). Investigaciones recientes evidencian que tanto los sistemas intensivos como los extensivos presentan ventajas y desventajas: mientras los primeros reducen el tiempo de engorde, los segundos pueden contribuir al secuestro de carbono en suelos de pastoreo, aunque con mayores emisiones acumuladas por animal. En Estados Unidos, Pelton et al. (2024) mostraron que la adopción de prácticas mejoradas puede reducir sustancialmente las emisiones del sector, mientras que (Sabia et al. 2024). evidenciaron que la edad de sacrificio es un factor determinante en la eficiencia ambiental del sistema. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de contextualizar el análisis a condiciones locales, como las del Camal de Riobamba.

Los estudios de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) en América Latina aplicados a carne bovina permiten cuantificar emisiones y proponer mejoras en las cadenas productivas. En Colombia, (González-Quintero et al. 2021) encontraron que la etapa de crianza y engorde presentan la mayor parte de las emisiones, sin embargo, las fases de faenamiento y procesamiento también aportan impactos significativos si se consideran consumos energéticos y manejo de subproductos. Estas investigaciones han sentado bases metodológicas para aplicar el ACV en la región, resaltando la importancia de contar con inventarios de datos primarios y escenarios locales.

En Ecuador, la aplicación del ACV en el sector pecuario ha avanzado, aunque aún de manera incipiente. (Ramos Sánchez, 2023) realizó una comparación entre carne de res y carne vegetal bajo la metodología ISO 14040/14044, utilizando el software OpenLCA, y demostró la factibilidad de aplicar esta herramienta en productos alimenticios ecuatorianos. Sin embargo, la mayoría de estudios se han enfocado en la producción primaria y no en el proceso de faenamiento en camales. Trabajos como el de (Gutiérrez-León et al, 2023) en sistemas lecheros han demostrado que es posible adaptar metodologías de ACV a condiciones locales, pero existe una brecha evidente en el análisis específico de la huella de carbono en mataderos municipales.

Investigaciones vinculadas a los camales municipales en Ecuador se han centrado en la gestión de aguas residuales, efluentes y subproductos, más que en el cálculo de huella de carbono. (Manjarres Campaña, 2023). evaluó la carga orgánica de las aguas residuales del Camal de Riobamba, mientras que, (Martillo Burgos y Villamar Rodríguez, 2023) analizaron los impactos ambientales del camal de Pedro Carbo, y (Paredes Salán, 2023) propuso la repotenciación de la planta de tratamiento de aguas residuales del camal de Pelileo. Estos antecedentes demuestran la necesidad de ampliar el enfoque hacia la cuantificación de emisiones de GEI, aplicando normas internacionales como la ISO 14067:2018 y softwares especializados como CCalc2, para generar información sólida que permita mejorar la sostenibilidad operativa del Camal de Riobamba.

2.2.Marco Teórico

2.2.1. Huella de Carbono

La huella de carbono es un indicador ambiental que permite cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), generadas directa o indirectamente durante el ciclo de vida de un producto o servicio, expresadas en kilogramos de dióxido de carbono equivalente (kg CO₂e) (FAO, 2019).

La norma ISO 14067:2018 define la huella de carbono de productos como el resultado de un Análisis de Ciclo de Vida (ACV), enfocado únicamente en las emisiones de GEI, con el objetivo de proporcionar datos comparables y verificables para la mejora ambiental de procesos (ISO, 2018).

En la industria cárnica, este indicador facilita la identificación de etapas críticas como alimentación del ganado, transporte, consumo energético y gestión de residuos, que son responsables del mayor porcentaje de emisiones (Loaiza Barboza, 2021). Para su cálculo, se utiliza la fórmula propuesta por el IPCC:

$$\mathbf{HC = \sum (Dato de actividad \times Factor de emisión)}$$

Donde

- **HC** = representa la huella de carbono total (kg CO₂e);

- **Dato de actividad**= es la cantidad de insumo o energía consumida;
- **Factor de emisión** = es el coeficiente que expresa las emisiones generadas por unidad de insumo utilizado.

Esta relación permite estimar las emisiones por insumo, energía o recurso consumido en cada fase del proceso (IPCC, 2021).

Al cuantificar la huella de carbono ayuda a la toma de decisiones técnicas, para mejorar la eficiencia energética, esto permite establecer planes de mitigación y facilita el acceso a certificaciones ambientales (Torres, 2022).

Además, sirve como base para evaluar comparativamente sistemas productivos distintos, como el de ganadería intensiva frente al extensivo, permitiendo seleccionar alternativas con menor impacto ambiental (University of Manchester, 2020).

2.2.2. Análisis del Ciclo de Vida

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una metodología técnica que permite evaluar los impactos ambientales de un producto desde su origen hasta su disposición final. Esta metodología considera el uso de recursos y generación de emisiones en todas las etapas del proceso, con un enfoque de “cuna a tumba” (ISO, 2018).

La norma ISO 14040 establece cuatro fases del ACV: definición del objetivo y alcance, análisis del inventario, evaluación de impactos e interpretación de resultados. Esta estructura da garantía de la trazabilidad y coherencia técnica en los estudios ambientales (ISO, 2018).

En este estudio, el ACV se aplica al ciclo de vida de la carne bovina procesada en el Camal de Riobamba, las cuales se estructuran en cuatro etapas: crianza, faenamiento, almacenamiento y consumo. Esta segmentación cubre los lineamientos de la norma ISO 14067:2018, adaptando el análisis a las condiciones reales del producto (ISO, 2018).

Durante la crianza se analizan variables como tipo de alimentación, insumos veterinarios y consumo de agua, las cuales varían entre los sistemas de producción intensivo y extensivo, afectando directamente la huella ambiental (FAO, 2019). El faenamiento incluye el uso de energía, equipos e insumos de limpieza (Torres, 2022). El almacenamiento considera el

consumo eléctrico de refrigeración, mientras que el consumo final incorpora el transporte y el uso del producto por parte del consumidor (University of Manchester, 2020).

El ACV facilita la comparación entre sistemas de producción y permite identificar los puntos críticos de mayor impacto. Su aplicación contribuye a la toma de decisiones técnicas fundamentadas en datos reales, con el fin de mejorar el desempeño ambiental (López, Castañeda & Quintero, 2021).

2.2.3. Etapas del ciclo de vida en el proceso de obtención cárnica

El análisis de ciclo de vida (ACV) permite estudiar el impacto ambiental generado en cada fase de producción de carne bovina. Para esta investigación se consideran cuatro etapas principales: crianza, faenamiento, almacenamiento y consumo, todas determinantes en la huella de carbono final del producto (ISO, 2018).

2.2.3.1. Etapa de crianza

El ganado en la etapa de crianza pasa por subetapas como nacimiento, destete, levante, maduración y preproducción. En este tipo de sistemas intensivos se emplea alimentación balanceada, infraestructura confinada y suplementación, lo que implica una mayor demanda energética y uso de insumos industriales (FAO, 2019).

Dando contraste, el sistema extensivo utiliza pastizales naturales y tiene menor consumo de recursos externos, sin embargo, genera más emisiones entéricas debido a la digestión del forraje y requiere más tiempo para alcanzar el peso de faena (López, Castañeda & Quintero, 2021).

Sumado a esto, la raza bovina afecta el rendimiento del sistema. Razas como Angus y Jersey, comunes en Riobamba, presentan diferencias en ganancia de peso y eficiencia alimentaria, lo que influye en la huella ambiental (González, 2022).

2.2.3.2. Etapa de faenamiento

El faenamiento comprende transporte al camal, reposo, clasificación, sacrificio, sangrado, desuello, eviscerado, corte, lavado y refrigeración. Esta fase concentra altos niveles de consumo de agua, electricidad y productos químicos (Torres, 2022).

El sistema extensivo genera una mayor variabilidad en peso y tamaño del animal, esto incrementa el tiempo de procesamiento por canal. Esto contribuye al aumento del consumo de energía por unidad de carne procesada (Loaiza Barboza, 2021).

2.2.4. Norma ISO 14067:2018

La norma ISO 14067:2018 define los requisitos para cuantificar y comunicar la huella de carbono de productos (HCP) con el uso de la metodología del Análisis de Ciclo de Vida (ACV). Establece criterios técnicos que garantizan que los estudios sean comparables, reproducibles y verificables (ISO, 2018).

Esta norma considera las emisiones directas e indirectas a lo largo del ciclo de vida del producto, considerando las fases como extracción de materias primas, producción, distribución, uso y disposición final. Su aplicación asegura un enfoque integral y estandarizado (ISO, 2018).

Para cumplir con sus lineamientos, es necesario definir la unidad funcional, los límites del sistema, las fuentes de emisión y los factores de emisión utilizados, lo que fortalece la calidad técnica del estudio (ISO, 2018).

En procesos agroindustriales como la producción de carne bovina, ISO 14067 permite identificar las etapas con mayor contribución al cambio climático, ayudando a la toma de decisiones ambientales y mejorando el diseño de estrategias de reducción (FAO, 2019). Además, su aplicación en investigaciones como la presente permite sustentar técnicamente propuestas de mejora, respaldar certificaciones y demostrar cumplimiento con normativas ambientales nacionales e internacionales.

2.2.5. Herramienta CCaLC2

CCaLC2 (Carbon Calculations over the Life Cycle) es un software desarrollado por la Universidad de Manchester para estimar la huella de carbono de productos, procesos y cadenas de suministro. Su diseño permite modelar cada etapa del ciclo de vida mediante el ingreso de datos reales, facilitando la visualización del comportamiento ambiental del sistema (University of Manchester, 2020).

La principal ventaja es la capacidad de generar inventarios detallados de entradas y salidas por fase, esto permite realizar análisis técnicos precisos y comparar varios escenarios productivos. Sumado a esto, sus resultados pueden exportarse para elaborar indicadores ambientales incluso informes de sostenibilidad (Ramírez, 2023).

La herramienta CCaLC2 es gratuito, intuitiva y está orientado a estudios académicos y aplicaciones prácticas en agroindustria, en comparación con las herramientas SimaPro o OpenLCA es nuestra mejor opción, pues es una herramienta adecuada para investigaciones que requieren modelar procesos con datos locales y validar hipótesis bajo normas como la ISO 14067 (GreenDelta, 2020; ISO, 2018).

En esta investigación, el uso de CCaLC2 nos ayuda a simular la huella de carbono del proceso de producción y faenamiento de carne bovina bajo dos sistemas de crianza. Su estructura por bloques facilita el análisis comparativo, ayudando a identificar las etapas de mayor impacto ambiental para establecer mejoras técnicas sustentadas (López, Castañeda & Quintero, 2021).

2.2.6. Sistemas de producción ganadera: extensivo e intensivo

Los sistemas de producción bovina se clasifican comúnmente como intensivo (granja) y extensivo (libre pastoreo), y difieren en el tipo de manejo, uso de insumos y eficiencia operativa. La generación de emisiones de gases de efecto invernadero durante el ciclo productivo son afectadas por estas diferencias (FAO, 2019).

El sistema intensivo que opera en infraestructuras cerradas con alimentación basada en concentrados, suplementos y control sanitario estricto genera una mayor huella de carbono

ambiental por el uso intensivo de energía, insumos, procesador y agua, aunque si bien es cierto permite un mayor rendimiento en menor tiempo. (González, 2022).

Por su parte, la ganadería extensiva se desarrolla en zonas abiertas con alimentación basada en pastos naturales, lo que reduce el consumo de insumos industriales. Sin embargo, enfrenta retos relacionados con la eficiencia del engorde, fermentación entérica y mayor distancia de transporte hacia los centros de faenamiento (Sánchez, 2021).

Estudios recientes reportan que el sistema extensivo puede generar entre 20 % y 30 % menos emisiones de CO₂e por kilogramo de carne que el intensivo, debido principalmente a la menor dependencia de fertilizantes y alimento balanceado (López, Castañeda & Quintero, 2021).

Debido a que los dos modelos tienen ventajas y desventajas se debe comparar su impacto ambiental mediante herramientas técnicas como el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) esto nos permitirá determinar cuál presenta mayor sostenibilidad en contextos reales como el del Camal Municipal de Riobamba (Ramírez, 2023).

2.2.7. Regulación Sanitaria Nacional

La Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA) regula los procesos de faenamiento en camales mediante la Resolución ARCSA-DE-067-2015-GGG, que establece requisitos de infraestructura, higiene y control sanitario para garantizar la inocuidad alimentaria (ARCSA, 2015).

La normativa establece que los establecimientos deben implementar zonas separadas para él, control de plagas, limpieza constante y drenaje adecuado. Estas condiciones harán que se minimice el riesgo de contaminación cruzada y mejoran la trazabilidad del proceso cárnico (ARCSA, 2015).

Las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), debe ser aplicado en su totalidad especialmente en etapas críticas como el sacrificio, eviscerado, lavado y refrigeración, con una supervisión técnica permanente (Torres, 2022). Sumado a esto, se debe controlar el uso de insumos, consumo de agua, desinfección de equipos y disposición de residuos, pues estos

factores inciden directamente en el consumo de recursos evaluados en la huella de carbono (González, 2022).

Con la aplicación de esta normativa aseguramos las condiciones sanitarias adecuadas y se contribuye a la eficiencia técnica y ambiental del proceso productivo de carne en el camal de Riobamba. (ARCOSA, 2015).

2.2.8. Normativa ambiental ecuatoriana: TUSLMA

La Ley de Uso Sostenible de los Recursos Naturales y Manejo Ambiental (TUSLMA) es el principal marco legal del Ecuador en materia ambiental. Esta ley establece disposiciones para fomentar la sostenibilidad en actividades productivas, incentivando el uso racional de recursos naturales y la prevención de impactos negativos sobre el entorno (Ministerio del Ambiente, 2020).

Entre sus principios destacan la eficiencia en el uso del agua, energía, suelo y aire, así como la obligación de implementar prácticas tecnológicas que reduzcan residuos, emisiones y consumo excesivo de recursos, especialmente en industrias de transformación como la cárnica (Ministerio del Ambiente, 2020).

Los procesos industriales deben aplicar criterios de evaluación ambiental, incluyendo el análisis de emisiones y residuos generados en cada etapa productiva según la normativa. Estos principios se alinean con metodologías como el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y el cálculo de huella de carbono (López, 2022).

En esta investigación, se garantiza que las estrategias propuestas para reducir impactos ambientales en el faenamiento y producción de carne bovina en Riobamba cumplan con los lineamientos legales nacionales vigentes pues se está trabajando bajo esta normativa (Ramírez, 2023).

2.2.9. Objetivos de desarrollo sostenible (ODS)

Este estudio se vincula directamente con el ODS (Objetivo de Desarrollo Sostenible) 12 (producción y consumo responsables) y el ODS 13 (acción por el clima) y da cumplimiento con la

agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible en un marco global para orientar las acciones ambientales, económicas y sociales, (Naciones Unidas, 2015).

El ODS 12 promueve el uso eficiente de recursos, la gestión de residuos y la mejora de procesos productivos. Con la evaluación de la huella de carbono en la industria cárnica contribuimos a identificar puntos críticos para implementar prácticas más sostenibles (FAO, 2019).

Con la medición ambiental del ciclo de vida de la carne contribuimos en el ODS 13 que impulsa la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) mediante políticas y acciones fundamentadas en evidencia técnica. (Ramírez, 2023).

El uso del ACV y herramientas como CCaLC2 genera datos verificables, necesarios para mejorar procesos y cumplir con los compromisos internacionales del Ecuador frente al cambio climático (Ministerio del Ambiente, 2020).

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo de Investigación

La presente investigación es de tipo explicativa, ya que su propósito es profundizar en la comprensión del impacto ambiental del proceso de faenamiento de carne bovina en función del sistema de producción ganadera (granja vs libre pastoreo), mediante la aplicación del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) bajo los lineamientos de la norma ISO 14067:2018. Este tipo de estudio permite no solo describir o comparar, sino también explicar las causas que generan mayores o menores niveles de emisiones de carbono, a través de un enfoque técnico fundamentado (Hernández Sampieri et al., 2020).

Esta investigación esta justifica pues parte de una problemática identificada: la falta de información técnica sobre la huella de carbono en sistemas productivos bovinos diferenciados. Con esta necesidad, buscamos ampliar el conocimiento existente, analizando datos documentales y técnicos transformados en emisiones equivalentes de CO₂ mediante el software CCaLC2, sin intervención experimental directa sobre las variables observadas (Hernández Sampieri et al., 2020).

3.2. Enfoque de la investigación

Este estudio adopta un enfoque cuantitativo, ya que transforma datos observables y medibles (como consumo de agua, energía, alimento y peso de ganado) en emisiones de dióxido de carbono equivalente (kg CO₂e), lo cual permite evaluar el impacto ambiental mediante el análisis de datos objetivos (Hernández Sampieri et al., 2020).

El enfoque cuantitativo se basa en la recolección sistemática y el análisis estadístico de datos numéricos, lo que asegura una interpretación precisa de los resultados. Este tipo de investigación es adecuado cuando se aplican herramientas como el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) bajo lineamientos internacionales como la norma ISO 14067 (ISO, 2018).

Para guardar este enfoque, y permitir modelar procesos agroindustriales mediante entradas reales y obtener emisiones exactas por etapa del ciclo de vida usamos la herramienta CCaLC2. Con la generación de resultados reproducibles, aportamos rigurosidad metodológica al estudio y se fortalece su validez científica (University of Manchester, 2020).

3.3.Diseño de la investigación

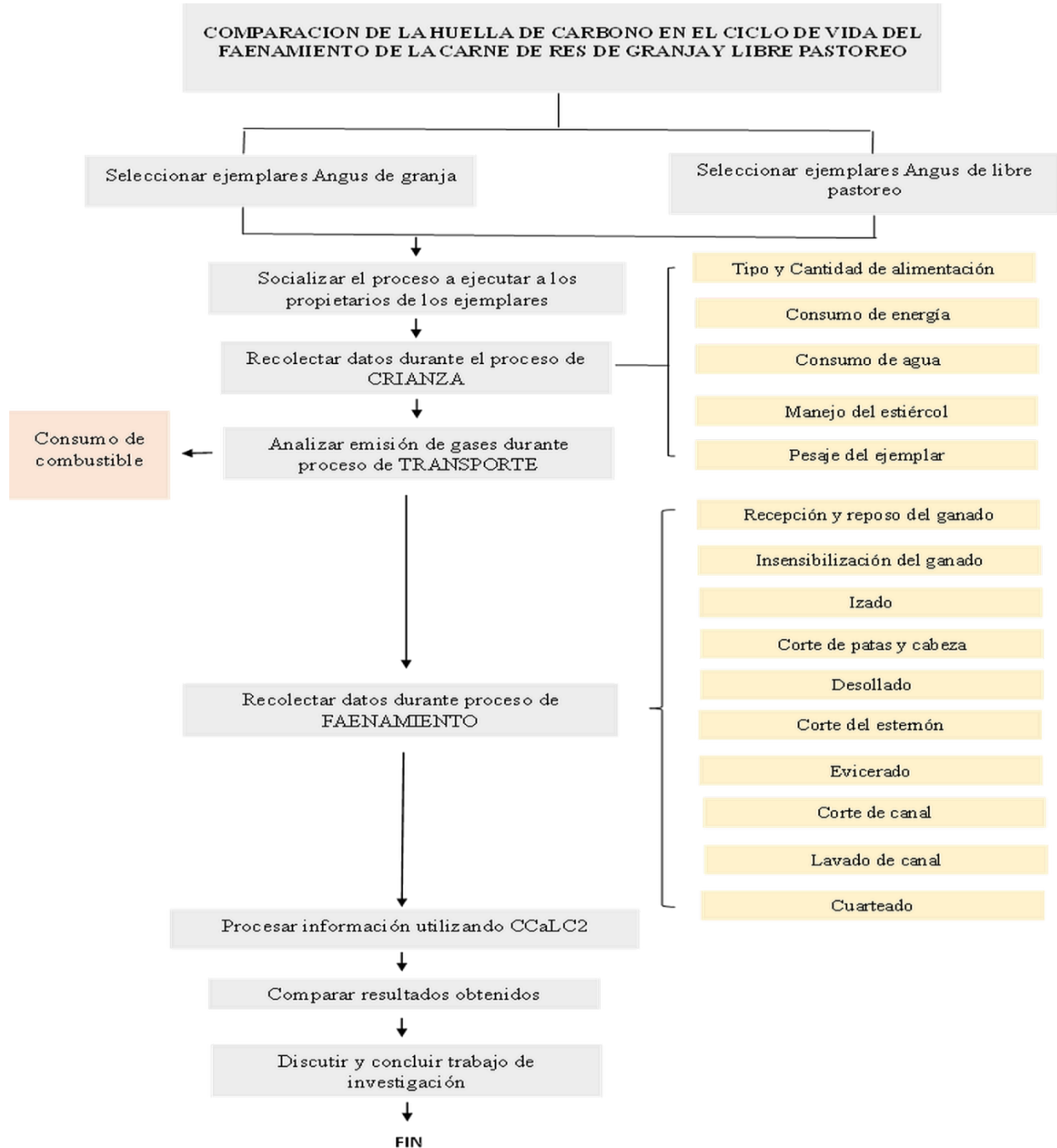
El diseño adoptado es no experimental, ya que se parte de la observación de datos reales sin manipular variables. El investigador no interviene en el tipo de crianza ni en los procesos del camal, sino que analiza las condiciones existentes tal como se presentan en el entorno natural (Hernández Sampieri et al., 2020).

Este diseño está justificado porque busca dar respuesta al por qué un sistema ganadero genera más huella de carbono que otro, sin modificar los parámetros de crianza, alimentación, transporte o faenamiento. Este se limita a registrar y comparar datos técnicos para identificar diferencias en impacto ambiental (Pita & Ponce, 2019). Además, es de tipo transversal, pues la recolección de información se realiza en un solo periodo de tiempo, esto permite capturar una instantánea de la situación ambiental durante el año 2025. Este diseño es apropiado para estudios de comparación entre grupos sin requerir seguimiento longitudinal (Hernández Sampieri et al., 2020).

3.4. Técnicas de recolección de datos

Figura 1.

Flujo general de obtención y tratamiento de datos



Nota: Esta figura muestra el proceso que se realiza para la obtención de datos de los dos sistemas de crianza, elaboración propia.

3.4.1. Análisis documental

La primera técnica que se aplicará es el análisis documental, que consiste en la revisión y evaluación de registros técnicos del proceso de faenamiento en el Camal Municipal de Riobamba. Las fichas de faenamiento, reportes de consumo eléctrico, registros de uso de agua potable, documentación del transporte de ganado y datos del sistema de refrigeración son documentos de gran utilidad. Esta técnica es fundamental para recopilar la información cuantitativa necesaria que alimentará la herramienta CCaLC2 y permitirá construir el inventario del ciclo de vida del producto conforme a los lineamientos de la norma ISO 14067:2018 (ISO, 2018).

Al trabajar con datos existentes que no van a ser manipulados directamente del fenómeno se asegura la objetividad y trazabilidad del estudio es necesario hacer un análisis documental pues será de gran ayuda en la investigación. (Pita & Ponce, 2019).

3.4.2. Observación directa no participante

La segunda técnica que se aplicará será la observación directa no participante, que se llevará a cabo mediante visitas al camal para registrar visualmente las etapas del proceso de faenamiento, sus tiempos estimados, distancias recorridas dentro del recinto, consumo de insumos en cada fase y condiciones generales de la operación. Esta observación se realizará sin intervenir en el proceso, respetando su dinámica natural, lo que garantizará que la información recopilada refleje fielmente las condiciones reales (Hernández Sampieri et al., 2020).

Esta técnica complementa al análisis documental, ya que permite verificar en campo la consistencia de la información técnica y detectar posibles diferencias entre lo registrado y lo ejecutado.

En estudios industriales como este, observar el flujo del proceso y su comportamiento en tiempo real permite un levantamiento de datos más riguroso y útil para modelar escenarios reales en software de simulación ambiental (Hernández Sampieri et al., 2020).

3.4.3. Revisión bibliográfica sistemática

Se aplicará la revisión bibliográfica sistemática, con el fin de obtener factores de emisión, coeficientes técnicos y parámetros de impacto ambiental que sean necesarios para completar las entradas del modelo en el software CCaLC2. Esta técnica se basa en la recopilación y análisis de estudios académicos, artículos científicos revisados por pares y documentos normativos nacionales e internacionales, enfocados en la medición de huella de carbono en procesos agroindustriales (González & Torres, 2021).

Para que el estudio cuente con sustento metodológico actualizado y sean comparables con investigaciones similares realizadas en contextos regionales y globales es necesaria la revisión bibliográfica. Sumado a esto podemos contextualizar los hallazgos dentro del marco de la sostenibilidad ambiental, uno de los ejes fundamentales de la ingeniería industrial contemporánea (FAO, 2019).

3.5. Justificación de la población y muestra

La investigación se centra en la comparación de las emisiones de gases de efecto invernadero en el ciclo de vida del ganado de raza Angus bajo dos sistemas de crianza: libre pastoreo y confinamiento en granja. La selección de la población y muestra responde a un criterio no probabilístico por conveniencia, dado que la disponibilidad de ejemplares se encuentra limitada por los nacimientos controlados propios de esta raza.

En este sentido, la muestra considerada corresponde a los animales accesibles en el momento del estudio y que cumplen con las condiciones específicas para representar ambos sistemas de crianza. La elección por conveniencia se justifica porque permite trabajar con

individuos cuyos datos pueden ser monitoreados de manera continua y confiable, asegurando la pertinencia de la información para los objetivos planteados.

3.6.Hipótesis

La huella de carbono generada por los bovinos criados en sistema de producción de libre pastoreo es mayor que la cantidad de huella de carbono generada por el sistema de producción en granja.

3.6.1. *Justificación de la hipótesis*

La hipótesis propone que la huella de carbono generada por los bovinos criados en sistemas de libre pastoreo es mayor que la generada en sistemas de producción en granja durante el faenamiento en el Camal Municipal de Riobamba. Esta afirmación se sustenta en evidencia científica que demuestra que la fase de producción pecuaria, especialmente la crianza y alimentación de los animales, representa el principal aporte de gases de efecto invernadero (GEI) dentro de la cadena de valor cárnica. Según (Opio et al. 2013), la fermentación entérica, el manejo del estiércol y la producción de forrajes concentran más del 80 % de las emisiones totales del ciclo de vida del ganado bovino, mientras que la etapa de sacrificio y procesamiento aporta una fracción menor, asociada principalmente al consumo energético y tratamiento de efluentes. Los estudios realizados en el Camal Municipal de Riobamba confirman que los impactos ambientales más importantes están relacionados con la gestión de residuos sólidos y líquidos, mas no con la generación directa de metano o dióxido de carbono como se cree comúnmente. (Castro Gómez, 2012).

Asimismo, diversos análisis de ciclo de vida comparativos evidencian que los sistemas de libre pastoreo presentan una mayor intensidad de emisiones por kilogramo de carne producida que los sistemas de confinamiento o engorde en granja. Cusack et al. (2021) demostraron que los bovinos criados a pasto emiten aproximadamente un 30 % más de GEI que los alimentados con grano, debido a la menor eficiencia productiva y al mayor tiempo de engorde requerido. De manera

complementaria, (Blaustein-Rejto, Soltis y Blomqvist, 2023) indican que, al incorporar el costo de oportunidad del carbono del uso de suelo, las operaciones basadas en pastoreo libre pueden incrementar su huella en un 42 % respecto a los sistemas de alimentación confinada. Estos resultados coinciden con los estudios de Archivos Latinoamericanos de Producción Animal (2023), donde se observa que la fermentación entérica constituye hasta el 65 % del total de las emisiones, siendo esta más elevada en sistemas extensivos.

Es así que, la evidencia científica y técnica respaldan la hipótesis de que los bovinos criados en sistemas de libre pastoreo presentan una huella de carbono superior a los criados en granja. En el caso del Camal Municipal de Riobamba, la fase de faenamiento contribuye marginalmente al total de emisiones en comparación con las generadas durante la etapa de producción animal. Esto permite concluir que la carga ambiental está más ligada al metabolismo del ganado y al uso del suelo en los ganados de libre pastoreo por otro lado en el sacrificio del ganado es relativamente baja. (Opio et al., 2013; Castro Gómez, 2012; Cusack et al., 2021; Blaustein-Rejto et al., 2023).

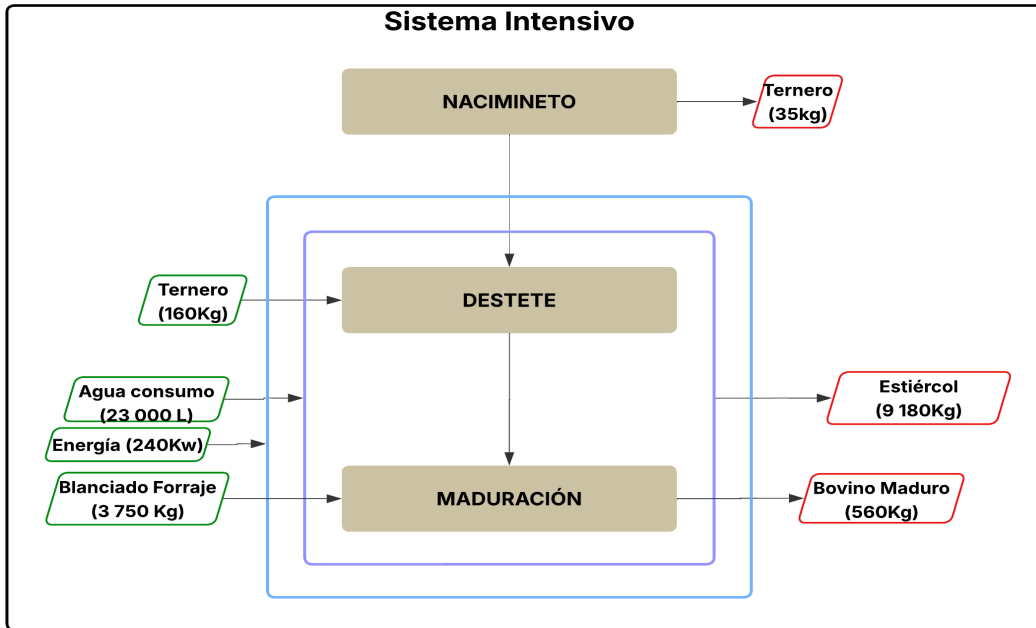
3.7.Descripción del proceso

El análisis de ciclo de vida (ACV) permite evaluar de manera integral los impactos ambientales asociados a cada fase del sistema productivo. Esta investigación se basa en un enfoque “de la cuna a la tumba”, conforme a la norma ISO 14067:2018, considerando las siguientes etapas: crianza, transporte y faenamiento aplicadas a dos sistemas de producción de carne bovina: intensivo (granja) y extensivo (libre pastoreo) (ISO, 2018).

3.7.1. Etapa de la crianza en el sistema de granja o intensivo

Figura 2.

Flujograma proceso de crianza de bovinos de granja



Nota: Se detalla paso a paso el proceso del sistema de crianza de granja junto con los recursos que se consumen y los productos obtenidos durante su ciclo de vida, elaboración propia.

La crianza se realiza en establos cerrados con pisos de cemento, iluminación artificial, ventilación mecánica, dispensadores automáticos de agua y alimento, así como limpieza a presión. Un entorno controlado ayuda a la optimización la eficiencia productiva, sin embargo, incrementa el consumo energético desde el nacimiento hasta el engorde final (Gutiérrez, López & Andrade, 2021).

Durante el nacimiento, los terneros son atendidos bajo vigilancia veterinaria y aislados en corrales individuales. Se estima un consumo energético de 1 MJ/kg de carne producida por el uso de lámparas térmicas, ventiladores y agua caliente (Chuquirima Ramos, 2020).

El destete se realiza a los 60 días, con leche de reemplazo, concentrado iniciador y agua tratada. Se emplean tolvas de acero inoxidable y sistemas automatizados, con un consumo adicional de 2 MJ/kg por operación diaria y manejo de insumos (Gutiérrez, López & Andrade, 2021).

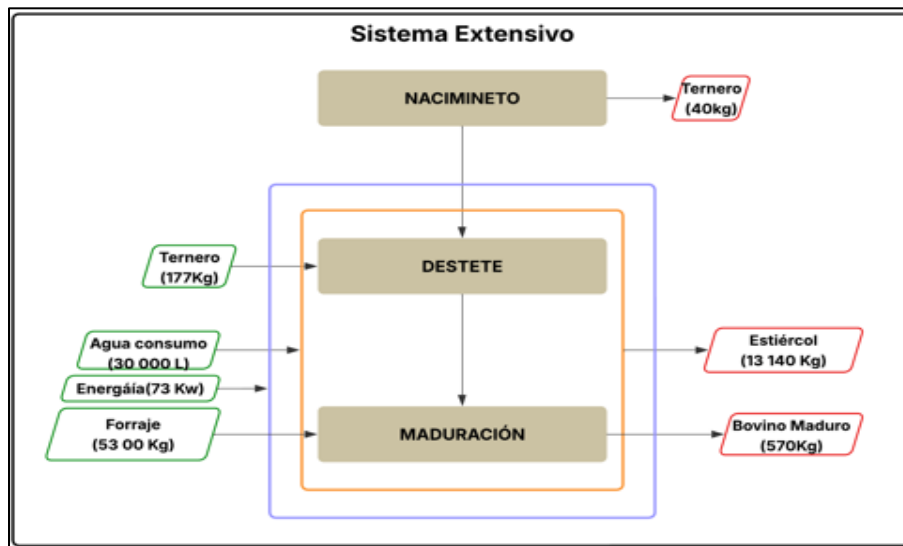
En la etapa de levante (2 a 9 meses), los animales son alimentados con balanceados, silo de maíz y subproductos. Se consumen entre 10 y 15 kg de alimento/día y 200 litros de agua/kg de carne, generando la mayor carga ambiental por uso de insumos industriales y maquinaria de alimentación (Chuquirima Ramos, 2020).

La maduración ocurre entre los 9 y 15 meses, con suplementación intensiva, uso de antibióticos, vitaminas y programas de reproducción artificial. El entorno se mantiene cerrado con control de gases y humedad. El consumo estimado en esta fase es de 2 MJ adicionales/kg por manejo técnico y sanitario (Gutiérrez, López & Andrade, 2021).

3.7.2. Etapa de la crianza en el sistema de libre pastoreo o intensivo

Figura 3.

Flujograma proceso de crianza de bovinos de libre pastoreo



Nota: Se determina el proceso de crianza del sistema de libre pastoreo junto con los recursos consumidos y los productos obtenidos durante su ciclo de vida, elaboración propia.

Este sistema se desarrolla en potreros abiertos, sin infraestructura artificial. Los animales pastorean libremente y beben de ríos o reservorios. La exposición al clima natural implica bajo uso de energía directa, pero más tiempo para alcanzar el peso óptimo (Zambrano et al., 2021)

El nacimiento ocurre sin intervención veterinaria directa. El ternero permanece con la madre, con alimentación natural y sin uso de energía eléctrica, estimando un consumo de apenas 0.5 MJ/kg (Smith & Pérez, 2022).

El destete tiene lugar a los 6-8 meses, según desarrollo fisiológico. No se utilizan sustitutos lácteos ni manejo automatizado. El consumo energético asociado es inferior a 1 MJ/kg de carne (Echeverría, 2021).

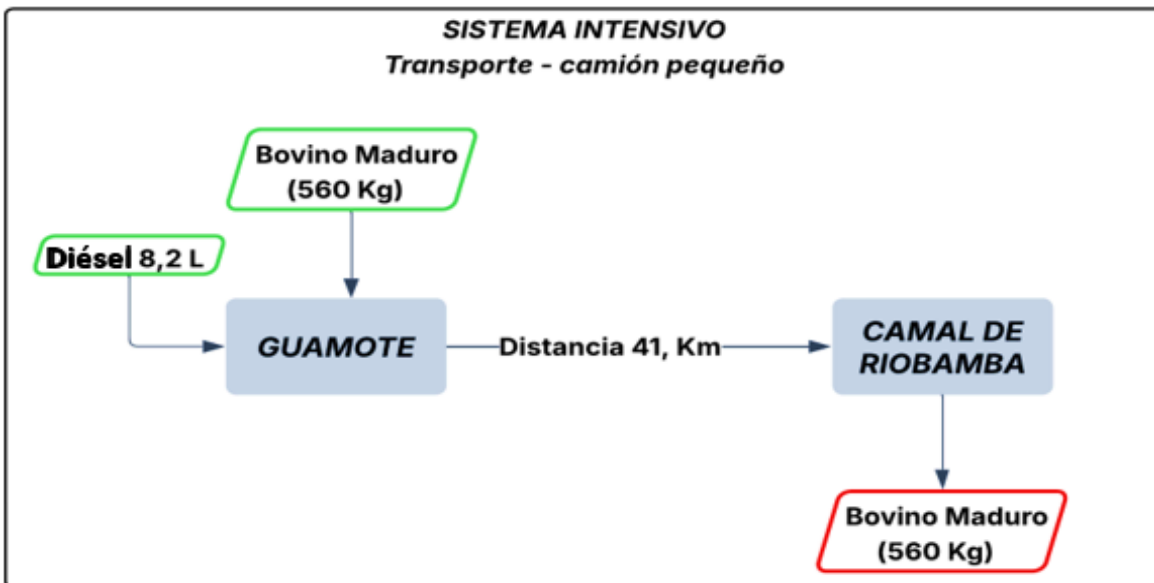
Durante el levante (8–20 meses), los animales se alimentan con 30–40 kg de forraje/kg de carne y 300–400 litros de agua. No hay uso de maquinaria ni alimentación externa, aunque las emisiones entéricas aumentan por fermentación natural (Zambrano et al., 2021)

La maduración (20–30 meses) finaliza cuando se alcanza un peso de 400–450 kg. Se realiza por monta natural, sin insumos reproductivos ni manejo especializado. Aunque este proceso reduce la huella energética (1 MJ/kg), demanda mayor extensión territorial (Smith & Pérez, 2022).

3.7.3. Etapa de transporte

Figura 4.

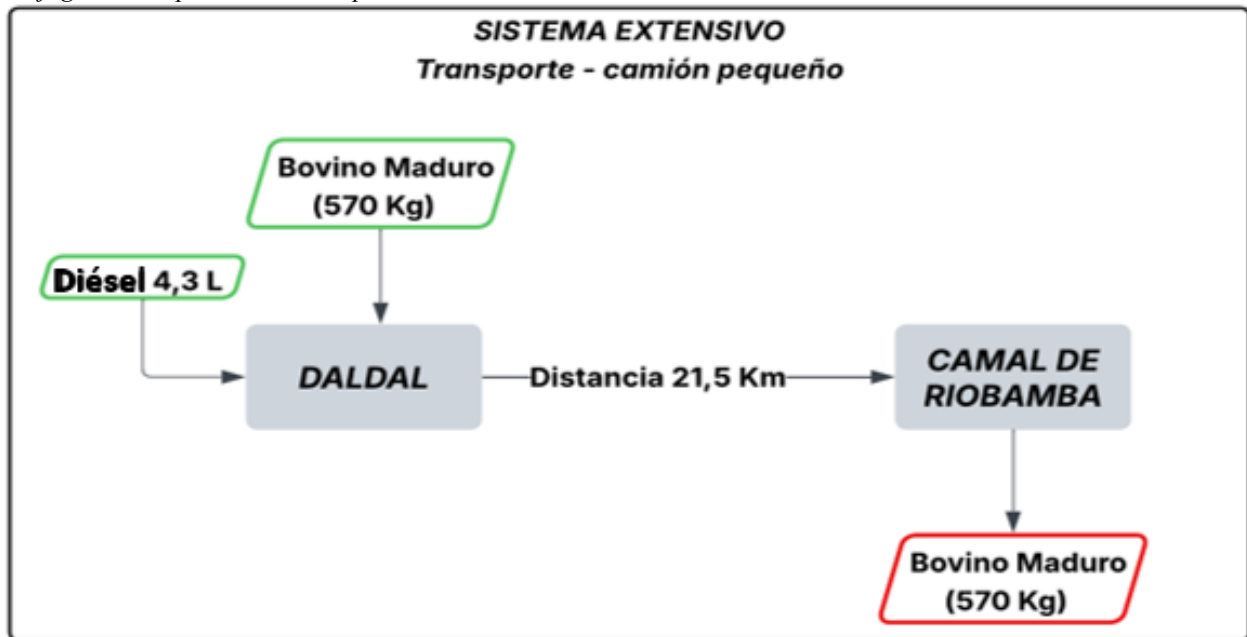
Flujograma del proceso de transporte sistema intensivo



Nota: La presente figura detalla la cantidad de diésel utilizado en la distancia que recorre desde la granja hasta el camal de Riobamba en el transporte del bovino maduro.

Figura 5.

Flujograma del proceso de transporte sistema extensivo



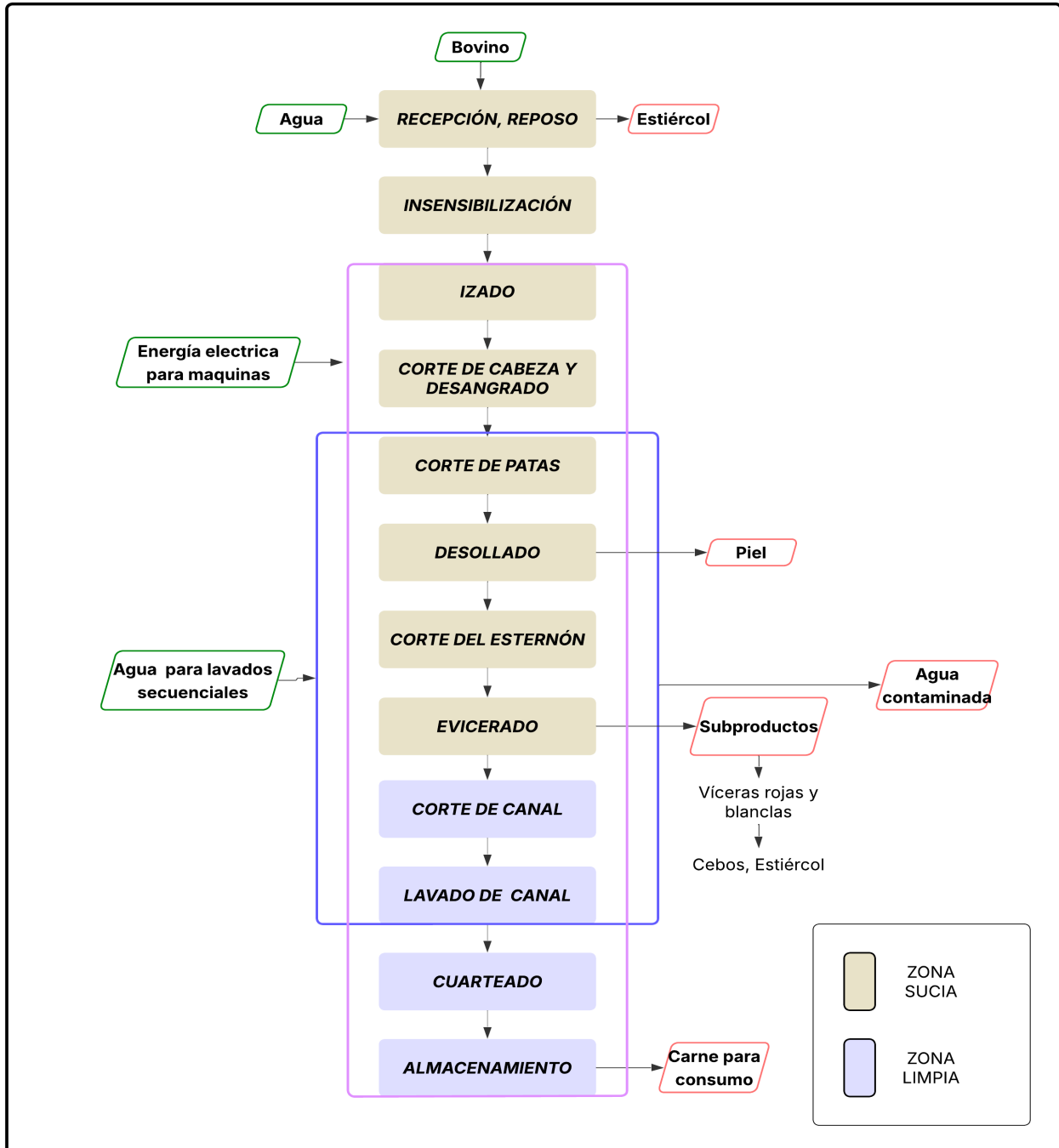
Nota: La figura describe la cantidad de diésel utilizado en la distancia que se recorre comúnmente para transportar el ganado maduro de libre pastoreo hacia el camal de Riobamba, elaboración propia.

Durante esta etapa se debe analizar la cantidad de kilómetros recorridos desde la granja o el lugar donde se dé la crianza de libre pastoreo hasta el lugar donde se realiza el faenamiento, que en la presente investigación es el camal de la ciudad de Riobamba, dado que durante este proceso se realiza un consumo de combustible que emite gases de efecto invernadero.

3.7.4. Etapa de faenamiento

Figura 6.

Flujograma del proceso de faenamiento en el Camal de Riobamba

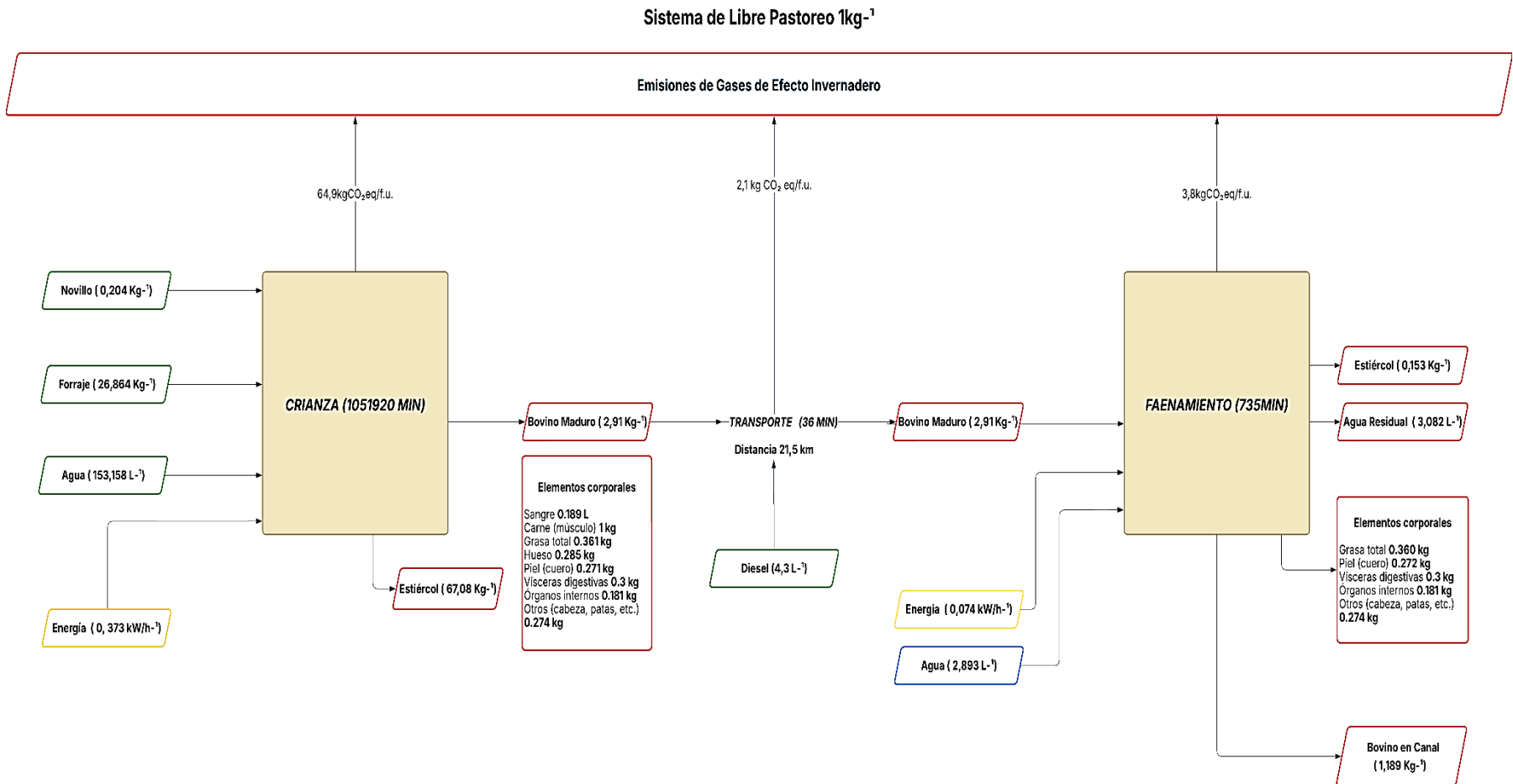


Nota: La presente figura describe el proceso paso a paso que se utiliza en el camal de Riobamba para el sacrificio de bovinos, elaboración propia.

3.7.5. Proceso de crianza de libre pastoreo

Figura 7.

Diagrama de flujo del proceso de producción del sistema de Libre pastoreo (Extensivo)

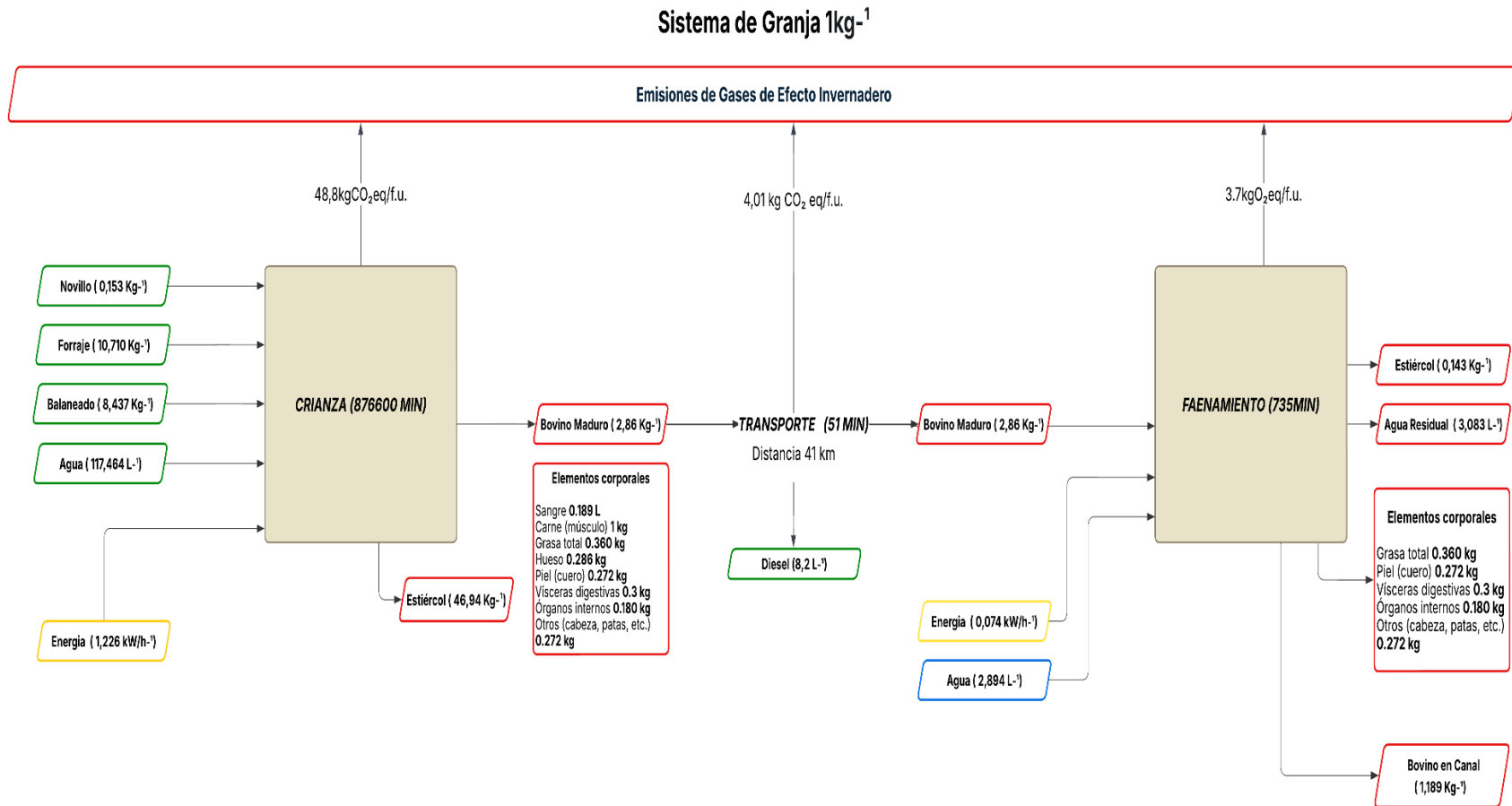


Nota: Diagrama de flujo que describe detalladamente el proceso de crianza bajo el sistema de libre pastoreo desde la cuna hasta la tumba.

3.7.6. Proceso de crianza de Granja

Figura 8.

Diagrama de flujo del proceso de producción del sistema de Granja (Intensivo)



Nota: La presente figura detalla el proceso de crianza de bovinos mediante el sistema de granja desde la cuna hasta la tumba, elaboración propia.

3.8. Definición de los límites del sistema

En el análisis de ciclo de vida (ACV), la definición de los límites del sistema permite establecer el alcance de los procesos considerados en el estudio. En esta investigación, se adopta un enfoque “desde la cuna hasta la tumba”, es decir, se consideran todas las etapas desde el nacimiento del bovino hasta su consumo final, tal como lo establece la norma ISO 14067:2018 para productos agroalimentarios (ISO, 2018).

El sistema evaluado incluye dos modelos de crianza: intensivo (granja) y extensivo (libre pastoreo). Para ambos, se incluyen las siguientes etapas: (1) Crianza, (2) Faenamiento, (3) Almacenamiento, (4) Consumo final. Esta estructura refleja con precisión la secuencia productiva real de la carne bovina en el contexto ecuatoriano (FAO, 2020).

De acuerdo con los principios metodológicos del ACV, se excluyen las etapas que no tienen una contribución significativa al impacto ambiental total del producto. En este caso, se han excluido: la disposición final de residuos domésticos post consumo, el tratamiento de aguas residuales urbanas, y las actividades de comercialización que ocurren fuera del ámbito productivo directo, ya que no son atribuibles al proceso bajo análisis (UNEP, 2020).

La inclusión de la fase de reproducción responde a que los animales de reemplazo, así como los recursos requeridos para mantener la eficiencia reproductiva del hato, pueden influir en el total de emisiones. Por ello, se consideró la carga ambiental de esta etapa como parte de la etapa pre productiva, antes del engorde final para faenamiento (FAO, 2020).

3.9. Balance de masa y energía

El balance de masa y energía permite evaluar sistemáticamente los recursos empleados en cada etapa del ciclo de vida productivo de la carne bovina. Este procedimiento facilita la identificación de consumos críticos y posibles optimizaciones, comparando detalladamente los sistemas de producción intensivo (granja) y extensivo (libre pastoreo). Por una parte, la determinación del balance de masa se realiza mediante la fórmula: $\sum \text{Entradas} =$

$\Sigma \text{Salidas} + \text{Gap}$, y por otra, el balance de energía se determina mediante la aplicación de la fórmula: $E_{total} = E_{electrica} + E_{diésel}$

La comparación entre ambos sistemas productivos refleja claramente diferencias significativas en los insumos energéticos y recursos naturales empleados. Mientras que el sistema intensivo destaca por altos consumos de alimento concentrado y energía, el extensivo muestra mayor eficiencia en el aprovechamiento de recursos naturales con menor impacto ambiental (FAO, 2020).

Estos resultados serán posteriormente utilizados en el software CCaLC2 para cuantificar y comparar objetivamente la huella de carbono asociada a cada sistema, generando información clave para la toma de decisiones orientadas hacia la sostenibilidad y eficiencia productiva (ISO 14067, 2018).

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluación del balance de masa y energía

Tabla 1.

Análisis de Balance de masa en los sistemas de crianza

CRIANZA						
Sistema de Libre Pastoreo (1051920 min)				Sistema de Granja (876600 min)		
Elementos	Consumo UF ⁻¹	Costo USD UF ⁻¹	Elementos	Consumo UF ⁻¹	Costo USD UF ⁻¹	
Entrada	Novillo	0,204 kg	Entrada	Novillo	0,153 kg	
Entrada	Forraje	26.864 kg	Entrada	Forraje	10.710 kg	
				Balanceado	8.437 kg	
Entrada	Agua	153.158 L	Entrada	Agua	117.464 L	
Entrada	Energía eléctrica	0.373 kW	Entrada	Energía eléctrica	1.226 kW	
Salida	Estiércol	67.08 kg	Salida	Estiércol	46.94 kg	
Salida	Bovino maduro	2.91 kg	Salida	Bovino maduro	2.86 kg	
TRANSPORTE						
Sistema de Libre Pastoreo (36 min)			Sistema de Granja (51 min)			
Elementos	Consumo UF ⁻¹	Costo USD UF ⁻¹	Elementos	Consumo UF ⁻¹	Costo USD UF ⁻¹	
Entradas	Bovino maduro	2.91 kg	Entradas	Bovino maduro	2.86 kg	
Entradas	Combustible (Diesel)	4.3 L	Entradas	Combustible (Diesel)	8,2 L	
Salida	Bovino maduro	2.91 kg	Salida	Bovino maduro	2.86 kg	
FAENAMIENTO						
Sistema de Libre Pastoreo (735 min)			Sistema de Granja (735 min)			

	Elementos	Consumo UF ⁻¹	Costo USD UF ⁻¹		Elementos	Consumo UF ⁻¹	Costo USD UF ⁻¹
Entradas	Bovino maduro	2,91 kg	0	Entradas	Bovino maduro	2,86 kg	0
Entrada	Agua	2,893 L	0,29	Entrada	Agua	2,894 L	0,29
Entrada	Energía eléctrica	0,074 kW	0,1	Entrada	Energía eléctrica	0,074 kW	0,1
Salida	Estiércol	0.153 kg	0	Salida	Estiércol	0.143 kg	0
Salida	Agua residual	3,082 L	0	Salida	Agua residual	3,083 L	0
Salida	Elementos corporales	1,721 kg	0	Salida	Elementos corporales	1,671 kg	0
Salida	Carne	1 kg	5,50	Salida	Carne	1 kg	6,50
BALNCE DE MASA TOTAL				BALNCE DE MASA TOTAL			
Total	182,915 kg por 1 kg de carne			Total	139,505 kg por 1 kg de carne		
BALNCE DE ENERGIA TOTAL				BALNCE DE ENERGIA TOTAL			
Total	43,19 kWh por 1 kg de carne			Total	82,81 kWh por 1 kg de carne		

En el balance de masa normalizado a la unidad funcional de 1 kg de carne, se evidencia que el sistema extensivo (libre pastoreo) requiere una mayor cantidad de insumos en comparación con el sistema intensivo (granja), lo cual se refleja en su masa total de entradas: 182,915 kg/kg carne para extensivo frente a 139,505 kg/kg carne para intensivo; esta diferencia se explica principalmente por el mayor consumo de agua y forraje en la etapa de crianza del sistema extensivo (agua total -156,051 L y forraje 26,864 kg), mientras que el intensivo reduce estos requerimientos al incorporar balanceado (8,437 kg) y un menor consumo de forraje (10,710 kg) y agua total (120,358 L), manteniendo en ambos casos una masa similar de “bovino maduro” requerida para el proceso (2,91 kg extensivo vs 2,86 kg intensivo) debido al rendimiento a carne y la separación de coproductos durante el faenamiento; adicionalmente, el balance muestra que la generación total de estiércol es mayor en el sistema extensivo (67,233 kg) respecto al intensivo (47,083 kg), lo cual es consistente con sistemas de pastoreo donde el manejo extensivo y el mayor tiempo de crianza tienden a incrementar la producción de excretas por unidad funcional, afectando tanto la operación como los impactos ambientales asociados; en conjunto, estos resultados respaldan que el sistema

extensivo presenta mayor intensidad de consumo de recursos por kg de carne, y se alinean con investigaciones recientes en Ecuador que indican que las emisiones y cargas ambientales en sistemas bovinos están estrechamente relacionadas con la eficiencia productiva, el consumo de insumos y la gestión del estiércol, siendo la crianza y los procesos biológicos del animal los que dominan el desempeño ambiental del sistema (Casigña Guaman et al., 2025; Gutiérrez-León et al., 2023; Tigmasa Paredes, 2022).

4.2. Evaluación de emisión de huella de carbono en los sistemas de crianza

Figura 9.

Sistema extensivo-materias primas

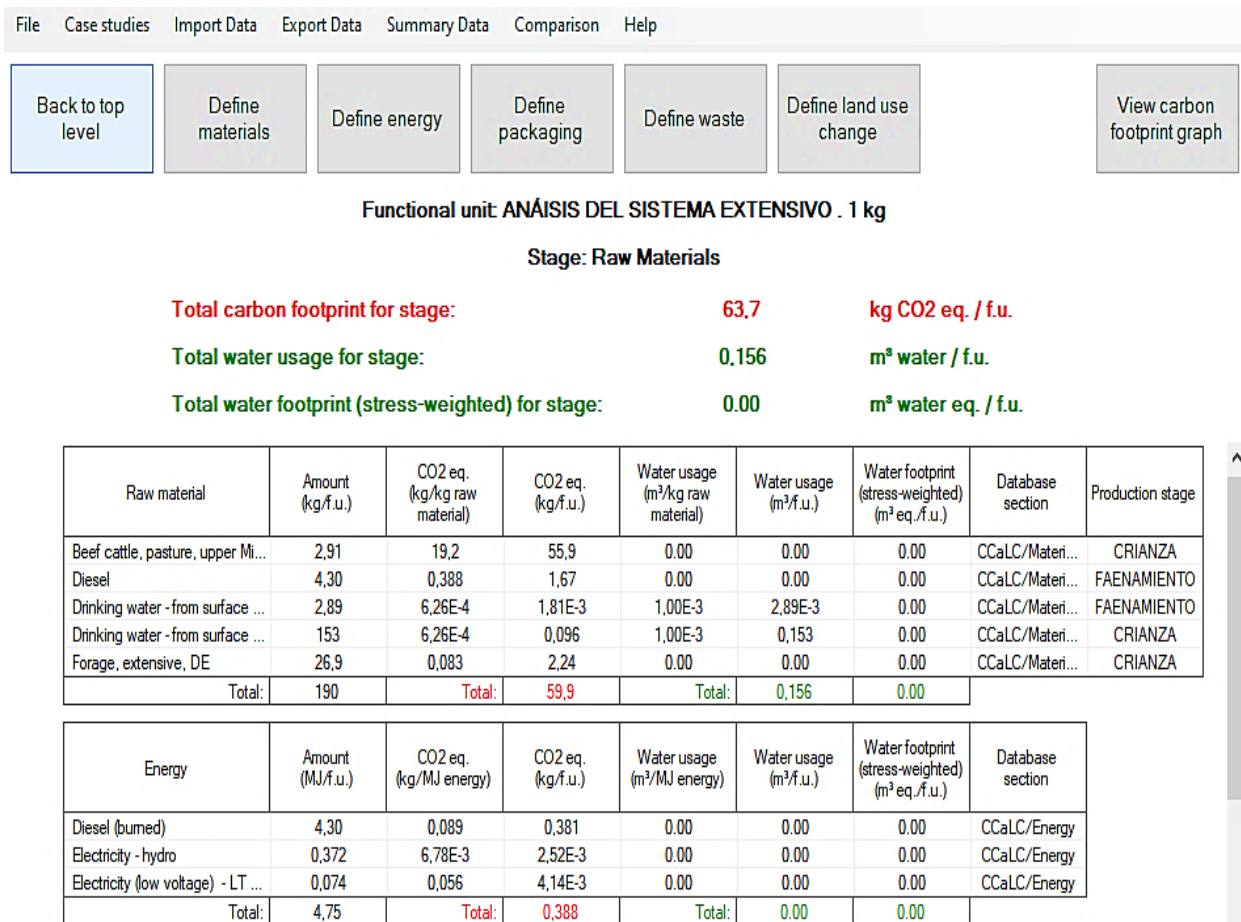


Figura 10.

Sistema intensivo-materias primas

Back to top level
Define materials
Define energy
Define packaging
Define waste
Define land use change
View carbon footprint graph

Functional unit: ANÁLISIS DEL SISTEMA INTENSIVO 1 kg

Stage: Raw Materials

Total carbon footprint for stage: 53,0 kg CO₂ eq. / f.u.

Total water usage for stage: 0,120 m³ water / f.u.

Total water footprint (stress-weighted) for stage: 0,00 m³ water eq. / f.u.

Raw material	Amount (kg/f.u.)	CO ₂ eq. (kg/kg raw material)	CO ₂ eq. (kg/f.u.)	Water usage (m ³ /kg raw material)	Water usage (m ³ /f.u.)	Water footprint (stress-weighted) (m ³ eq./f.u.)	Database section	Production stage
Beef cattle, feedlot, upper Mi...	2,86	14,8	42,3	0,00	0,00	0,00	CCaLC/Materi...	CRIANZA
Diesel	8,20	0,388	3,18	0,00	0,00	0,00	CCaLC/Materi...	FAENAMIENTO
Drinking water - from surface ...	2,89	6,26E-4	1,81E-3	1,00E-3	2,89E-3	0,00	CCaLC/Materi...	FAENAMIENTO
Drinking water - from surface ...	117	6,26E-4	0,074	1,00E-3	0,117	0,00	CCaLC/Materi...	CRIANZA
Feed for bulls (1), convention...	8,44	0,136	1,15	0,00	0,00	0,00	CCaLC/Materi...	CRIANZA
Forage, extensive, DE	10,7	0,083	0,892	0,00	0,00	0,00	CCaLC/Materi...	CRIANZA
Total:	151	Total:	47,6	Total:	0,120	0,00		

Energy	Amount (MJ/f.u.)	CO ₂ eq. (kg/MJ energy)	CO ₂ eq. (kg/f.u.)	Water usage (m ³ /MJ energy)	Water usage (m ³ /f.u.)	Water footprint (stress-weighted) (m ³ eq./f.u.)	Database section
Diesel (burned)	8,20	0,089	0,726	0,00	0,00	0,00	CCaLC/Energy
Electricity - hydro	1,23	6,78E-3	8,33E-3	0,00	0,00	0,00	CCaLC/Energy
Electricity (low voltage) - LT ...	0,074	0,056	4,14E-3	0,00	0,00	0,00	CCaLC/Energy
Total:	9,50	Total:	0,739	Total:	0,00	0,00	

claras entre los sistemas de crianza evaluados, ya que para la unidad funcional de 1 kg de carne el sistema extensivo (libre pastoreo) presentó una huella de carbono de 63,7 kg CO₂ eq/f.u., mientras que el sistema intensivo (granja) registró 53,0 kg CO₂ eq/f.u., por lo que el extensivo genera 10,7 kg CO₂ eq/f.u. adicionales, equivalente a aproximadamente 20% más emisiones en esta etapa; el desglose por insumos muestra que en ambos casos el factor dominante es el animal como materia prima, siendo el flujo “beef cattle” el principal contribuyente (extensivo: 55,9 kg CO₂ eq con 2,91 kg de bovino; intensivo: 42,3 kg CO₂ eq con 2,86 kg de bovino), lo que explica la mayor carga ambiental del extensivo pese a que el intensivo reporta un mayor consumo de diésel (8,2 L frente a 4,3 L), ya que este incremento no compensa el impacto del componente biológico asociado al ganado; adicionalmente, el extensivo evidenció un mayor uso de agua en Raw Materials (0,156 m³/f.u.) comparado con el intensivo (0,120 m³/f.u.), lo que refuerza que el sistema extensivo requiere mayores insumos por unidad funcional; estos resultados son consistentes con investigaciones recientes en Ecuador, donde se ha determinado que la huella de carbono en sistemas bovinos está dominada por procesos biológicos, especialmente la fermentación entérica y el manejo del estiércol, siendo el metano un gas clave asociado a la dieta y a las condiciones de producción, lo cual respalda que sistemas con menor eficiencia productiva tienden a presentar

mayores emisiones por kilogramo de carne (Casigña Guaman et al., 2025; Gutiérrez-León et al., 2023; Tigmasa Paredes, 2022).

Figura 11.

Sistema Extensivo – Producción – Crianza

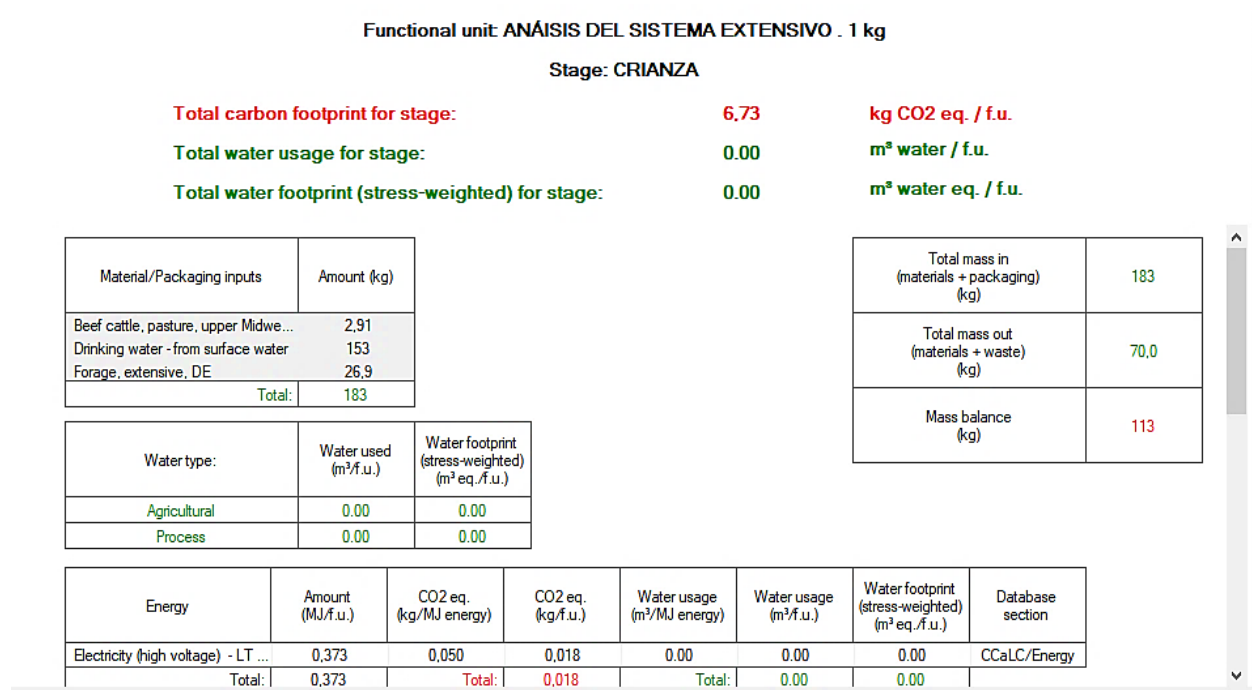
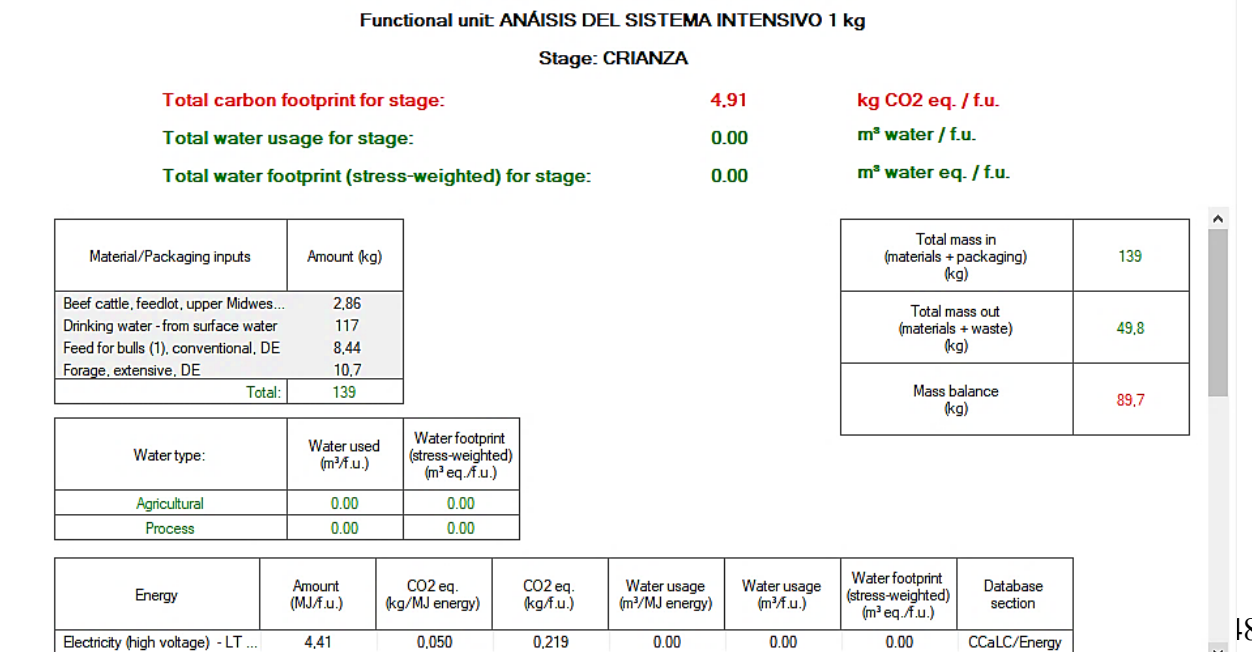


Figura 12.

Sistema Intensivo – Producción – Crianza



En el análisis de la etapa CRIANZA mediante el software CCaLC2 para la unidad funcional de 1 kg de carne, se observó que el sistema extensivo (libre pastoreo) presentó una huella de carbono de 6,73 kg CO₂ eq/f.u., mientras que el sistema intensivo (granja) registró un valor menor de 4,91 kg CO₂ eq/f.u., evidenciando que la crianza extensiva genera un impacto climático superior por kilogramo de carne producido; este resultado se explica por la menor eficiencia productiva típica del pastoreo, donde el animal requiere mayor consumo de recursos y tiempo para alcanzar el peso de faena, lo cual incrementa emisiones biológicas asociadas al metabolismo ruminal, principalmente metano por fermentación entérica y emisiones relacionadas con el manejo de excretas, mientras que en el sistema intensivo la alimentación controlada (uso de balanceado y manejo tecnificado) permite un engorde más eficiente y reduce la huella por unidad funcional; **Figura 13.**

^a *Sistema Extensivo – Producción – Transporte* bovino, 26,9 kg de torraje y 153 kg de agua, alcanzando 183 kg de masa total de entrada, lo que refuerza que este sistema requiere mayores insumos por kg de carne; estos hallazgos concuerdan con evidencia reciente en Ecuador que identifica a la fermentación entérica como la fuente dominante de GEI en sistemas bovinos y resalta que las explotaciones con menor eficiencia productiva presentan mayores emisiones por unidad de producto, mientras que mejoras de manejo y alimentación reducen significativamente la huella (Casigña Guaman et al., 2025; Gutiérrez-León et al., 2023; Tigmasa Paredes, 2022).

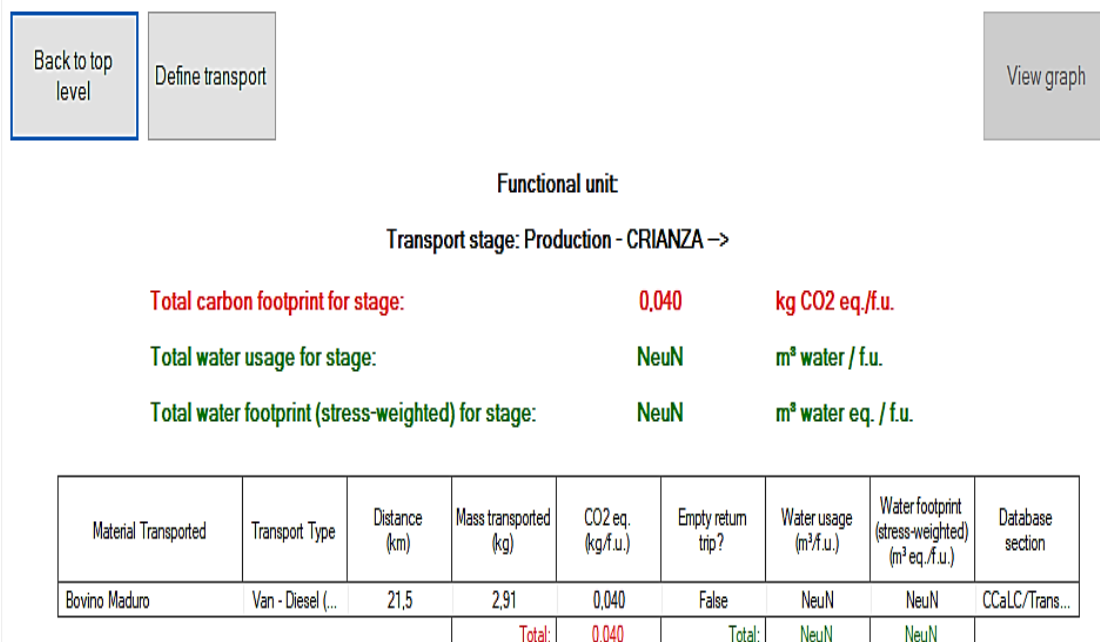
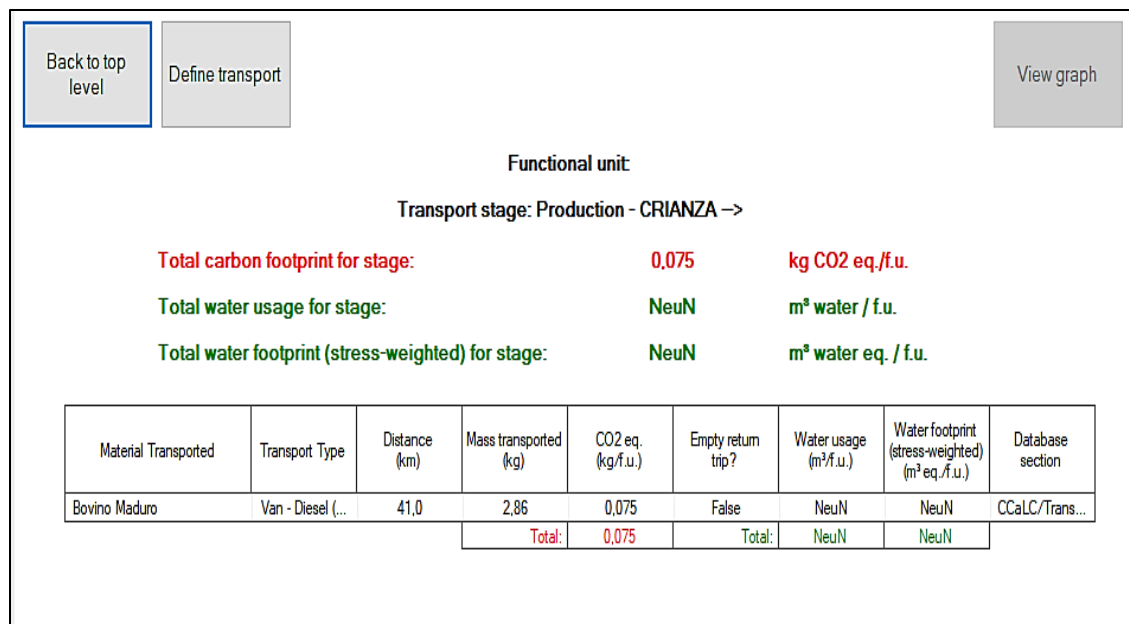


Figura 14.

Sistema Intensivo – Producción – Transporte



En la etapa de transporte modelada en CCaLC2 para la unidad funcional de 1 kg de carne, se observó que el sistema extensivo (libre pastoreo) presentó una huella de carbono de 0,040 kg CO₂ eq/f.u., asociada al traslado de 2,91 kg de bovino maduro en una distancia de 21,5 km, mientras que el sistema intensivo (granja) registró un valor superior de 0,075 kg CO₂ eq/f.u., correspondiente al transporte de 2,86 kg de bovino maduro a una distancia mayor de 41,0 km; por lo tanto, el sistema intensivo presenta un mayor impacto en esta etapa (diferencia absoluta de 0,035 kg CO₂ eq/f.u., equivalente a aproximadamente 87,5% más que el extensivo), lo cual se explica directamente por el incremento de distancia recorrida y, en consecuencia, un mayor consumo energético y emisiones asociadas al uso de diésel; sin embargo, pese a que el transporte resulta más alto en el sistema intensivo, su contribución sigue siendo baja frente a las emisiones biológicas dominantes del sistema productivo (fermentación entérica y estiércol), tal como también se evidencia en estudios recientes del sector ganadero en Ecuador, donde se concluye que el mayor peso de la huella se origina principalmente en procesos biológicos del animal, mientras que los aportes logísticos y operativos suelen ser secundarios, aunque relevantes como oportunidades de mejora mediante optimización de rutas, consolidación de carga y eficiencia logística (Casigna Guaman et al., 2025; Gutiérrez-León et al., 2023)

Figura 15.

Sistema Extensivo – Producción – Faenamiento

Functional unit: ANÁLISIS DEL SISTEMA EXTENSIVO . 1 kg

Stage: FAENAMIENTO

Total carbon footprint for stage: 0.404 kg CO2 eq. / f.u.
Total water usage for stage: 0.00 m³ water / f.u.
Total water footprint (stress-weighted) for stage: 0.00 m³ water eq. / f.u.

Material/Packaging inputs	Amount (kg)
Diesel	4,30
Drinking water - from surface water	2,89
Bovino Maduro	2,91
Total:	10,1

Total mass in (materials + packaging) (kg)	10,1
Total mass out (materials + waste) (kg)	6,12
Mass balance (kg)	3,98

Water type:	Water used (m³/f.u.)	Water footprint (stress-weighted) (m³ eq./f.u.)
Agricultural	0.00	0.00
Process	0.00	0.00

Energy	Amount (MJ/f.u.)	CO2 eq. (kg/MJ energy)	CO2 eq. (kg/f.u.)	Water usage (m³/MJ energy)	Water usage (m³/f.u.)	Water footprint (stress-weighted) (m³ eq./f.u.)	Database section
Diesel (burned)	4,30	0,089	0,381	0,00	0,00	0,00	CCaLc/Energy
Electricity - hydro	0,074	6,78E-3	5,01E-4	0,00	0,00	0,00	CCaLc/Energy

Figura 16.

Sistema Intensivo – Producción – Faenamiento

File Case studies Import Data Export Data Summary Data Comparison Help

Back to production Define stage Define energy Define waste Define land use change System expansion / Allocation View carbon footprint graph

Functional unit: ANÁLISIS DEL SISTEMA INTENSIVO 1 kg

Stage: FAENAMIENTO

Total carbon footprint for stage: 0.403 kg CO2 eq. / f.u.
Total water usage for stage: 0.00 m³ water / f.u.
Total water footprint (stress-weighted) for stage: 0.00 m³ water eq. / f.u.

Material/Packaging inputs	Amount (kg)
Diesel	8,20
Drinking water - from surface water	2,89
Bovino Maduro	2,86
Total:	14,0

Total mass in (materials + packaging) (kg)	14,0
Total mass out (materials + waste) (kg)	6,11
Mass balance (kg)	7,84

Water type:	Water used (m³/f.u.)	Water footprint (stress-weighted) (m³ eq./f.u.)
Agricultural	0.00	0.00
Process	0.00	0.00

Energy	Amount (MJ/f.u.)	CO2 eq. (kg/MJ energy)	CO2 eq. (kg/f.u.)	Water usage (m³/MJ energy)	Water usage (m³/f.u.)	Water footprint (stress-weighted) (m³ eq./f.u.)	Database section
Diesel (burned)	4,30	0,089	0,381	0,00	0,00	0,00	CCaLc/Energy
Electricity - hydro	0,074	6,78E-3	5,01E-4	0,00	0,00	0,00	CCaLc/Energy

En la etapa de FAENAMIENTO modelada en el software CCaLC2 para la unidad funcional de 1 kg de carne, se evidenció que el sistema intensivo (granja) presenta una huella de carbono mayor en comparación con el sistema extensivo (libre pastoreo), debido a un mayor consumo energético asociado al proceso; específicamente, el extensivo registró 0,404 kg CO₂ eq/f.u., considerando insumos como agua (2,89 kg) y bovino maduro (2,91 kg), mientras que el intensivo alcanzó 0,403 kg CO₂ eq/f.u., incorporando agua (2,89 kg) y bovino maduro (2,86 kg), lo cual representa una diferencia absoluta de 0,353 kg CO₂ eq/f.u. (≈ 87% más emisiones en intensivo); este comportamiento se explica por la relación directa entre huella de carbono y mayor consumo de combustible, ya que en CCaLC2 el uso de diésel es un driver fuerte en emisiones asociadas a procesos operativos, demostrando que un incremento en la energía consumida eleva el impacto del faenamiento; sin embargo, a pesar de que el faenamiento presenta diferencias entre sistemas, su contribución continúa siendo menor frente a las emisiones originadas en la crianza (fermentación entérica y estiércol), lo cual coincide con investigaciones ecuatorianas recientes que señalan que la mayor carga ambiental del sector bovino proviene de procesos biológicos del animal, mientras que las etapas operacionales (como faenamiento) pueden ser relevantes como oportunidades de mejora mediante eficiencia energética, reducción del consumo de combustibles, control de agua y valorización de residuos orgánicos, por ejemplo mediante biodigestión y producción de biogás (Casigña Guaman et al., 2025; Gutiérrez-León et al., 2023; Lema Taco, 2024).

Tabla 2.

Resumen de resultados

SISTEMA DE LIBRE PASTOREO		SISTEMA DE GRANJA	
CRIANZA			
Huella de Carbono Generada	64,9 kg CO ₂ eq/f.u.	Huella de Carbono Generada	48,8 kg CO ₂ eq/f.u.
TRANSPORTE			
Huella de Carbono Generada	2,1 kg CO ₂ eq/f.u.	Huella de Carbono Generada	4,01 kg CO ₂ eq/f.u.
FAENAMIENTO			

Huella de Carbono Generada	3,8 kg CO ₂ eq/f.u.	Huella de Carbono Generada	3,7 kg CO ₂ eq/f.u.
Subtotal	70,8 kg CO₂ eq/f.u.	Subtotal	56,5 kg CO₂ eq/f.u.
Coproductos	19,2 kg CO ₂ eq/f.u.	Coproductos	19,2 kg CO ₂ eq/f.u.
TOTAL	51,6 kg CO₂ eq/f.u.	TOTAL	37,3 kg CO₂ eq/f.u.

El análisis comparativo de huella de carbono (kg CO₂-eq/f.u.) evidencia que el sistema de crianza en libre pastoreo presenta mayores emisiones netas que el sistema de granja, alcanzando un total de 51,6 vs 37,3 kg CO₂-eq/f.u., respectivamente. La diferencia se explica principalmente por la fase de crianza, en la que el pastoreo registra 64,9 kg CO₂-eq/f.u., superior al valor observado en granja (48,8 kg CO₂-eq/f.u.), lo cual sugiere una mayor contribución de emisiones biogénicas asociadas a fermentación entérica y a un probable mayor tiempo productivo por unidad funcional (más días de mantenimiento y, por tanto, más CH₄ emitido por kg de producto). Este patrón es consistente con evaluaciones mediante Análisis de Ciclo de Vida (ACV) en sistemas bovinos, donde se reporta que la etapa de producción primaria (cría–recrea), concentra la mayor proporción de emisiones y que el aumento de eficiencia productiva (mejor dieta, mayor tasa de crecimiento y menor edad al sacrificio) reduce la huella por unidad de carne (Beauchemin et al., 2010; Beauchemin et al., 2011). De igual manera, estudios comparativos señalan que sistemas grass-fed/pastoreo pueden resultar más intensivos en carbono que sistemas convencionales intensificados debido a mayores tiempos de terminación y menor eficiencia global (Capper, 2012; Klopatek et al., 2021). En el contexto local, esta investigación es relevante para el Camal Municipal de Riobamba pues aporta evidencia cuantitativa que orienta a estrategias de gestión ambiental y trazabilidad en la cadena cárnica, enfatizando en una realidad donde los camales municipales tienen constantes retos de calidad y sostenibilidad y requieren herramientas técnicas para mejorar desempeño ambiental (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], 2021; Gavilanes-Montoya et al., 2020). En consecuencia, estos resultados pueden contribuir a la mejora de la producción de carne en Chimborazo, enfocando esfuerzos en la reducción de emisiones desde la crianza (nutrición, manejo de pasturas, eficiencia productiva y logística), optimizando el impacto climático sin comprometer productividad.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

El sistema libre pastoreo presenta una mayor huella de carbono total en el ciclo de vida asociado a la producción y faenamiento de carne de res en el Camal de Riobamba, registrando 51,6 kg CO₂-eq/f.u., mientras que el sistema de granja alcanza 37,3 kg CO₂-eq/f.u., evidenciando que este último posee un mejor desempeño ambiental bajo el enfoque de cuantificación alineado a la ISO 14067, con una reducción aproximada del 23% frente al sistema de libre pastoreo.

A partir del balance de masa se establecieron las entradas y salidas relevantes del proceso, verificándose que los coproductos influyen significativamente en el resultado final debido a que representan un crédito ambiental de 19,2 kg CO₂-eq/f.u. en ambos sistemas, lo cual demuestra que su aprovechamiento y asignación son determinantes para disminuir la huella total e interpretar de manera más realista el impacto del faenamiento.

Con la cuantificación por etapas se pudo identificar que la crianza es el principal punto y el más crítico de emisión en ambos sistemas, con valores de 64,9 kg CO₂-eq/f.u. en libre pastoreo y 48,8 kg CO₂-eq/f.u. en granja, es así que podemos confirmar que la carga ambiental se origina principalmente en la fase productiva previa al camal; por otro lado, las etapas operativas del proceso presentan aportes menores, aunque el sistema de granja registra emisiones superiores en transporte (4,01 vs 2,1 kg CO₂-eq/f.u.) y menor en faenamiento (3,7 vs 3,8 kg CO₂-eq/f.u.), estas no superan el peso dominante de la crianza.

Finalmente, al comparar el impacto total generado, se determina que la carne proveniente de granja muestra un menor impacto climático global (37,3 kg CO₂-eq/f.u.) frente a la carne de libre pastoreo (51,6 kg CO₂-eq/f.u.), siendo esta diferencia atribuible a una mayor emisión en la fase de crianza del pastoreo, lo que sugiere una menor eficiencia ambiental por unidad funcional; por tanto, las oportunidades de mejora más efectivas deben centrarse en el sistema de producción (manejo, nutrición, eficiencia y reducción de tiempos productivos) más que en el faenamiento en sí.

5.2.Recomendaciones

Una recomendación es la creación de un registro técnico por lote de animales que ingresen a la operatividad del Camal de Riobamba. Se deberían considerar variables como la procedencia, kilómetros de transporte, peso vivo, rendimiento de canal y emisiones asociadas. De esa manera se podría calcular la intensidad de carbono en función del sistema productivo y al momento de tomar decisiones, priorizar a los proveedores con buenas prácticas y menor afectación ambiental.

Se recomiendan medidas de eficiencia energética en los puntos de mayor demanda en el camal, específicamente, el sistema de refrigeración, el de bombeo de agua, iluminación y los equipos eléctricos, a través de la implementación de auditorías energéticas, reemplazo por iluminación eficiente y aislamiento térmico en cámaras frías con mantillo o vinil. Estas acciones ayudarán a reducir emisiones indirectas relacionadas con la generación de energía termoeléctrica e impactarán positivamente en la mejora del ciclo ambiental del proceso.

Para el caso de las plantas de beneficio, se deben implementar estrategias de economía circular que incrementen el aprovechamiento de coproductos, así como, el tratamiento de residuos orgánicos a través de biodigestión anaerobia o compostaje controlado, con el fin de disminuir la carga contaminante, minimizar riesgos sanitarios y reducción de emisiones asociadas a la disposición inadecuada de residuos.

BIBLIOGRAFIA

Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria. (2015). *Resolución ARCSA-DE-067-2015-GGG: Reglamento técnico para el funcionamiento de establecimientos de faenamiento y procesamiento de carnes*. ARCSA.

Beauchemin, K. A., Janzen, H. H., Little, S. M., McAllister, T. A., & McGinn, S. M. (2010). *Life cycle assessment of greenhouse gas emissions from beef production in western Canada: A case study*. *Agricultural Systems*, 103(6), 371–379. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2010.03.008>

Beauchemin, K. A., Janzen, H. H., Little, S. M., McAllister, T. A., & McGinn, S. M. (2011). *Evaluation using farm-based life cycle assessment of the environmental performance of beef production in western Canada*. *Agricultural Systems*, 104(6), 371–379.

Blaustein-Rejto, D., Smith, T. M., Duren, R. M., & Jones, J. H. (2023). *The climate impacts of pasture-raised beef in the United States*. *Environmental Research Letters*, 18(7), 074017. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/acd3f5>

Capper, J. L. (2012). *Is the grass always greener? Comparing the environmental impact of conventional, natural and grass-fed beef production systems*. *Animals*, 2(2), 127–143. <https://doi.org/10.3390/ani2020127>

Casigña Guaman, N. S., Chicaiza Morales, B. R., Chicaiza Reisancho, E. R., & Arias, P. E. (2025). *Huella de carbono en sistemas de producción lechera de la Amazonía ecuatoriana y sostenibilidad ganadera*. *Horizontes Amazónicos*, 1(1).

<https://horizontesamazonicos.org/index.php/inicio/es/article/view/8>

Castro Gómez, J. A. (2012). *Evaluación del impacto ambiental generado por el Camal Municipal de Riobamba (Trabajo de titulación)*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Repositorio Institucional ESPOCH.

Chuquirima Ramos, L. A. (2020). *Evaluación del consumo energético y del impacto ambiental en sistemas de producción bovina intensiva durante la etapa de crianza (Trabajo de titulación)*. Universidad Técnica de Ambato. Repositorio Institucional UTA.

Cusack, D. F., Kazanski, C. E., Hedgpeth, A., Chowdhary, N., Rotz, C. A., & Casteel, S. N. (2021). *Tradeoffs between productivity, greenhouse gas emissions, and soil carbon sequestration in grazing systems*. *Global Change Biology*, 27(21), 5383–5399. <https://doi.org/10.1111/gcb.15814>

Echeverría, R. L. (2021). *Evaluación productiva y energética del destete natural en sistemas de ganadería bovina extensiva (Trabajo de titulación)*. Universidad Central del Ecuador. Repositorio Institucional UCE.

Eshel, G., Stainier, P., Shepon, A., & Makov, T. (2025). *US grass-fed beef is as carbon intensive as industrial beef, and much more than most other foods reported to date*. Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS).

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11962457/>

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2013). *Tackling climate change through livestock: A global assessment of emissions and mitigation opportunities*. FAO. <https://www.fao.org/3/i3437e/i3437e.pdf>

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2019). *Measuring and modelling greenhouse gas emissions and carbon sequestration in agriculture: A review of methods and tools*. FAO. <https://www.fao.org/3/ca2934en/CA2934EN.pdf>

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2020). *Greenhouse gas emissions from the livestock sector: A life cycle assessment*. FAO. <https://www.fao.org/3/i3437e/i3437e.pdf>

Gavilanes-Montoya, A. V., (2020). *Estudio de factibilidad para el aprovechamiento de residuos sólidos generados en el camal de Riobamba*. Polo del Conocimiento, 5(4).

González, J. M., & Torres, P. A. (2021). *Revisión bibliográfica sistemática como herramienta para la obtención de factores de emisión y parámetros ambientales en estudios de huella de carbono*. *Revista Iberoamericana de Ciencias Ambientales*, 12(2), 85–99.

González, L. F. (2022). *Efecto de la raza bovina sobre la eficiencia productiva y el impacto ambiental en sistemas ganaderos de la Sierra ecuatoriana (Trabajo de titulación)*. Universidad Técnica de Ambato. Repositorio Institucional UTA.

González-Quintero, R., Bolívar-Vergara, D. M., Chirinda, N., Arango, J., Pantevez, H., Barahona-Rosales, R., & Sánchez-Pinzón, M. S. (2021). *Environmental impact of primary beef production chain in Colombia: Carbon footprint, non-renewable energy and land use using life cycle assessment*. *Science of the Total Environment*, 773, 145573. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145573>

GreenDelta. (2020). *CCaLC 2.0 user manual and methodological background*. GreenDelta GmbH.

Gutiérrez, J. R., López, M. A., & Andrade, P. S. (2021). *Evaluación energética y ambiental de sistemas de producción bovina intensiva en condiciones controladas*. *Revista Latinoamericana de Producción Animal*, 29(2), 45–58.

Gutiérrez-León, F. A., et al. (2023). *Huella de carbono de ganaderías de leche del Ecuador*. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 39(3), 305–318.

Gutiérrez-León, F. A., Lastra-Bravo, X. B., & Cali Aguirre, V. A. (2023). *Estimación de la huella de carbono de las ganaderías de leche de la zona andina del Ecuador* (39(3), 305–318). *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*. <https://doi.org/10.29393/CHJAA39-27EH30027>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2020). *Metodología de la investigación* (7.^a ed.). McGraw-Hill Education.

International Organization for Standardization. (2018). *ISO 14067:2018—Greenhouse gases—Carbon footprint of products—Requirements and guidelines for quantification*. ISO.

Klopatek, S. C., Xu, Y., & Erickson, G. E. (2021). *Grass-fed vs. grain-fed beef systems: Impacts on greenhouse gases and resource use*. *Frontiers in Sustainable Food Systems*.

Lema Taco, F. A. (2024). *Diseño de un proceso para la generación de biogás, a partir de los residuos orgánicos provenientes de ganado bovino del camal de Riobamba (Trabajo de titulación)*, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio ESPOCH.

Loaiza Barboza, J. A. (2021). *Huella de carbono en la producción de carne: revisión sistemática (Tesis de grado)*. Universidad César Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/88505>

López, J. A., Castañeda, M. E., & Quintero, R. (2021). *Análisis de ciclo de vida como herramienta para la evaluación y mejora del desempeño ambiental en sistemas productivos*. *Revista Producción + Limpia*, 16(2), 45–58.

López, M. A. (2022). *Evaluación ambiental de procesos industriales mediante análisis de ciclo de vida y huella de carbono como herramienta de gestión (Trabajo de titulación)*. Universidad Técnica de Ambato. Repositorio Institucional UTA.

Manjarres Campaña, D. A. (2023). *Evaluación de la gestión operativa de la planta de tratamiento de aguas residuales del Camal Municipal de Riobamba (Trabajo de titulación)*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. <https://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/22108/1/236T0890.pdf>

Martillo Burgos, J. A., & Villamar Rodríguez, K. J. (2023). *Evaluación del impacto ambiental generado por el camal municipal del cantón Pedro Carbo (Trabajo de titulación)*. Universidad Estatal Península de Santa Elena. Repositorio Institucional UPSE.

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2020). *Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA)*. MAATE.

Naciones Unidas. (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Naciones Unidas. <https://sdgs.un.org/2030agenda>

Pantoja-Guerra, M. O., Guerrero-Villegas, W. M., Rosero-Rosero, P. M., & Villares-Villafuerte, H. G. (2024). *Cadena de valor y externalidades ambientales en procesos de faenamiento: GAD Montúfar, Carchi, Ecuador*. *Revista Sociedad & Tecnología*, 7(3), 252–268. <https://doi.org/10.51247/st.v7i3.448>

Paredes Salán, J. P. (2023). *Evaluación y propuesta de mejora de la planta de tratamiento de aguas residuales del camal municipal del cantón Pelileo (Trabajo de titulación)*. Universidad Técnica de Ambato. Repositorio Institucional UTA.

Pazmiño, M. L., & Ramirez, A. D. (2021). *Life Cycle Assessment as a methodological framework for the evaluation of the environmental sustainability of pig and pork production in Ecuador*. *Sustainability*, 13(21), 11693. <https://doi.org/10.3390/su132111693>

Pelton, R. E. O., Kazanski, C. E., Keerthi, S., Racette, K. A., Gennet, S., Springer, N., Yacobson, E., Wironen, M., Ray, D., Johnson, K., & Schmitt, J. (2024). *Greenhouse gas emissions in US beef production can be reduced by up to 30% with the adoption of selected mitigation measures*. *Nature Food*, 5(9), 787–797. <https://doi.org/10.1038/s43016-024-01031-9>

Pita Fernández, S., & Ponce Cebrián, M. A. (2019). *Diseños de investigación no experimental y estudios comparativos en ciencias aplicadas*. Editorial Médica Panamericana.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2021). *Design for DLT-powered Traceability Platform for Sustainable Beef Production in Ecuador (documento técnico)*. Naciones Unidas.

Ramírez, D. F. (2023). *Aplicación del análisis de ciclo de vida para la generación de inventarios ambientales y evaluación de escenarios productivos en sistemas agroindustriales (Trabajo de titulación)*. Universidad Técnica de Ambato. Repositorio Institucional UTA.

Ramos Sánchez, J. (2023). *Comparación del ciclo de vida para la producción de carne de res y carne vegetal (Trabajo de titulación)*. Universidad Central del Ecuador. Repositorio institucional. <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/33e84325-be0d-4373-9afc-cc6b2f3bc6c8>

Robalino Robayo, M. A. (2020). *Evaluación del consumo de agua, energía y generación de residuos en el proceso de faenamiento bovino del Camal Municipal de Riobamba (Trabajo de titulación)*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Repositorio Institucional ESPOCH.

Sabia, E., Zanon, T., Braghieri, A., Pacelli, C., Angerer, V., & Gauly, M. (2024). *Effect of slaughter age on environmental efficiency on beef cattle in marginal area including soil carbon sequestration: A case of study in Italian Alpine area*. *Science of the Total Environment*, 918, 170798. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170798>

Sánchez, R. A. (2021). *Evaluación ambiental de sistemas de ganadería extensiva: eficiencia productiva, fermentación entérica y emisiones de gases de efecto invernadero (Trabajo de titulación)*. Universidad Central del Ecuador. Repositorio Institucional UCE.

Smith, J. D., & Pérez, M. A. (2022). *Energy use and environmental performance of extensive cattle production systems based on natural grazing*. *Journal of Cleaner Production*, 344, 131061. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131061>

Tigmasa Paredes, K. P. (2022). *Contribución de las emisiones de gas metano producidas por el ganado bovino al cambio climático*. *Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad*, 5, e215. <https://doi.org/10.46380/rias.vol5.e215>

United Nations Environment Programme. (2020). *Guidance on life cycle impact assessment: Striving towards best practice*. UNEP.

University of Manchester. (2020). *Carbon footprinting and life cycle assessment: Principles and applications for comparing production systems*. The University of Manchester.

Vásquez Merlo, M. P. (2022). *Estimación de la huella de carbono en ganadería lechera mediante el software Cool Farm Tool (CFT) en la provincia de Carchi – Ecuador (Tesis de licenciatura)*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Ibarra. Repositorio Institucional PUCE. <https://repositorio.puce.edu.ec/items/d7188f65-a002-46e2-8608-3746779c4fc9>

Zambrano, E. F., Torres, J. M., & García, L. A. (2021). *Caracterización productiva y ambiental de sistemas de ganadería extensiva en zonas rurales del Ecuador*. *Revista Científica Agropecuaria*, 15(2), 67–81.

NEXOS

Crianza

Sistema de libre pastoreo

Anexo 1. Nacimiento 40 kg



Anexo 2. Ternero 177kg



Anexo 3. Bovino Maduro 570kg



Sistema de granja

Anexo 4. Nacimiento



Anexo 5. Ternero 160 kg



Anexo 6. Bovino Maduro 570kg



Alimentación

Sistema de libre pastoreo

Anexo 7. Forraje natural de la zona



<https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/6389/1/ULEAM-AGRO->

[0361.pdf#:~:text=los%20programas%20y%20estrategias%20productivas,1%20kg%20de%20materia%20seca](https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/6389/1/ULEAM-AGRO-0361.pdf#:~:text=los%20programas%20y%20estrategias%20productivas,1%20kg%20de%20materia%20seca)

Sistema de granja

Anexo 8. Forraje



<https://www.scielo.br/j/rbz/a/Wzf6GR5NhLYnGwYQhxgzkB/?format=html&lang=en#:~:text=,or%20without%20natural%20feed%20additive>

Anexo 9. Balanceado



Consumo de agua

Sistema de libre pastoreo

Anexo 10. Consumo de agua total 30 000 L



Sistema de granja

Anexo 11. Consumo de agua total 23 000 L



Anexo 12. Costo del agua en la zona



Costo de metro cúbico



El costo del metro cúbico en promedio es de 29 centavos de dólar en el sector domiciliario

https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inc/Encuestas_Ambientales/Municipios/2023/Agua_potable_alcantarillado/Presentacion_APA_2023_VF_3.pdf

Consumo de Energético

Sistema de libre pastoreo

Anexo 13. Cerco eléctrico



Sistema de granja

Anexo 14. Bomba Eléctrica



Anexo 15. Luz eléctrica para la noche



Anexo 16. Costo de la energía en la zona

La nueva tarifa, que se aplicará a partir de los consumos realizados en noviembre de 2024, incrementa el valor en USD 0.02 centavos por kilovatio hora (Kw/h). Es así como la tarifa para estas grandes industrias representa un total de USD 0.097 centavos por cada KW/h en promedio, lo que generaría ingresos adicionales al Servicio Público de Energía Eléctrica (SPEE) por alrededor de USD 2 millones, en el 2024.

[av2-que-incluye-industrias-petroleras-mineras-y-acereras/](#)

Transporte

Bovino de libre pastoreo

Anexo 17. Camino recorrido



Se evitará peajes

36 min (21,5 km) por Via Licto - Riobamba



Bovino de granja

Anexo 18. Camino recorrido



51 min (41,0 km) por Via Guamote-Cebadas-Macas/E46



Anexo 19. Costo diésel en la zona

Ecuador Precios del diesel, 06-oct-2025

Ecuador Precios del diesel	Litro	Galón
USD	0.74	2.80

https://es.globalpetrolprices.com/Ecuador/diesel_prices/

Faenamiento

Bovino de libre pastoreo

Anexo 20. Recepción



Bovino de granja

Anexo 21. Recepción



Bovino de libre pastoreo y de granja

Anexo 22. Constatación de marca

INTRODUCTORES Y SUS MARCAS DE GANADO							
MARIA SIMBAÑA	11	21	PATRICIO ANILEMA	AX		FAUSTO SUCUY	FS
LUCIA PILATAXI	15		CARMEN RAMIREZ	C1		PATRICIO TENE	FTV
KEVIN HIDALGO	24	24X	DENNIS QUINSHI	C5		GERARDO FIALLOS	FX
LISSETH TIERRA	27	27X	DIEGO GUSQUI	CD		ANA GUAMAN	FY
LUIS MASQUI	30		CARLOS FIALLOS	CF		MANUEL CHOCA	G7
LISSETH HIDALGO	33		GERARDO GUAMAN	CH		GERARDO FIALLOS	GF
GEREMIAS TOABANDA	40		CARLOS MARIN	CM7		PATRICIO GUALAN	GL
FABIAN REA	65		PAUL FALCONI	CP		MISHEL CHILUISA	GM
DAVID PILAMUNGA	75		FREDY CHACHA	CR		LUIS GUALAN	GS
JOSE GUALAN	76		CRISTIAN YUCAILLA	CY		DIEGO CISNEROS	HCZ
BERNABE GUALAN	79		DAVID GUAMAN	D4		IRENA CARGUA	IC
JHONATAN VELASQUEZ	87		DIEGO AUCANSHALA	DA3		HELGA BONILLA	JA
MARIA QUEZADA	99		DORIAN SAGÑAY	DDX		TERESA FLORES	JF JFX
EFRAIN CEPEDA	377		GUSTAVO GODOY	DJA		JORGE ALLAUCA	JH
MARIA CAYAN	510		JAIRO VELASQUEZ	DOC		JORGE YAUTIBUG	JJ
JHONATAN VELASQUEZ	SMV		LISSETH HIDALGO	E15		JEFFERSON ATUPAÑA	JKA
EDUARDO ORTIZ	18E		HILDA CHIMBOLEMA	ECO		JOSE LASSO	JL
STALIN COPA	7L	01	ELIAS GUALAN	EG		JORGE NIAMA	JN
JIMMY NOBOA	80J	80X	EDISON VALVERDE	EL		MARIA CHIMBOLEMA	JNH
MIGUEL GOMEZ	A4		EMMA MENDOZA	EMX		JHONATAN VELA	JV
MIGUEL ALULEMA	AA		MONICA CHAPALBAY	FE		JHONNY VARGAS	JX
AUGUSTO FIALLOS	AF	AFX	FREDY QUINZO	FF		JAVIER YAMBO	JY
SAUL LEMA	AL		AUGUSTO FIALLOS	FH	FHX	KATERIN CHACHA	KC8
JORGE CORONEL	ATX		FELIPE MENDOZA	FM		MANUEL PILAMUNGA	KN

Bovino de libre pastoreo y de granja

Anexo 23. Reposo



Bovino de libre pastoreo

Anexo 24. Insensibilización



Bovino de granja

Anexo 25. Insensibilización



Bovino de libre pastoreo

Anexo 26. Izado



Bovino de libre pastoreo y de granja

Anexo 27. Corte de cabeza y sangrado



Bovino de libre pastoreo

Anexo 28. Corte de patas



Bovino de granja

Anexo 29. Corte de patas



Bovino de libre pastoreo

Anexo 30. Desollado de piel



Bovino de granja

Anexo 31. Desollado de piel



Bovino de libre pastoreo y de granja

Anexo 32. Corte de esternón



Bovino de libre pastoreo y de granja

Anexo 33. Eviscerado



Anexo 34. Tratamiento de vísceras



Bovino de libre pastoreo y de granja

Anexo 35. Corte en canal



Bovino de libre pastoreo y de granja

Anexo 36. Lavado de canal



Bovino de libre pastoreo y de granja

Anexo 37. Cuarteado



Bovino de libre pastoreo y de granja

Anexo 38. Almacenamiento

