

UNIVERSIDAD DE OVIEDO

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN BIOTECNOLOGÍA
ALIMENTARIA**

**Impactos medioambientales derivados de la
producción de IGP “Ternera Asturiana”.
Huella de Carbono**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER
POR**

MARLÉN ÁLVAREZ FIDALGO

JUNIO, 2024





Master en Biotecnología Alimentaria
Universidad de Oviedo
C/Julián Clavería s/n. 33071 Oviedo. España
Tel. 985106226. Fax 985103434. <http://www.unioviado.es/MBTA>



PROFESOR TUTOR:

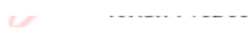
Dña. Adriana Laca Pérez (Universidad de Oviedo)

Dña. Amanda Laca Pérez (Universidad de Oviedo)

CERTIFICA:

Que Dña. **Marlén Álvarez Fidalgo** ha realizado bajo mi dirección el Trabajo Fin de Máster al que corresponde la presente memoria en el contexto de los estudios del Máster Universitario en Biotecnología Alimentaria, 18ª promoción curso 2023-2024.

Oviedo, 12 de julio de 2024


D. Manuel Rendueles de la Vega

Coordinador del Máster en Biotecnología Alimentaria

Agradecimientos

Me gustaría expresar mi agradecimiento a mis tutoras de este Trabajo Fin de Máster, Adriana Laca y Amanda Laca, por brindarme la oportunidad de llevar a cabo este proyecto, y por su disposición, apoyo y compromiso en su desarrollo.

A David Pérez, propietario de la explotación ganadera, por proporcionar todos los datos necesarios para realizar el inventario para este trabajo.

A mi familia y amigos, por su incesante apoyo.

A Borja, porque sin él nada de esto hubiera sido posible.

Resumen

El crecimiento exponencial de la población, la mayor demanda de alimentos y el cambio climático están estrechamente relacionados. La deforestación, el uso del suelo y la contaminación incrementan las emisiones de gases de efecto invernadero, exacerbando el cambio climático. Éste, a su vez, intensifica la escasez de recursos y los eventos climáticos adversos, creando un ciclo interconectado que demanda una acción global para mitigar sus efectos y asegurar un futuro sostenible. En este contexto, la ganadería y la industria cárnica son responsables de una considerable proporción de las emisiones de gases de efecto invernadero y del consumo de agua, lo que subraya la importancia de evaluar y mejorar los métodos de producción de este alimento tan demandado por sus propiedades nutricionales.

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una herramienta clave para estudiar el impacto medioambiental de la producción de un producto, desde la obtención de las materias primas hasta su disposición final. La huella de carbono mide el impacto ambiental en términos de la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos.

Estas metodologías se aplicaron para evaluar el impacto medioambiental de la producción en extensivo de carne certificada con el sello IGP “Ternera Asturiana”, permitiendo conocer la contribución de los distintos subsistemas considerados, lo que permite la identificación de posibles áreas de mejora. Los mayores impactos se derivaron de la producción de alimentos, especialmente en las categorías de toxicidad humana carcinogénica y eutrofización marina. La huella de carbono fue de 35,24 kg CO₂ equivalente por kg de peso vivo, un valor que se encuentra dentro del intervalo de valores publicado en la literatura científica para la producción de carne de vacuno.

Abstract

Exponential population growth, increasing food demand and climate change are inherently linked. Deforestation, land use and pollution cause an increase in greenhouse gas emissions, which negatively impacts on climate change. This also intensifies resource scarcity and adverse climate events, producing an interconnected cycle that requires global action to mitigate the situation and ensure a sustainable future.

In this context, livestock and meat industry significantly contribute to greenhouse gas emissions and water consumption. Therefore, it is important to use tools to assess and improve the production of this food so demanded because of its nutritional properties.

Life Cycle Analysis (LCA) is a key tool to study the environmental impact of the production of a certain product, from the production of raw materials to the final disposal. The Carbon Footprint (CF) measures the environmental impact in terms of the amount of greenhouse gases emitted.

These methodologies were used to assess the environmental impact of the extensive production of meat certified as IGP “Ternera Asturiana”, which will help to know the contribution of the different subsystems considered to identify possible “hot” points to be improved.

The largest impacts were derived from food production, especially in the categories of carcinogenic human toxicity and marine eutrophication. The carbon footprint was 35 kg CO₂ equivalent per kg of live weight, a value that is within the range of values published in the scientific literature for beef production.

Lista de figuras

Figura 1.1. Esquema del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) (EcoEd, 2024).....	2
Figura 2.1. Metodología del ACV (Norma UNE-EN ISO 14040:2006).....	5
Figura 2.2. Tamaño del mercado de carne a nivel mundial entre 2022 y 2028 (en billones de dólares) (Statista, 2024).....	8
Figura 2.3. Dimensión económica de la producción ganadera y vegetal (MAPA, 2024).....	9
Figura 2.4. Cuota de ganado vacuno en España, por comunidades autónomas, desde enero de 2019 hasta enero de 2023 (MAPA, 2024).....	10
Figura 2.5. Vaca de raza Asturiana de Los Valles adscrita a la certificación IGP “Ternera Asturiana”, perteneciente a la ganadería analizada como caso de estudio.....	13
Figura 2.6. Vaca perteneciente a la raza de protección especial Asturiana de Montaña (ASEAVA, 2024).....	14
Figura 2.7. Sello identificativo de la IGP Ternera Asturiana (IGP Ternera Asturiana, 2024).....	15
Figura 3.1. Animales de la ganadería analizada como caso de estudio, en uno de los pastos.....	17
Figura 3.2. Sello identificativo del Consejo de la Producción Agraria Ecológica del Principado de Asturias (COPAE, 2024).....	18
Figura 3.3. Esquema de las entradas y salidas del ACV del sistema a estudio.....	19
Figura 3.4. Etiqueta del producto utilizado para la limpieza (Sillero, 2024).....	23
Figura 4.1. Resultados de caracterización de impactos ambientales asociados a la producción de 1 kg de carne IGP “Ternera Asturiana” según el método ReCiPe midpoint.....	35
Figura 4.2. Resultados de normalización de impactos ambientales asociados a la producción de 1 kg de carne IGP “Ternera Asturiana” según el método ReCiPe midpoint.....	37
Figura 4.3. Árbol obtenido según el método ReCiPe midpoint para la categoría de impacto ambiental “uso de la tierra”. Valor de corte 2%.....	38

Figura 4.4. Árbol obtenido según el método ReCiPe midpoint para la categoría de impacto ambiental “ecotoxicidad en agua dulce”. Valor de corte: 5%.....	38
Figura 4.5.Árbol obtenido según el método ReCiPe midpoint para la categoría de impacto ambiental “calentamiento global”. Valor de corte: 3%.....	39
Figura 4.6. Resultados de ponderación de huella de carbono asociada a la producción de 1 kg de IGP “Ternera Asturiana” en la ganadería a estudio según el método Greenhouse Gas Protocol.....	42
Figura 4.7. Canales de vacuno pertenecientes a la raza Asturiana de los Valles (ASEAVA, 2024).....	44

Lista de tablas

Tabla 3.1: Composición del concentrado de pienso ecológico “EcoFeed”	21
Tabla 3.2: Valores por defecto para los gases de efecto invernadero para los vehículos utilizados en agricultura (Panel Intergubernamental del Cambio Climático, 2006).	27
Tabla 3.3: Valores máximos permitidos para vehículos pesados (Resitoglu et al., 2005).....	28
Tabla 3.4: Inventario de productos farmacológicos utilizados en la explotación.....	30
Tabla 3.5: Inventario de datos de la ganadería de estudio, expresados por unidad funcional (UF= 1 kg de carne IGP “Ternera Asturiana”).....	31

Lista de abreviaturas

ACV: Análisis del Ciclo de Vida

AENOR: Asociación Española de Normalización y Certificación

ASEAVA: Asociación Española de criadores de ganado vacuno selecto de la raza Asturiana de los Valles

CO₂ eq: CO₂ equivalente

COGERSA: Consorcio para la Gestión de Residuos Sólidos de Asturias

COPAE: Consejo de la Producción Agraria Ecológica del Principado de Asturias

EN: Norma Europea

EPA: Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental)

ETIP: European Technology and Innovation (Platform plataforma europea de tecnología e innovación)

FAO: Food and Agriculture Organization of the United (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura)

GEI: Gases de efecto invernadero

HC: Huella de Carbono

IAB: Industria de la alimentación y bebidas

IDAE: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

IGP: Indicación Geográfica Protegida

ISO: Organization for Standardization (Organización Internacional de Normalización)

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible

ONU: Organización de las Naciones Unidas

PIB: Producto Interior Bruto

PV: Peso vivo

SERIDA: Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario del Principado de Asturias.

SETAC: Society of Environmental Toxicology and Chemistry. (Sociedad de Toxicología y Química Ambiental)

UE-27: Los 27 países de los Estados miembros de la Unión Europea

UF: Unidad funcional

UNE: Una Norma Española

Índice

1. Introducción.....	1
2. Consideraciones teóricas	4
2.1.- Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y Huella de Carbono	4
2.2.- El sector cárnico.....	7
2.2.1.- En el mundo y en Europa.....	7
2.2.2.- En España y en Asturias	8
2.3.- IGP “Ternera Asturiana”.....	11
3. Descripción del caso de estudio y metodología utilizada	17
3.1.- Explotación ganadera.....	17
3.2.- Análisis de Ciclo de Vida.....	18
3.2.1.- Definición de objetivos y alcance	18
3.2.2.- Análisis de inventario	20
3.2.3.- Evaluación del impacto ambiental	32
4. Resultados y discusión	34
4.1.- Impactos ambientales	34
4.2.- Huella de carbono	41
4.3.- Interpretación de los resultados	43
5. Conclusiones	46
6. Bibliografía y webgrafía	47

1. Introducción

En las últimas décadas la población se ha incrementado exponencialmente lo que en consecuencia ha llevado a un aumento en la demanda de alimentos. Los sistemas agroalimentarios actuales distan de ser sostenibles, generando diversos impactos ambientales que conllevan efectos tales como el agotamiento de recursos, la pérdida de biodiversidad, el cambio en el uso de la tierra o las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). En concreto, el sector alimentario es causante de entre el 20 y el 40% de las emisiones totales de GEI (National Geographic, 2024). Según la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), la población mundial alcanzará los 9700 millones de personas en 2050, lo que ejercerá una presión adicional sobre el planeta (FAO, 2024).

Sin embargo, no todos los alimentos producen los mismos impactos en el medioambiente; así, los alimentos de origen animal producen efectos mucho más notables que los de origen vegetal. Esto queda reflejado en diferentes estudios en los que se indica que la ganadería es responsable del 18% de las emisiones de GEI, mientras que el 83% de las tierras de cultivo globales están destinadas a la obtención de productos de origen animal, siendo la carne de vacuno la principal causa de la deforestación a nivel mundial, responsable del 41% de la destrucción de selvas tropicales (National Geographic, 2024; FAO, 2024). En este contexto resulta fundamental tener en cuenta el papel del consumo de carne, un alimento muy demandado a nivel global por sus propiedades nutricionales, ya que es fuente importante de proteínas, aportando aminoácidos esenciales, vitaminas (especialmente del grupo B), minerales y otros nutrientes esenciales (FAO, 2024).

Como consecuencia, la cuantificación de los impactos ambientales asociados a la producción de alimentos y, en especial, a aquellos que conllevan un mayor uso de recursos y elevadas emisiones de contaminantes, como es el caso de la carne, resulta un aspecto clave en la actualidad. Por todo ello, resulta de vital importancia el uso de herramientas que permitan evaluar de manera objetiva dichos impactos. Una de las metodologías más eficaces en este sentido es el Análisis del Ciclo de Vida (ACV), una técnica que evalúa los impactos ambientales derivados de la producción de un determinado producto o servicio. Así, el ACV proporciona una visión integral del impacto ambiental, identificando áreas susceptibles de mejora (FAO, 2024).



Figura 1.1. Esquema del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) (EcoEd, 2024)

El uso de esta herramienta en el sector agroalimentario, incluidos los sistemas de producción de carne, permite que los productores y partes interesadas puedan tomar decisiones más sostenibles, optimizando recursos como el agua y la energía, e identificando prácticas agrícolas y ganaderas que minimicen las emisiones de gases de efecto invernadero. El uso de ACV también facilita la comunicación y transparencia con los consumidores al proporcionar información detallada sobre el impacto ambiental. De esta manera, las empresas pueden fomentar un consumo más consciente y responsable e impulsar la demanda de productos más sostenibles, lo que supone a su vez un incentivo para que los productores adopten este tipo de prácticas (AENOR, 2024). Por todo ello, la FAO promueve activamente el uso del ACV en la agricultura y la ganadería, pues resulta una metodología esencial para avanzar hacia una economía circular, que minimice el desperdicio y maximice el uso eficiente de los recursos, dando lugar a sistemas sostenibles y respetuosos con el medio ambiente (FAO, 2024).

Estos conceptos están estrechamente relacionados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU, concretamente con el ODS 12, acerca de consumo y producción responsables, y con el ODS 13, focalizado en la acción por el clima. Para alcanzar estos objetivos, es necesario transformar los sistemas alimentarios hacia modelos más sostenibles y eficientes (ONU, 2024).

El objetivo de este trabajo consistió en evaluar los impactos ambientales asociados a la producción de IGP “Ternera Asturiana”, tomando como caso de estudio una ganadería tipo ubicada en Urbiés (Asturias). Para llevarlo a cabo se utilizó la

metodología de ACV, incluyendo además el cálculo de la Huella de Carbono como indicador ambiental, con el fin de identificar los aspectos responsables de los mayores impactos y proponer, en caso de que fuese posible, alternativas de mejora que puedan implementarse como prácticas sostenibles.

2. Consideraciones teóricas

2.1.- Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y Huella de Carbono

La SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry), define el ACV como: “El análisis del ciclo de vida es un proceso objetivo para evaluar las cargas medioambientales asociadas a un producto, proceso o actividad mediante la identificación del consumo de materias y energía y de los residuos vertidos al medio ambiente, y para identificar y evaluar las alternativas que pueden suponer mejoras ambientales. Dicho análisis abarca la totalidad del ciclo de vida del producto, proceso o actividad a partir de la extracción y procesamiento de la materia prima, la fabricación, el transporte y la distribución, la utilización, la reutilización, el mantenimiento y el reciclado, hasta llegar a la disposición final del mismo” (SETAC, 2024).

El ACV es, por tanto, una herramienta de gestión medioambiental que analiza de manera científica, sistemática, metódica y objetiva, el impacto ambiental generado por un proceso o producto durante su ciclo de vida completo (Haya Leiva, 2016).

Un ACV se compone de cuatro etapas clave:

1. **Definición de objetivos y alcance:** en esta etapa se establecen los objetivos del análisis y se determina qué aspectos y fases del ciclo de vida se van a incluir, además de identificar los límites del sistema a estudiar.

2. **Inventario del ciclo de vida:** se recopila información detallada sobre las entradas y salidas de cada etapa del ciclo de vida, desde la extracción de materias primas hasta la disposición final. Esto incluye recursos naturales, energía, emisiones atmosféricas o residuos, entre otros.

3. **Evaluación del impacto del ciclo de vida:** en esta fase se evalúan los efectos ambientales potenciales asociados con las entradas y salidas identificadas en el inventario. Se utilizan modelos y métodos para cuantificar el impacto en categorías como el cambio climático, agotamiento de recursos, toxicidad, entre otros.

4. **Interpretación del análisis de ciclo de vida:** los resultados se interpretan en el contexto de los objetivos establecidos al principio del proceso. Se identifican áreas de mejora y se proporcionan recomendaciones para minimizar el impacto ambiental (Envira, 2024).



Figura 2.1. Metodología del ACV (Norma UNE-EN ISO 14040:2006)

Esta metodología científica es, por tanto, una herramienta extremadamente útil para conocer el impacto medioambiental de productos o servicios específicos. Facilita la identificación de oportunidades de mejora del desempeño ambiental, optimiza el uso y la eficiencia de los recursos e incrementa la competitividad en el mercado al optar a certificaciones ecológicas. Por otro lado, permite a los usuarios de los productos realizar comparativas, lo que les ayuda a seleccionar las alternativas más sostenibles (Eurofins Environment, 2024).

Al hablar del ACV para la evaluación del impacto ambiental, es común pensar en el término “huella de carbono” (HC). Aunque el objetivo de ambas herramientas es permitir a las organizaciones cuantificar su impacto climático y medioambiental, existen diferencias entre ambas.

El Análisis de Ciclo de Vida analiza la suma global del impacto sobre el medio ambiente, mientras que la huella de carbono se centra, únicamente, en cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas con un producto, servicio o actividad.

Podría decirse entonces que la huella de carbono es una “parte” del ACV que se centra en emisiones, directas o indirectas, a la atmósfera de gases como el CO₂, metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O). Se expresa, generalmente, en masa de dióxido de carbono equivalente (CO₂ eq.) y es más simple y específica que el ACV, ya que se centra únicamente en una categoría concreta de impacto ambiental (Envira, 2024).

El certificado de la huella de carbono es un documento que verifica y certifica las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de una organización, producto o servicio, medido como se ha mencionado anteriormente, en términos de CO₂ equivalente. La situación actual de este certificado refleja un creciente interés y compromiso global hacia la sostenibilidad y la reducción de emisiones. No es obligatorio, pero muchas empresas buscan obtenerlo con el objetivo de demostrar su compromiso con la sostenibilidad y responder a los requerimientos de consumidores y socios comerciales concienciados con la protección del medio ambiente. Además, muchos gobiernos están implementando regulaciones que requieren que las empresas indiquen sus emisiones de GEI, incentivando la obtención de certificaciones relacionadas con la HC. Hoy en día, reducir la huella de carbono en los diversos ámbitos se ha convertido en un objetivo clave para mitigar el cambio climático y promover la sostenibilidad.

El sistema agroalimentario, incluyendo cultivos y ganadería, ocupa el 50% de la superficie terrestre. El aumento de la producción agrícola a través de intensificación convencional, basada en monocultivos y un gran uso de insumos externos no renovables, ha generado un gran impacto ambiental en los últimos años. La agricultura es responsable de la pérdida del 70% de especies en el mundo, y consume alrededor del 70% de agua dulce del planeta. La producción animal intensiva absorbe un porcentaje elevado (35-40%) de la producción agrícola y, además, tiene un impacto notable en el medioambiente (Garibaldi et al., 2018). Por tanto, la producción agropecuaria tiene unos profundos efectos en el medio ambiente en conjunto. Este sector es el principal responsable de la contaminación del agua por nitratos, fosfatos y plaguicidas. También es la mayor fuente antropogénica de gases responsables del efecto invernadero, metano y óxido nitroso, y contribuye en gran medida a otros tipos de contaminación del aire y del agua (FAO, 2024).

Por otra parte, las previsiones apuntan a que la demanda de carne, uno de los productos alimentarios más impactantes desde una perspectiva ambiental, en los países de ingresos bajos y medios puede crecer un 80% en 2030 y un 200% en 2050. A menos que se intenten buscar soluciones, la intensificación de la producción ganadera en su forma actual repercutirá en la salud humana a través de la contaminación ambiental y el aumento de los peligros para la inocuidad alimentaria. Se debe, por tanto, avanzar hacia una producción de alimentos sostenible, es decir, con un impacto ambiental reducido

(FAO, 2024). Así, se hace necesario determinar de manera fiable y objetiva qué etapas y factores son los más problemáticos desde un punto de vista medioambiental en este sector.

En este contexto, este TFM utiliza la metodología del ACV para abordar las diversas implicaciones ambientales de la producción de carne de ternera IGP “Ternera Asturiana” empleando como caso de estudio una ganadería tipo ubicada en Mieres (Asturias).

2.2.- El sector cárnico

2.2.1.- En el mundo y en Europa

Antiguamente, la carne era un producto limitado a las clases más pudientes o reducido a ocasiones especiales. Hoy en día, sin embargo, se trata de un artículo de fácil acceso tanto en supermercados como en restaurantes de casi todo el mundo. Además, a pesar del avance de nuevas tendencias alimentarias, sigue contando con una notable popularidad entre los comensales a nivel global. De hecho, el tamaño de este mercado ascendía ya a 1,4 billones de dólares estadounidenses en 2022 y se prevé que experimente un incremento de unos 200000 millones en el próximo sexenio (Figura 2.2). Se espera que el consumo mundial de carne continúe creciendo en un 1,4 % anual debido al aumento de la población y de los ingresos en los países en desarrollo (Statista, 2024).

El principal productor a nivel global es Asia, que engloba aproximadamente el 40% de la producción mundial de carne, lo que no sorprende si se considera que solo en China se generan anualmente más de 70 millones de toneladas, posicionando al país como líder indiscutible en el sector. Asimismo, se considera que se necesitarán 3,4 millones de toneladas adicionales de importaciones de carne a nivel mundial para que los países puedan compensar la brecha entre el consumo interno y la producción (Statista, 2024).

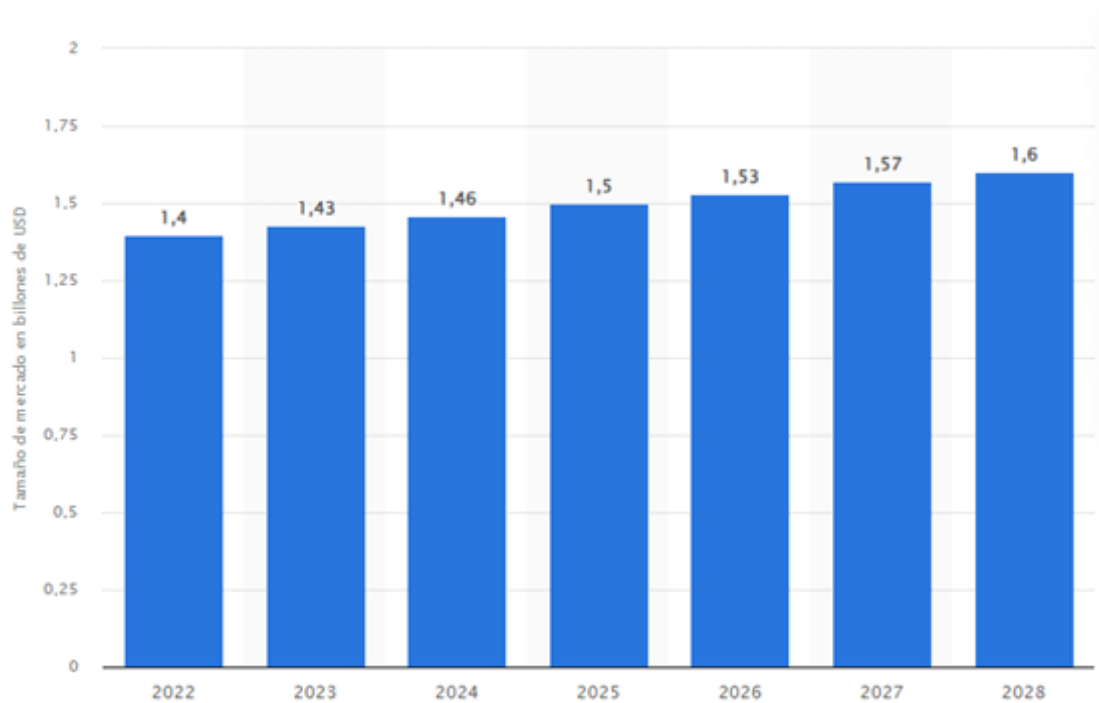


Figura 2.2. Tamaño del mercado de carne a nivel mundial entre 2022 y 2028 (en billones de dólares) (Statista, 2024)

Según un informe de la Comisión Europea, publicado en 2023, sobre el mercado de la carne Europa es el segundo mayor productor mundial de carne después de Asia. La carne de cerdo es la más producida, seguida de la carne de aves de corral y la carne de vacuno. La tendencia actual incluye un aumento en la demanda de carne orgánica y de origen local, así como una creciente preocupación por el bienestar animal y los productos sostenibles. Esta tendencia se corrobora con un informe de Eurostat y datos recientes de la Asociación Europea de la Carne, donde se indica que hay un movimiento hacia prácticas de producción más sostenibles y transparentes, impulsado por las preferencias cambiantes de los consumidores y las políticas reguladoras cada vez más estrictas en materia ambiental (European Commission, 2024).

2.2.2.- En España y en Asturias

El sector cárnico representa el 33% de la facturación en la industria de la alimentación y bebidas (IAB), así como el 3,8% del PIB (Producto Interior Bruto) español (Deloitte, 2024; MAPA, 2024) (Figura 2.3). Estos valores económicos sitúan a España como tercer país en importancia para este sector ganadero dentro del entorno comunitario de la UE-27 (los 27 países de los Estados miembros de la Unión Europea), tras Francia y Alemania.

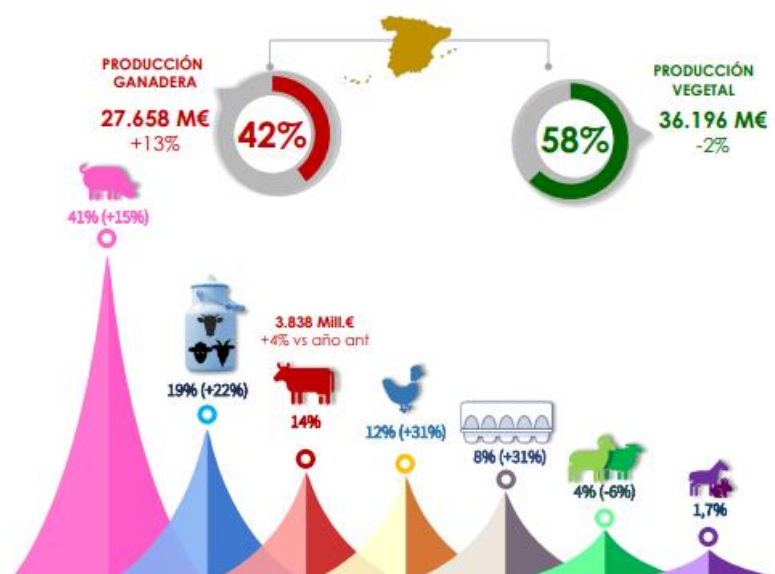


Figura 2.3. Dimensión económica de la producción ganadera y vegetal (MAPA, 2024)

El sector de vacuno de carne representa en España alrededor del 14% del valor anual de la producción final ganadera y del 5% del valor de la producción final agraria, según datos de las Cuentas Económicas de la Agricultura (MAPA, 2024). El censo bovino total de España se encuentra estabilizado alrededor de los 6,5 millones de cabezas, distribuidas en aproximadamente 140 mil explotaciones. Esto constituye la base generadora de diferentes producciones en nuestro país, incluyendo las 700 mil toneladas de carne de vacuno al año. En el entorno comunitario, España aporta alrededor del 8% del censo bovino de la Unión Europea y el 11% de la carne de vacuno producida (MAPA, 2024).

La actividad productiva del sector vacuno de carne se apoya en dos segmentos diferenciados, por un lado, el subsector dedicado a la cría de vaca nodriza y por otro el subsector dedicado al engorde de terneros, ambos complementarios, pero con modelos de producción y localizaciones claramente diferenciadas entre sí.

En los últimos años además se constata una tendencia al avance en la adopción de modelos de producción ecológica y de producciones amparadas por denominaciones de calidad, reflejo de lo que se vendría evidenciando en el resto de la UE (MAPA, 2024).

Por otro lado, la coincidencia de una progresiva disminución en el consumo interno con el aumento de la demanda en otros países, han hecho de la

internacionalización una estrategia clave para este sector. Esto queda reflejado en la cifras y evolución de su comercio exterior, con un marcado protagonismo de las exportaciones, tanto de carne como de animales vivos (MAPA, 2024).

En cuanto al sector ganadero en las distintas comunidades autónomas de España, cabe destacar que Castilla y León destaca como la región con mayor cuota de ganado vacuno, con aproximadamente un millón y medio de cabezas. Galicia ocupa la segunda posición, registrando aproximadamente 941.900 cabezas en su cabaña ganadera (Figura 2.4) (Statista, 2024).

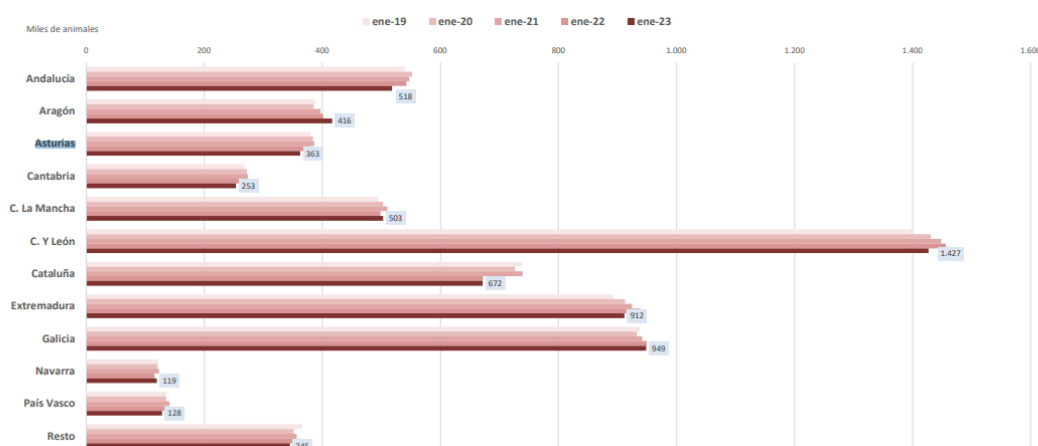


Figura 2.4. Cuota de ganado vacuno en España, por comunidades autónomas, desde enero de 2019 hasta enero de 2023 (MAPA, 2024)

A pesar de que Asturias no lidera este ranking, su contribución al sector cárnico nacional es notable considerando su extensión y las características específicas de su producción, contribuyendo significativamente a la economía nacional y al sector agroalimentario. No en vano, Asturias es la región española con mayor consumo de carne de vacuno con 12,75 kilos per cápita y año, claramente por encima de la media española (7,9 kilos) (Feo Parrondo, 2006).

En esta región, el sector cárnico es, tras el lácteo, el más importante del medio rural. El cese de muchas pequeñas explotaciones lecheras, por tener una cuota reducida, ha propiciado un incremento de la ganadería destinada exclusivamente a la producción de carne. Este sector se ha visto afectado por cambios muy significativos en los fines productivos: hace unas décadas se buscaba como objetivo abastecer a la población basándose en sistemas intensivos y ahora se apuesta mayoritariamente por una

producción cárnica de calidad y que cumpla las normas de sanidad (Feo Parrondo, 2006).

Además, el sector cárnico asturiano no solo desempeña un papel fundamental como motor económico y cultural tanto para la región como para el país, sino que también es crucial en el mantenimiento de tradiciones gastronómicas profundamente arraigadas en la cultura española. Este papel se ve reforzado por la organización de numerosos festivales y jornadas gastronómicas que tienen como base los productos cárnicos, buscando potenciar el consumo y la valoración de estos productos tradicionales: de ternera asturiana en Cangas del Narcea, del “gochu, picadillo y sabadiego” en Noreña, de jamón en Avilés, de la matanza en Felechosa (Aller), de “Pitu Caleyá” en Ujo (Mieres), del cordero en Rubiano (Grado), del chosco en Tineo, etc. (Feo Parrondo, 2006).

La carne asturiana, reconocida por su sabor y textura únicos, ha obtenido la Indicación Geográfica Protegida (IGP), asegurando así su autenticidad y origen controlado. Esta distinción no solo garantiza estándares elevados de producción, sino que también promueve la preservación de métodos tradicionales y el apoyo a la economía local.

2.3.- IGP “Ternera Asturiana”

En vacuno destinado a la producción cárnica en Asturias predominan dos razas autóctonas, así como sus cruces: Asturiana de los Valles y Asturiana de Montaña:

- Asturiana de los Valles:

Es una raza bovina autóctona presente en todo el Principado, además de en el resto del país (Figura 2.5). En la actualidad, existen rebaños en todas las Comunidades Autónomas de la Cornisa Cantábrica, en Castilla-León, Aragón, Madrid, Castilla-La Mancha, Extremadura y Andalucía.

Es una raza de gran formato, con abundancia de ejemplares culones y semiculones (animales con una hipertrofia muscular hereditaria debida al gen MSTN que provoca un desarrollo muscular extraordinario debido al aumento del número de fibras musculares y, por tanto, muestran una clara ventaja desde el punto de vista carnicero), de perfil recto, capa castaña y encornaduras en gancho. En origen era de

triple aptitud, pero actualmente se puede considerar exclusivamente cárnica. La alzada a la cruz es de unos 144 cm en los machos y 132 cm en las hembras, y el peso es de unos 1000 kg en machos y 700 kg en hembras (ASEAVA, 2024; Fuentes et al., 2006).

El peso medio al nacimiento es de 42 kg, y superan los 45 cuando se trata de machos culones. Los terneros de partos tardíos nacen con mayor peso que los de los primeros partos (Fuentes et al., 2006).

El peso medio al destete es de 222 kg. Un macho se desteta con 20 kg más que una hembra. Los terneros culones pesan al destete 5 kg más que los terneros normales (ASEAVA, 2024).

Los terneros de la raza Asturiana de los Valles muestran una velocidad de crecimiento durante la lactancia de 942 gramos al día. Los machos crecen casi 100 gramos más al día que las hembras. Se comercializan sus añojos a los 12-18 meses cuando pesan unos 500-600 kg (ASEAVA, 2024).

Según los datos publicados por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, la raza presenta los datos productivos resumidos a continuación:

- Muy buena conformación, con un 63% de rendimiento a la canal, que alcanza hasta el 70% en ejemplares culones.
- Casi un 70 % de la canal corresponde a músculo.
- Bajo nivel de infiltración grasa, tanto a nivel subcutáneo como intermuscular y bajo contenido en hueso que apenas llega a suponer el 13% de la canal.
- Los animales culones presentaron un mayor rendimiento a la canal, mejor conformación y menor infiltración grasa (MAPA, 2024).

Las vacas de esta raza son dóciles, con instinto maternal, paren sin dificultad y destetan terneros de pesos elevados con buena conformación. Son ideales para la cría en condiciones extensivas, desenvolviéndose bien en terrenos accidentados y soportando perfectamente temperaturas extremas. De hecho, se ha comprobado su perfecta adaptación a sistemas de explotación extensivos, tanto en pureza como en cruzamiento industrial, en zonas secas españolas y en zonas de clima tropical del centro y Sudamérica (ASEAVA, 2024).



Figura 2.5. Vaca de raza Asturiana de Los Valles adscrita a la certificación IGP “Ternera Asturiana”, perteneciente a la ganadería analizada como caso de estudio

- Asturiana de Montaña:

Es una raza de protección especial, clasificada como raza autóctona en peligro de extinción en el Catálogo Oficial de Razas de Ganado de España (MAPA, 2024) ya que, con la introducción masiva de razas extranjeras, se redujeron los censos hasta prácticamente su desaparición. A principios de los años 80 se comienza la recuperación y mejora de la raza y se crea la Asociación Española de criadores de ganado vacuno selecto de la raza Asturiana de la Montaña (ASEAMO).

Se formó en la zona montañosa del concejo de Caso, por lo que también se conoce como “Casina”. Las aproximadamente 6400 reproductoras que componen su censo se localizan en zonas montañosas de Asturias, por encima de los 500 m., y principalmente en el concejo de Caso.

Es similar a la raza Asturiana de los Valles, pero más rústica y de menor tamaño. Su cabeza es más recortada y su tronco tiene menor desarrollo muscular. Tienen un pelaje que varía en tonalidades desde el gris al negro, adaptado para resistir las condiciones climáticas adversas.

Se puede considerar de triple aptitud (carne, leche y trabajo), si bien en la actualidad prácticamente sólo se explota para carne. Los terneros pesan 26 kg al nacimiento y los rendimientos de la raza se sitúan en torno al 53%, con ganancias

diarias de peso de 800 g. Los machos pesan unos 700 kg y las hembras, 450. Sus terneros se venden cuando pesan entre 300 y 400 kg.

En cuanto al sistema de explotación, se cría en los pastos de alta montaña durante el verano, complementado con pastoreo en primavera y otoño en los prados del valle, y se mantiene en establos durante el invierno (Fuentes et al., 2006).



Figura 2.6. Vaca perteneciente a la raza de protección especial Asturiana de Montaña (ASEAVA, 2024)

La Indicación Geográfica Protegida "Ternera Asturiana" avala la carne de animales nacidos, criados y engordados en el Principado de Asturias, siguiendo una serie de normas recogidas en su Reglamento, enfocadas a garantizar una alta calidad sanitaria y organoléptica de la carne, además de asegurar la trazabilidad del producto a lo largo de todo el proceso. Únicamente los animales procedentes de las razas Asturiana de los Valles, Asturiana de la Montaña, y sus cruces son aptos para suministrar este tipo de carne.



Figura 2.7. Sello identificativo de la IGP Ternera Asturiana (IGP Ternera Asturiana, 2024)

El manejo y alimentación de los animales se adaptarán a las normas tradicionales de manejo en Asturias, basándose en el aprovechamiento de los recursos naturales. Dicho distintivo está vinculado a la composición de los pastos, al manejo tradicional del ganado que implica un alto grado de bienestar animal, y en general al uso sostenible de los recursos, aspectos todos ellos de enorme influencia en la calidad y salubridad de la carne producida. El periodo de lactación será obligatorio, mínimo hasta los cinco meses, y en la alimentación suplementaria se utilizarán productos naturales y alimentos concentrados autorizados por el Consejo Regulador. En todo caso queda expresamente prohibido el empleo de productos que puedan interferir en el ritmo normal de crecimiento y desarrollo del animal.

El sello distingue la carne de vacuno entre 6 y 18 meses (Figura 2.7).

Todos los animales de una explotación inscrita en la IGP cuentan con una identificación individual, de acuerdo con la normativa vigente. Dicha identificación se correlaciona inequívocamente con los datos relativos a la ganadería (propietario, código de explotación y razón social, ubicación) y los correspondientes al animal productor (madre, sexo, fecha de nacimiento, raza, movimientos que realiza). En el matadero, los inspectores del Consejo Regulador realizan la certificación, clasificación de la canal y precintado de la misma, asignándole un número y una documentación con esa misma numeración que acompañarán a la carne hasta el punto de venta, ofreciendo al consumidor toda la información del origen (animal, explotación, ganadero y localidad), así como del lugar y fecha de sacrificio, mayorista distribuidor y datos en relación a la clasificación de la canal (conformación y grado de infiltración grasa). Por ello, la IGP “Ternera Asturiana” contempla una producción trazable.

La carne de Ternera Asturiana es un alimento saludable por su bajo contenido en grasa, que además presenta una elevada proporción en ácidos grasos omega 3. Se trata de un producto rico en proteínas de alto valor biológico, siendo una excelente fuente de aminoácidos esenciales. Su textura firme pero jugosa, y su característico sabor reflejan cualidades que la hacen única y altamente valorada.

3. Descripción del caso de estudio y metodología utilizada

3.1.- Explotación ganadera

En este proyecto, se analizaron los impactos ambientales asociados a una explotación ganadera de IGP “Ternera Asturiana” empleada como caso de estudio de este tipo de sistemas de producción. Los datos empleados en el análisis y descritos a continuación corresponden al año 2023.

La explotación en el año 2023 estaba compuesta por 44 animales de las razas Asturiana de los valles, Asturiana de Montaña y sus cruces, de estos animales 26 son vacas nodrizas (mayores de 24 meses), 6 animales de recría (desde 3 meses de edad hasta primer parto), 10 animales de cebo y 2 toros (Figura 3.1). La ganadería se localiza en “El Collau”, que pertenece a la parroquia de Urbiés (Mieres) e incluye una nave de 200 m², 4 cuadras de 20 m² y 47 hectáreas de terreno. Además, por derecho de pasto comunal, los animales permanecen 6 meses al año en Puerto de Pinos (León) donde tienen asignadas 24 hectáreas.

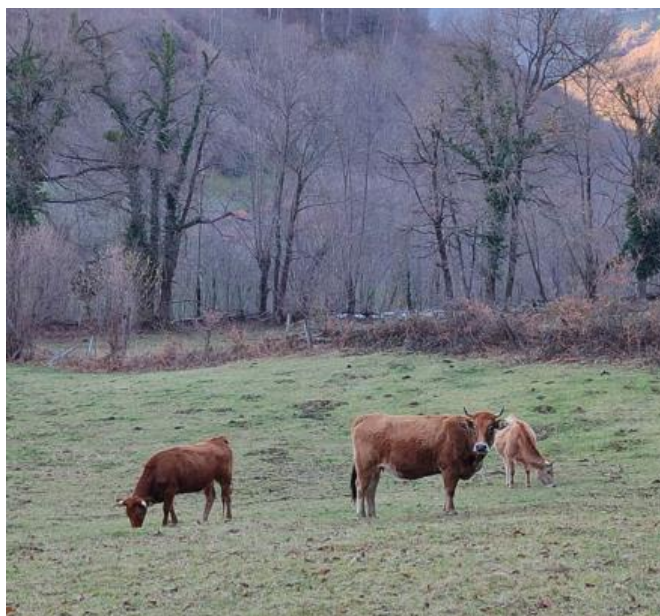


Figura 3.1. Animales de la ganadería analizada como caso de estudio, en uno de los pastos

Además de pertenecer al sello IGP “Ternera Asturiana”, esta ganadería pertenece a la Asociación Española de criadores de ganado vacuno selecto de la raza Asturiana de los Valles (ASEAVA) y está adscrita al Consejo de la Producción Agraria Ecológica del Principado de Asturias (COPAE) (Figura 3.2).



Figura 3.2. Sello identificativo del Consejo de la Producción Agraria Ecológica del Principado de Asturias (COPAE, 2024)

3.2.- Análisis de Ciclo de Vida

3.2.1.- Definición de objetivos y alcance

El presente estudio tiene como finalidad realizar un Análisis de Ciclo de vida (ACV) de una explotación de ganado vacuno de aptitud cárnica perteneciente a la IGP “Ternera Asturiana” para conocer el impacto y principales repercusiones ambientales de este sistema producción, así como identificar los aspectos asociados a esta actividad que resulten más impactantes. Asimismo, se obtendrá el valor de la Huella de Carbono (HC) asociada a la producción de carne de vacuno, ya que en la bibliografía este tipo de alimento se describe como uno de los más impactantes desde el punto de vista de las emisiones de GEI.

El objetivo final es emplear los resultados obtenidos en este caso de estudio como punto de partida para proporcionar una visión integral y fundamentada sobre la sostenibilidad de este producto, así como identificar oportunidades y proponer posibles mejoras.

La actividad principal de la ganadería que se está analizando es la producción de carne con la certificación IGP "Ternera Asturiana". Esta carne se distribuye a nivel nacional a través de la compañía Alimerka.

En el estudio de este sistema de ganadería se consideró el análisis “desde la cuna a la puerta”, teniendo en cuenta, por tanto, las materias primas necesarias para la producción de alimentos, el consumo de agua para el ganado, los materiales de cama, los productos de limpieza, así como el consumo de diferentes recursos energéticos

(electricidad, diésel y gasolina). Los gastos en combustible se corresponden con la maquinaria agrícola utilizada en las labores propias de la explotación (tractor, segadoras, desbrozadoras, motosierras). También se tuvo en cuenta el uso de la tierra y la captación de CO₂ por el crecimiento de los pastos. Además, se incluyeron las emisiones a la atmósfera procedentes del ganado y de la gestión de purines, así como del uso de diésel y gasolina.

En este estudio se examinan las entradas y salidas que se producen en el sistema analizado y que se detallan en el análisis de inventario, incluyendo, entre otros, la alimentación y el uso de energía y recursos, y teniendo en cuenta las emisiones, tanto directas como indirectas (Figura 3.3).

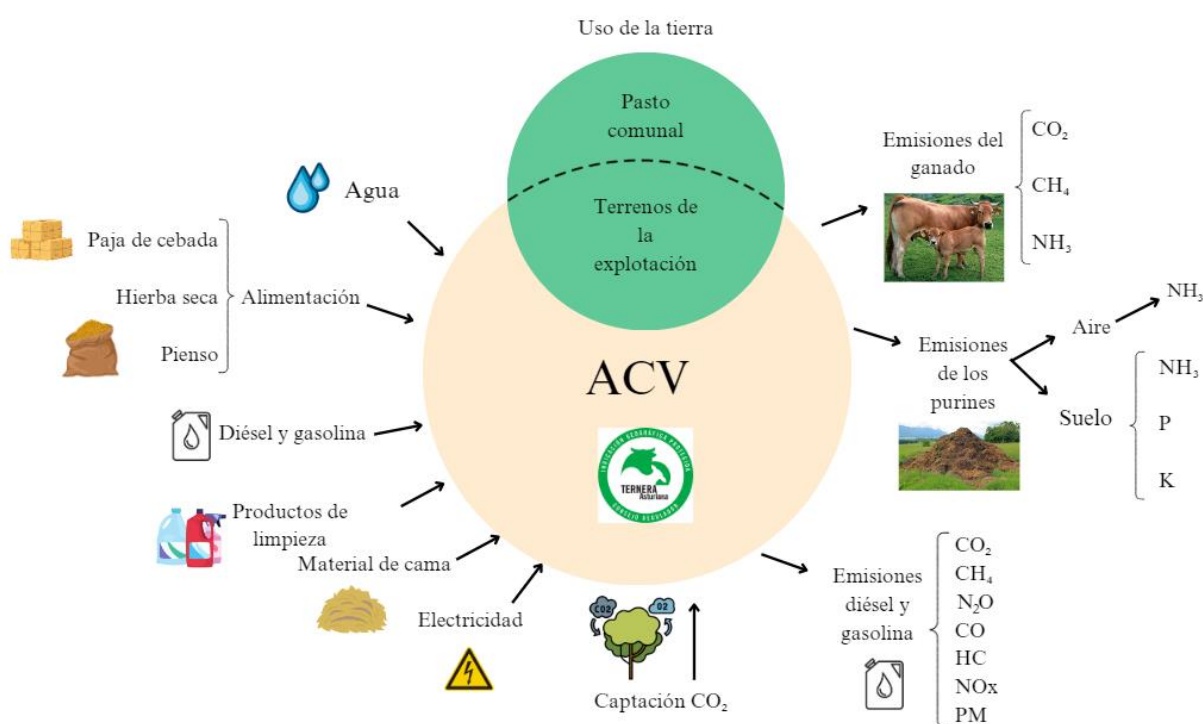


Figura 3.3. Esquema de las entradas y salidas del ACV del sistema a estudio

Se ha tomado como unidad funcional 1 kilogramo de carne producida y certificada como IGP “Ternera Asturiana”. La producción en el año 2023 fue de 2070 kg de carne, correspondiente a terneros de entre 6 y 15 meses de edad, por lo que todas las entradas y salidas se estandarizaron dividiéndolas por la totalidad de la producción anual, para expresar las cargas ambientales por kilogramo de carne producida.

3.2.2.- Análisis de inventario

En este apartado se incluyen todos los datos correspondientes a las entradas y salidas que se produjeron durante el año a estudio (2023), en la ganadería vacuna del conjunto mestizo “Asturiana de los Valles” situada en Urbiés (Mieres).

En el inventario se dividen los datos en entradas y salidas, en el presente estudio las entradas corresponden al material para la alimentación de las vacas (paja de cebada, hierba seca y pienso ecológico), agua (tanto de bebida como de limpieza), productos de limpieza (lejía), material de cama (paja de trigo), uso de la tierra, electricidad. y combustibles (diésel y gasolina). También se tuvo en cuenta la captación de CO₂ por los pastos que actúan como sumidero.

En las salidas del sistema, se incluyeron las emisiones del ganado a la atmósfera (CO₂, CH₄ y NH₃) y las emisiones de los purines (tanto el NH₃ que se emite a la atmósfera, como las pérdidas por lixiviación de NH₃, fósforo y potasio al suelo). Asimismo, se consideraron las emisiones a la atmósfera procedentes del uso de los combustibles (diésel y gasolina).

Se debe de tener en cuenta que, aunque en la explotación hay 44 animales, 6 de ellos son animales de recría (desde 3 meses de edad hasta primer parto), por lo que se ha considerado que cada uno de ellos “equivale” aproximadamente al 50% de un adulto, así, para el cálculo de diversas entradas y salidas se han considerado un total de 41 animales “equivalentes adultos” en la explotación, tal y como se detalla en los siguientes apartados.

Alimentación

Los animales de esta explotación ganadera permanecen la práctica totalidad del tiempo en régimen extensivo, disfrutando tanto de pastos propios de la ganadería como de pastos comunales. Además, reciben una alimentación basada en concentrado de pienso, paja de cebada y hierba seca, que el propietario adquiere a empresas ajenas a la explotación. A continuación, se detalla la información relativa a estos alimentos:

- **Paja de cebada:** el consumo total de este forraje en el año de 2023 fue de 20 paquetones (bloques de forraje comprimido y atado, lo que facilita su almacenamiento, conservación y transporte) de 310 kg cada uno.

$20 \text{ paquetones} \times 310 \text{ kg} = 6200 \text{ Kg de paja de cebada}$

$$\frac{6200 \text{ kg}}{2070 \text{ kg}} = 3 \text{ kg paja de cebada / kg carne}$$

- **Hierba seca:** El consumo en 2023 fue de 15 paquetones de 415 kg cada uno.

$15 \text{ paquetones} \times 415 \text{ kg} = 6225 \text{ kg de hierba seca}$

$$\frac{6225 \text{ kg de hierba seca}}{2070 \text{ kg}} = 3,01 \text{ kg hierba seca / kg carne}$$

- **Concentrado de pienso ecológico “EcoFeed”:** El consumo total de pienso en el año 2023 fue de 6800 kg. Su composición es la indicada en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1: Composición del concentrado de pienso ecológico “EcoFeed”

Ingrediente	%	Consumo anual (kg)	Consumo por UF
Cebada ecológica	43,1	2930,8	1,41
Maíz ecológico molido	25	1700	0,82
Guisantes grano ecológico	18	1224	0,59
Torta soja 44% ecológica	7,1	482,8	0,23
Alfalfa granulada ecológica	1,9	129,2	0,06
Girasol 25% ecológico	1,5	102	0,05
Bicarbonato sódico ecológico	1,5	102	0,05
Carbonato cálcico	0,65	44,2	0,02
Sal	0,6	40,8	0,02
Cloruro sódico	0,4	27,2	0,01
Fosfato bicálcico	0,25	17	0,008

Debe tenerse en cuenta que, para la introducción de los datos en el software, se consideraron únicamente los ingredientes que se encontraban en una concentración igual o superior al 1,5% respecto al total de ingredientes del pienso.

El subsistema “alimentación” en el software tiene en cuenta los alimentos que no se producen en la ganadería, ya que los que se producen dentro del propio sistema ya aparecen reflejados en el subsistema “uso de la tierra”.

Agua

El agua consumida en el sistema proviene de manantial, y se consumen 302300 l al año, desglosados de la siguiente forma:

- Bebida: el agua de bebida se estimó a partir del dato de consumo por animal individual, se considera un valor medio de 20 litros al día (dato proporcionado por el ganadero).

$$\frac{20 \text{ l agua}}{\text{día}} \times \frac{365 \text{ días}}{1 \text{ año}} = 7300 \text{ l anuales por animal}$$

$$7300 \text{ l / animal} \times 41 \text{ animales} = 299300 \text{ l agua de bebida / año}$$

- Limpieza: se emplearon 3000 l de agua de manantial al año en limpieza (estimación realizada por el ganadero).
- TOTAL:

$$\frac{299300 \text{ l} + 3000 \text{ l}}{2070 \text{ kg carne}} = 146,04 \text{ l anuales por animal}$$

Dado que la densidad del agua es de 1 g/ml, equivale a:

$$146,04 \text{ l} \times \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ l}} \times \frac{1 \text{ g}}{1 \text{ ml}} = 146040 \text{ g agua / kg carne}$$

Material de cama

Como material de cama se emplea paja de trigo, adquirida a una explotación ajena a la ganadería analizada. Se adquiere en formato alpaca, y se compran 20 unidades al año, de 230 kg cada una:

$$20 \text{ alpacas} \times 230 \text{ kg} = 4600 \text{ kg de paja de trigo para cama / año}$$
$$\frac{4600 \text{ kg paja de trigo}}{2070 \text{ kg carne}} = 2,22 \text{ kg paja de trigo para cama / kg carne}$$

Productos de limpieza

En este subsistema se incluyen los productos de limpieza utilizados para la higienización de las instalaciones. Se utilizan 70 litros al año de lejía comercial. En el análisis se tendrá en cuenta el principio activo de este producto de limpieza, en concreto, 40 g de hipoclorito sódico/litro (Figura 3.4) (Sillero, 2024).



Figura 3.4. Etiqueta del producto utilizado para la limpieza (Sillero, 2024).

$$70 \text{ l lejía comercial} \times \frac{40 \text{ g hipoclorito sódico}}{1 \text{ l lejía comercial}} = 2800 \text{ g hipoclorito sódico / año}$$

$$\frac{2800 \text{ g hipoclorito sódico}}{2070 \text{ kg carne}} = 1,35 \text{ g hipoclorito sódico / kg carne}$$

Electricidad

El consumo en electricidad de esta explotación se corresponde con la luz utilizada en la nave, donde hay 9 bombillas led 12 W, y la luz de una de las cuadras, que tiene dos bombillas led de las mismas características

En total, son 11 bombillas de 12W. Se calcula una media de 4 horas al día de funcionamiento, durante 6 meses al año (el resto del año los animales están en el puerto):

$$11 \text{ bombillas} \times \frac{12 \text{ W}}{1 \text{ bombilla}} \times \frac{4 \text{ horas}}{1 \text{ día}} \times 182,5 \text{ días} \times \frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ W}} = 96,36 \text{ kWh}$$

En total, el consumo en el año 2023 fue de aproximadamente 100 kWh.

$$\frac{100 \text{ kWh}}{2070 \text{ kg carne}} = 0,05 \text{ kWh / kg carne}$$

Diésel

El consumo total de diésel por la ganadería ascendió a 2500 litros. Para la introducción de este subsistema en el software es necesario pasar la cantidad de diésel a gramos y expresarlo por la unidad funcional, por lo que se realizó la siguiente estimación utilizando la densidad del diésel (ETIP Bioenergy, 2024):

$$\frac{2500 \text{ l diesel}}{1 \text{ año}} \times \frac{1000 \text{ ml}}{1 \text{ L}} \times \frac{0,832 \text{ g diesel}}{1 \text{ ml}} \times \frac{1 \text{ año}}{2070 \text{ kg carne}} = 1004,83 \text{ g diesel /kg carne}$$

Gasolina

De igual forma, a partir del dato de consumo de gasolina en litros y del valor de su densidad (IDAE, 2024), se obtiene el consumo total en gramos, y lo calcularemos por unidad funcional, para poder introducirlo en el software.

$$\frac{400 \text{ l de gasolina}}{1 \text{ año}} \times \frac{1000 \text{ ml}}{1 \text{ l}} \times \frac{0,74 \text{ g gasolina}}{1 \text{ ml}} \times \frac{1 \text{ año}}{2070 \text{ kg carne}} = 142,99 \text{ g gasolina / kg carne}$$

Uso de la tierra

En el año 2023, la utilización de la tierra para la ganadería se extiende a un total de 58,5 hectáreas. Esto incluye 47 hectáreas de la finca propia y una porción de pasto comunal. Durante seis meses, los animales tienen acceso a 23 hectáreas de este pasto comunal, por lo que se estima que contribuye con 11,5 hectáreas/año al sistema. Aunque los animales no pastoreen en las tierras propias durante este período, la hierba que crece en esas hectáreas se cosecha y se almacena como heno y ensilado, que luego será consumido por el ganado cuando estén en las tierras de la explotación, por lo que esas hectáreas se consideran útiles durante todo el año.

Si se calcula por unidad funcional y cambiando las unidades, para adaptarlas al software, el resultado es el siguiente:

$$\frac{58,5 \text{ Ha/año}}{2070 \text{ kg carne al año}} \times \frac{10,000 \text{ m}^2}{1 \text{ Ha}} = 300 \text{ m}^2 \cdot \text{a} / \text{kg carne}$$

Captación de CO₂

En este proyecto se ha tenido en cuenta la captura de CO₂ que tiene lugar en el pasto actuando como sumidero. El proceso de fotosíntesis implica la utilización de energía solar para convertir el CO₂ y el agua en glucosa y oxígeno, lo que conlleva un impacto beneficioso sobre el medioambiente. La captación de CO₂ se calcula teniendo en cuenta que una hectárea de pasto absorbe 1,5 Tm de CO₂ al año (Conant et al., 2001):

$$\frac{1,5 \text{ TM CO}_2}{1 \text{ ha}} \times \frac{58,5 \text{ ha}}{1 \text{ año}} \times \frac{1000 \text{ kg CO}_2}{1 \text{ TM CO}_2} \times \frac{1000 \text{ g CO}_2}{1 \text{ kg CO}_2} \times \frac{1 \text{ año}}{2070 \text{ kg carne}} = 42390 \text{ kg CO}_2 / \text{kg carne}$$

Emisiones del ganado

En este subsistema se incluyen las emisiones gaseosas que produce el ganado vacuno de la ganadería analizada. Para realizar estas estimaciones se han utilizado los factores descritos por el Instituto Tecnológico de Energías Renovables de España. Según esta fuente, una cabeza de ganado vacuno emite al aire 6,05 kg de CO₂, 0,12 kg de CH₄ y 0,002 kg de NH₃ al día, por lo que para esta ganadería se estiman las siguientes emisiones por unidad funcional.:

$$\frac{6,05 \text{ kg CO}_2}{\text{animal/día}} \times 41 \text{ animales} \times \frac{365 \text{ días}}{1 \text{ año}} \times \frac{1 \text{ año}}{2070 \text{ kg carne}} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} = 43738,28 \text{ g CO}_2 / \text{kg carne}$$

$$\frac{0,12 \text{ kg CH}_4}{\text{animal/día}} \times 41 \text{ animales} \times \frac{365 \text{ días}}{1 \text{ año}} \times \frac{1 \text{ año}}{2070 \text{ kg carne}} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} = 867,54 \text{ g CH}_4 / \text{kg carne}$$

$$\frac{0,002 \text{ kg NH}_3}{\text{animal/día}} \times 41 \text{ animales} \times \frac{365 \text{ días}}{1 \text{ año}} \times \frac{1 \text{ año}}{2070 \text{ kg de carne}} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} = 14,46 \text{ g NH}_3 / \text{kg carne}$$

Emisiones purines

En este subsistema se incluyen las emisiones de amoníaco (NH₃) a la atmósfera y el amoniaco, fósforo y potasio que lixivian al suelo, procedentes de los purines y del estiércol (suma de los excrementos, orina, paja y agua) generados por el ganado vacuno de la ganadería.

En el año 2023 se generaron 15000 kg de estiércol, de los cuales un 40% se entregó a los vecinos para su uso como abono, por lo que este 40% no se incluye en los cálculos ya que es gestionado fuera del sistema analizado. Por tanto, se tendrán en cuenta los 9000 kg restantes, que se quedan para su uso como abono en la propia explotación.

Para realizar esta estimación se tuvo en cuenta que un kilogramo de purines + estiércol genera 3,08 g de N (Laca et al., 2021), que se convertirá en NH₃ (14 gramos de N generan 17 gramos de NH₃). Del total producido, un 20% se emite a la atmósfera, y un 20% lixivia al suelo (Iglesias, 1995).

Además, a partir de un kilogramo de purines + estiércol se producen 0,9 g de fósforo y 4,2 g de potasio. El suelo absorbe un 5% del fósforo (P) y un 35% del potasio (K) (Iglesias, 1995).

De acuerdo a estos datos, se obtienen los siguientes resultados:

Amoniaco (NH₃)

$$\frac{9000 \text{ kg estiércol y purines}}{1 \text{ año}} \times \frac{3,08 \text{ g N}}{1 \text{ kg estiércol y purines}} \times \frac{17 \text{ g NH}_3}{14 \text{ g N}} \times \frac{1 \text{ año}}{2070 \text{ kg/c carne}} = 16,26 \text{ g NH}_3 / \text{kg carne}$$

$$16,26 \text{ g NH}_3 / \text{kg carne} \times 0,2 = 3,25 \text{ g NH}_3 \text{ al aire} / \text{kg carne}$$

De igual forma, del total de amoniaco generado se emiten 3,25 g NH₃ al suelo / kg carne

Fósforo (P)

$$\frac{9000 \text{ kg estiércol y purines}}{1 \text{ año}} \times \frac{0,9 \text{ g P}}{1 \text{ kg estiércol y purines}} \times \frac{1 \text{ año}}{2070 \text{ kg/c carne}} = 3,91 \text{ g P} / \text{kg carne}$$

$$3,91 \text{ g P} / \text{kg carne} \times 0,05 = 0,20 \text{ g P al suelo} / \text{kg carne}$$

Potasio (K)

$$\frac{9000 \text{ kg estiércol y purines}}{1 \text{ año}} \times \frac{4,2 \text{ g K}}{1 \text{ kg estiércol y purines}} \times \frac{1 \text{ año}}{2070 \text{ kg/c carne}} = 18,26 \text{ g K} / \text{kg carne}$$

$$18,26 \text{ g K / kg carne} \times 0,35 = 6,39 \text{ g P al suelo / kg carne}$$

Emisiones del diésel

Para la estimación de las emisiones a la atmósfera derivadas del uso de diésel, se ha considerado que un litro de diésel equivale a 35,9 MJ (EPA, 2024). También se han considerado los valores por defecto del Informe de Directrices de IPCC de 2006 para los gases de efecto invernadero para los vehículos utilizados en agricultura, con los que se estimaron las siguientes emisiones (Panel Intergubernamental del Cambio Climático, 2006):

Tabla 3.2: Valores por defecto para los gases de efecto invernadero para los vehículos utilizados en agricultura (Panel Intergubernamental del Cambio Climático, 2006).

Compuesto	Valor por defecto agricultura
CO ₂	74.100 (kg/TJ)
CH ₄	4,15 (kg/TJ)
N ₂ O	28,6 (kg/TJ)

CO₂

$$\frac{74100 \text{ kg CO}_2}{1 \text{ TJ}} \times \frac{1 \text{ TJ}}{10^{12} \text{ J}} \times \frac{10^6 \text{ J}}{1 \text{ MJ}} \times \frac{35,9 \text{ MJ}}{1 \text{ L diésel}} \times \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ m}^3}{832 \text{ kg diésel}} \times \frac{2080 \text{ kg diésel}}{\text{año}} \times \frac{1 \text{ año}}{2070 \text{ kg carne}} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} = 3210 \text{ g CO}_2/\text{kg carne}$$

CH₄

$$\frac{4,15 \text{ kg CH}_4}{1 \text{ TJ}} \times \frac{1 \text{ TJ}}{10^{12} \text{ J}} \times \frac{10^6 \text{ J}}{1 \text{ MJ}} \times \frac{35,9 \text{ MJ}}{1 \text{ L diésel}} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ m}^3}{832 \text{ kg diésel}} \times \frac{2080 \text{ kg diésel}}{\text{año}} \times \frac{1 \text{ año}}{2070 \text{ kg carne}} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} = 0,18 \text{ g CH}_4/\text{kg carne}$$

N₂O

$$\frac{28,6 \text{ kg N}_2\text{O}}{1 \text{ TJ}} \times \frac{1 \text{ TJ}}{10^{12} \text{ J}} \times \frac{10^6 \text{ J}}{1 \text{ MJ}} \times \frac{35,9 \text{ MJ}}{1 \text{ L diésel}} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ m}^3}{832 \text{ kg diésel}} \times \frac{2080 \text{ kg diésel}}{\text{año}} \times \frac{1 \text{ año}}{2070 \text{ kg carne}} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} = 1,24 \text{ g N}_2//\text{kg carne}$$

Para las emisiones de CO, HC, NO_x y PM se considera el valor máximo permitido por la Unión Europea para vehículos pesados, con lo que se estimaron las siguientes emisiones (Resitoglu et al., 2005):

Tabla 3.3: Valores máximos permitidos para vehículos pesados (Resitoglu et al., 2005).

Compuesto	Valor máximo permitido por la Unión Europea para vehículos pesados
CO	1,5 (g/kWh)
HC	0,13 (g/kWh)
NOx	0,4 (g/kWh)
PM	0,01 (g/kWh)

CO

$$\frac{1,5 \text{ g CO}}{1 \text{ kWh}} \times \frac{10 \text{ kWh}}{1 \text{ L}} \times \frac{10^3 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ m}^3}{832 \text{ kg diésel}} \times \frac{2080 \text{ kg diésel}}{\text{año}} \times \frac{1 \text{ año}}{2070 \text{ kg carne}} = 18,12 \text{ g CO/kg carne}$$

HC

$$\frac{0,13 \text{ g HC}}{1 \text{ kWh}} \times \frac{10 \text{ kWh}}{1 \text{ L}} \times \frac{10^3 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ m}^3}{832 \text{ kg diésel}} \times \frac{2080 \text{ kg diésel}}{\text{año}} \times \frac{1 \text{ año}}{2070 \text{ kg carne}} = 1,57 \text{ g HC /kg carne}$$

NOx

$$\frac{0,4 \text{ g NO}_x}{1 \text{ kWh}} \times \frac{10 \text{ kWh}}{1 \text{ L}} \times \frac{10^3 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ m}^3}{832 \text{ kg diésel}} \times \frac{2080 \text{ kg diésel}}{\text{año}} \times \frac{1 \text{ año}}{2070 \text{ kg carne}} = 4,83 \text{ g NO}_x / \text{kg carne}$$

PM

$$\frac{0,01 \text{ g PM}}{1 \text{ kWh}} \times \frac{10 \text{ kWh}}{1 \text{ L}} \times \frac{10^3 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ m}^3}{832 \text{ kg diésel}} \times \frac{2080 \text{ kg diésel}}{\text{año}} \times \frac{1 \text{ año}}{2070 \text{ kg carne}} = 0,12 \text{ g PM/ kg carne}$$

Emisiones de gasolina

Para la estimación de las emisiones a la atmósfera derivadas del uso de gasolina, se ha considerado que un litro de gasolina equivale a 32,56 MJ (EPA, 2024) y también los valores por defecto del Informe de Directrices de IPCC de 2006 para los gases de efecto invernadero para los vehículos utilizados en agricultura, mencionados anteriormente (Panel Intergubernamental del Cambio Climático, 2006):

CO₂

$$\frac{74100 \text{ kg CO}_2}{1 \text{ Tj}} \times \frac{1 \text{ Tj}}{10^{12} \text{ J}} \times \frac{10^6 \text{ J}}{1 \text{ MJ}} \times \frac{32,56 \text{ MJ}}{1 \text{ L gasolina}} \times \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ m}^3}{740 \text{ kg gasolina}} \times \frac{296 \text{ kg gasolina}}{\text{año}} \times \frac{1 \text{ año}}{2070 \text{ kg carne}} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} = 466,22 \text{ g CO}_2 / \text{kg carne}$$

CH₄

$$\frac{4,15 \text{ kg CH}_4}{1 \text{ Tj}} \times \frac{1 \text{ Tj}}{10^{12} \text{ J}} \times \frac{10^6 \text{ J}}{1 \text{ MJ}} \times \frac{32,56 \text{ MJ}}{1 \text{ L gasolina}} \times \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ m}^3}{740 \text{ kg gasolina}} \times \frac{296 \text{ kg gasolina}}{\text{año}} \times \frac{1 \text{ año}}{2070 \text{ kg carne}} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} = 0,026 \text{ g CH}_4 / \text{kg carne}$$

N₂O

$$\frac{28,6 \text{ kg } N_2O}{1 \text{ TJ}} \times \frac{1 \text{ TJ}}{10^{12} \text{ J}} \times \frac{10^6 \text{ J}}{1 \text{ MJ}} \times \frac{32,56 \text{ MJ}}{1 \text{ L gasolina}} \times \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ m}^3}{740 \text{ kg gasolina}} \times \frac{296 \text{ kg gasolina}}{\text{año}} \times \frac{1 \text{ año}}{2070 \text{ kg carne}} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} = 0,18 \text{ g } N_2O / \text{kg carne}$$

CO

$$\frac{1,5 \text{ g CO}}{1 \text{ kWh}} \times \frac{10 \text{ kWh}}{1 \text{ L}} \times \frac{10^3 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ m}^3}{740 \text{ kg gasolina}} \times \frac{296 \text{ kg gasolina}}{\text{año}} \times \frac{1 \text{ año}}{2070 \text{ kg carne}} = 2,90 \text{ g CO/kg carne}$$

HC

$$\frac{0,13 \text{ g HC}}{1 \text{ kWh}} \times \frac{10 \text{ kWh}}{1 \text{ L}} \times \frac{10^3 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ m}^3}{740 \text{ kg gasolina}} \times \frac{296 \text{ kg gasolina}}{\text{año}} \times \frac{1 \text{ año}}{2070 \text{ kg carne}} = 0,25 \text{ g HC/kg carne}$$

NO_x

$$\frac{0,4 \text{ g } NO_x}{1 \text{ kWh}} \times \frac{10 \text{ kWh}}{1 \text{ L}} \times \frac{10^3 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ m}^3}{740 \text{ kg gasolina}} \times \frac{296 \text{ kg gasolina}}{\text{año}} \times \frac{1 \text{ año}}{2070 \text{ kg carne}} = 0,77 \text{ g } NO_x/\text{kg carne}$$

PM

$$\frac{0,01 \text{ g PM}}{1 \text{ kWh}} \times \frac{10 \text{ kWh}}{1 \text{ L}} \times \frac{10^3 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ m}^3}{740 \text{ kg gasolina}} \times \frac{296 \text{ kg gasolina}}{\text{año}} \times \frac{1 \text{ año}}{2070 \text{ kg carne}} = 0,019 \text{ g PM/kg carne}$$

Otros

Se han considerado despreciables los siguientes elementos:

- Residuos: los envases de medicamentos, plásticos y similares son gestionados por COGERSA (Consortio para la Gestión de Residuos Sólidos de Asturias) como residuos sólidos municipales, y corresponden a un volumen ínfimo. En esta ganadería se generan aproximadamente 50 kg al año, lo que equivale a 0,02 kg de residuos/kg carne, por ello se considera despreciable.
- Los animales que mueren en el campo suelen encontrarse en áreas de difícil acceso, y se dejan ahí para servir como alimento para los buitres, lo cual está permitido, aunque en año 2023 no ha fallecido ningún animal en estas condiciones.
- Fármacos: debido a la certificación ecológica que tiene esta ganadería, el uso de fármacos está muy restringido, utilizándose únicamente antiparasitarios y antibióticos. En concreto, las cantidades consumidas el año de estudio, se indican en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4: Inventario de productos farmacológicos utilizados en la explotación

Fármaco	Principio activo	Consumo anual fármaco (ml)	Consumo actual principio activo (mg)	Consumo principio activo por UF (mg/kg carne)
Antibiótico "Oxilabicitina Retard"	Oxitetraciclina 2 mg/ml	400	800	0,39
Antiparasitario "Closamectin"	Ivermectina 5 mg/ml	1250	6250	3,02
	Closantel 200 mg/ml		250000	120,77

En la tabla 3.5 se muestra un resumen de los datos del inventario, organizados según los subsistemas considerados al realizar este estudio.

Tabla 3.5: Inventario de datos de la ganadería de estudio, expresados por unidad funcional (UF= 1 kg de carne IGP “Ternera Asturiana”)

ENTRADAS		
Ingesta	Agua (g)	
	Bebida	144590
	Limpieza	1450
	Total	146040
	Alimentación (kg)	
	Paja de cebada	3
	Hierba seca	3,01
	Pienso:	3,28
	*Cebada	1,41
	*Maíz	0,82
	*Guisante	0,59
	*Soja	0,23
	*Alfalfa	0,06
	*Girasol	0,05
	*Bicarbonato	0,05
Material	Material de cama - paja de trigo (g)	2220
Limpieza	Productos de limpieza (l)	0,033
	Hipoclorito sódico (g)	1,35
Consumos	Electricidad (kWh)	1,93
	Diesel (g)	1004,83
	Gasolina (g)	142,99
Uso de la tierra	Uso de la tierra (m2.a)	300
Captación de CO2	Captación CO2 (g)	42390
SALIDAS		
Ganado	Emisiones del ganado (g)	
	CO ₂	43738,28
	CH ₄	867,54
	NH ₃	14,46
	Purines (g)	
	*Emisiones aire (NH ₃)	3,25
	*Pérdidas lixiviación suelo	
	NH ₃	3,25
	P	0,2
	K	6,39
Combustible	Diesel:	
	CO ₂	3210
	CH ₄	0,18
	N ₂ O	1,24
	CO	18,12
	HC	1,57
	NO _x	4,83
	PM	0,12
	Gasolina:	
	CO ₂	466,22

CH ₄	0,026
N ₂ O	0,18
CO	2,9
HC	0,25
NO _x	0,77
PM	0,019

3.2.3.- Evaluación del impacto ambiental

Para llevar a cabo la evaluación de los diferentes impactos ambientales se utilizó el software SimaPro V.9.5, el cual incluye diferentes metodologías para realizar estudios de ACV. Para este TFM se ha empleado la metodología ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.13, recomendada en distintas publicaciones para la realización de estudios de ACV en el sector agroalimentario (Heinonen et al., 2016). Este método incluye 18 categorías de indicadores que aportan una amplia cobertura al estudio: calentamiento global, reducción de la capa de ozono, radiación ionizante, formación de ozono (salud humana), formación de partículas finas, formación de ozono (ecosistemas terrestres), acidificación terrestre, eutrofización de agua dulce, eutrofización de agua marina, ecotoxicidad terrestre, ecotoxicidad en agua dulce, ecotoxicidad marina, toxicidad humana carcinogénica, toxicidad humana no carcinogénica, uso de la tierra, agotamiento de recursos minerales, agotamiento de recursos fósiles y consumo de agua. Debe señalarse que estas categorías corresponden a un perfil ambiental cuantificando los efectos ambientales intermedios (“midpoints”), es decir, se ajustan mejor a la intervención y son las más utilizadas (Fernández, 2024).

Asimismo, para el análisis de la Huella de Carbono (HC) de la ganadería se empleó el método Greenhouse Gas Protocol V.1.03 del software SimaPro. Mediante esta metodología se obtiene el CO₂ eq. fósil (proviene de la combustión de combustibles fósiles), el CO₂ eq. biogénico (proviene de fuentes biológicas), el CO₂ eq. de transformación de la tierra y el CO₂ captado por las plantas durante su crecimiento. De acuerdo con la norma ISO 14067, en la HC de un determinado proceso o producto lo habitual es considerar únicamente el CO₂ fósil y biogénico, tal y como se ha hecho en el presente trabajo.

Las bases de datos empleadas fueron EcoInvent 3, Agri-footprint, ELCD, EU & DK Input Output Database, Industry data 2.0, Methods, Swiss Input Output Database y USLCI.

Finalmente, debe señalarse que, según el caso, los resultados han sido expresados de diferente forma (Fernández, 2024):

- Caracterización (obligatorio en las etapas de evaluación de impacto): una vez asignada cada sustancia del inventario a una o más categorías de impacto ambiental a través de la clasificación, se compara su valor con respecto a la sustancia de referencia de dicha categoría. Mediante los “factores de caracterización” para cada una de las categorías de impacto seleccionadas, los diferentes efectos ambientales se convierten en unidades del indicador, obteniéndose unidades equivalentes, que podrán sumarse para medir la contribución de las sustancias a la categoría de impacto.
- Normalización (opcional en las etapas de evaluación de impacto): conversión de los resultados de la caracterización a unidades globales neutras, dividiendo cada uno por un factor de normalización. A través de estos factores se representa el grado de contribución de cada categoría de impacto sobre el problema medioambiental local.
- Ponderación (opcional en las etapas de evaluación de impacto): conversión de los resultados de los valores caracterizados a una unidad común y sumable, multiplicándolos por su factor de ponderación. Posteriormente se suman todos ellos para obtener una puntuación única total del impacto ambiental del sistema.

4. Resultados y discusión

4.1.- Impactos ambientales

A partir de los datos recogidos en los inventarios de los distintos sistemas, se realizó la evaluación del impacto ambiental mediante la utilización del método ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.13. A partir de la gráfica de caracterización de este método, se obtiene información de la influencia relativa de los diferentes subsistemas analizados sobre cada una de las categorías de impacto (Figura 4.1)

En esta ganadería, cabe destacar la gran contribución que supone la alimentación de las vacas, representado en color amarillo, en la mayoría de las categorías de impacto ambiental. Destaca principalmente su contribución en las categorías de toxicidad humana carcinogénica (98,84%) y eutrofización marina (99,35%), en las cuales prácticamente es el único subsistema responsable del impacto ambiental en dichas categorías, especialmente debido a la harina de maíz que forma parte del pienso, y a la paja de cebada. Esto puede deberse al uso intensivo de productos químicos en la agricultura para la producción de piensos, y la gestión de los desechos.

Además, afecta también en más de un 75% en otras 8 categorías: ecotoxicidad terrestre, ecotoxicidad en agua dulce, ecotoxicidad marina, eutrofización de agua dulce, agotamiento de recursos minerales, consumo de agua, toxicidad humana no carcinogénica y reducción de la capa de ozono.

Por tanto, se puede afirmar que la alimentación es el subsistema de mayor impacto, tanto por el número de categorías en las que su aportación resulta significativa, como por ser la contribución mayoritaria en muchas de ellas.

Después de la alimentación, los subsistemas que más destacan en las diferentes categorías de impacto ambiental son la producción del diésel utilizado en la explotación (azul oscuro) y las emisiones del ganado (naranja).

El diésel impacta principalmente en el agotamiento de recursos fósiles (55,11%), lo cual es lógico dado que se produce a partir del petróleo, un recurso fósil finito. Aunque en menor medida, también impacta en la categoría de radiación ionizante (20,84%).

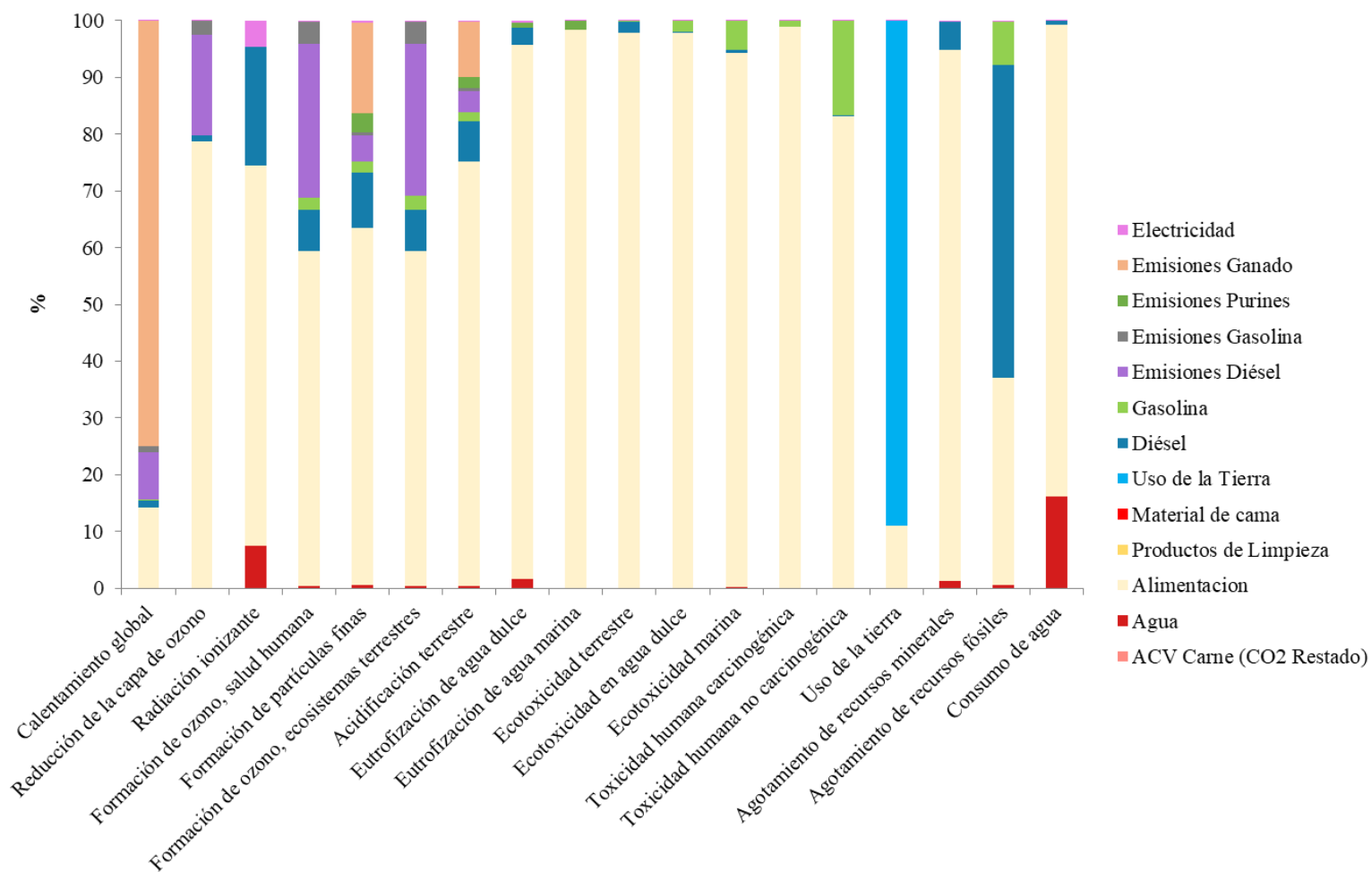


Figura 4.1. Resultados de caracterización de impactos ambientales asociados a la producción de 1 kg de carne IGP “Ternera Asturiana” según el método ReCiPe midpoint

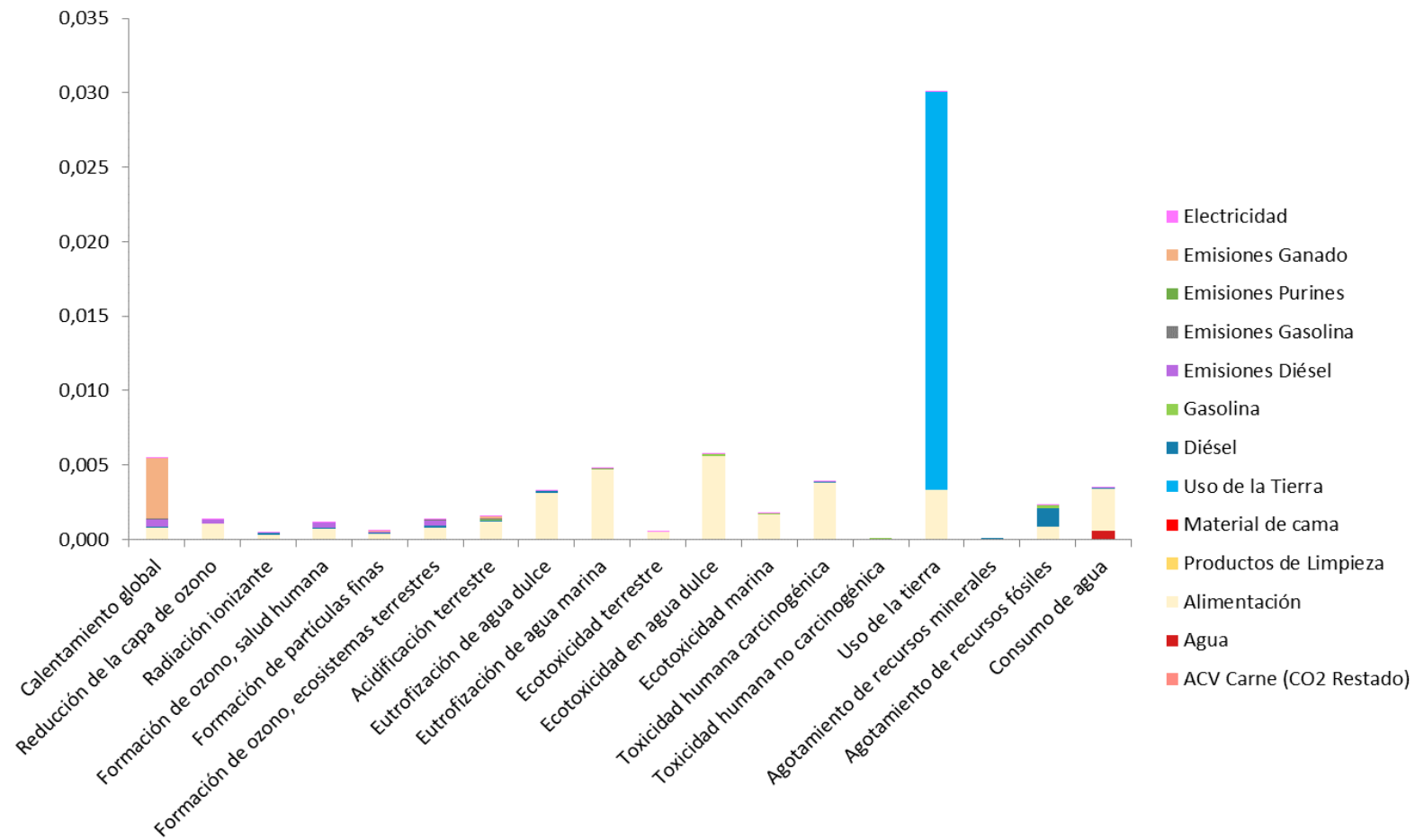
Por otro lado, las emisiones del ganado afectan principalmente al calentamiento global (74,91%), constituyendo el subsistema más relevante, ya que los rumiantes producen gases de efecto invernadero como resultado de la descomposición de carbohidratos de la dieta por los microorganismos del rumen, liberando metano (CH₄) a la atmósfera. Además, también tienen repercusión, aunque menos significativa en la formación de partículas finas (16,02%) y la acidificación terrestre (9,74%).

Seguidamente, el uso de la tierra, las emisiones del diésel y el agua son los siguientes subsistemas que impactan en el medio ambiente. El uso de la tierra afecta exclusivamente a la categoría de “uso de la tierra”, y las emisiones del diésel contribuyen principalmente a la formación de ozono, tanto en la categoría salud humana como en ecosistemas terrestres. El agua afecta mayoritariamente a la categoría “consumo de agua”, pero también a la radiación ionizante.

Finalmente, el resto de los subsistemas presentan una menor importancia, por lo que su contribución en relación al impacto total de la ganadería se podría considerar despreciable.

Una vez analizados los resultados de caracterización, se procede a realizar la normalización de éstos. La normalización es un análisis subjetivo, ya que emplea un factor de adimensionalización predefinido para cada una de las categorías, según el método empleado, permitiendo comparar la importancia de los impactos ocasionados en una categoría con las demás categorías.

A la vista de la Figura 4.2 de normalización obtenida con el método ReCiPe desde el punto de vista midpoint, la categoría de impacto más afectada por esta producción es el uso de la tierra, lo que resulta lógico ya que se trata de una explotación extensiva. Aunque con menor importancia, las dos siguientes categorías más afectadas, según los datos de normalización, son la ecotoxicidad en agua dulce y el calentamiento global.



Analizando 1 kg 'ACV Carne (CO2 Restado)'; Método: ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.08 / World (2010) H / Normalización

Figura 4.2. Resultados de normalización de impactos ambientales asociados a la producción de 1 kg de carne IGP “Ternera Asturiana” según el método ReCiPe midpoint

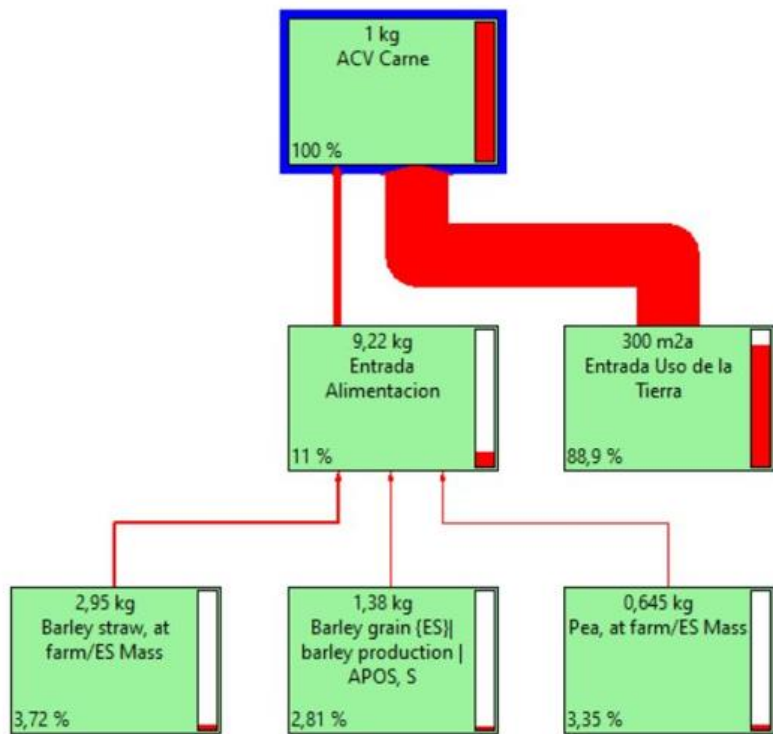


Figura 4.3. Árbol obtenido según el método ReCiPe midpoint para la categoría de impacto ambiental “uso de la tierra”. Valor de corte 2%

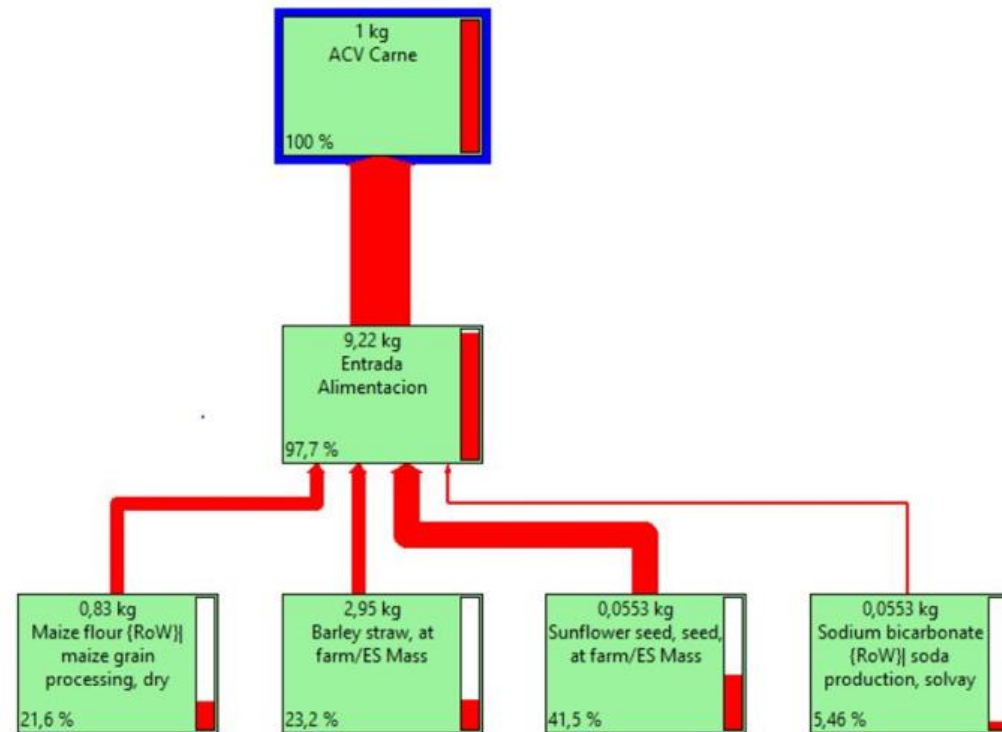


Figura 4.4. Árbol obtenido según el método ReCiPe midpoint para la categoría de impacto ambiental “ecotoxicidad en agua dulce”. Valor de corte: 5%

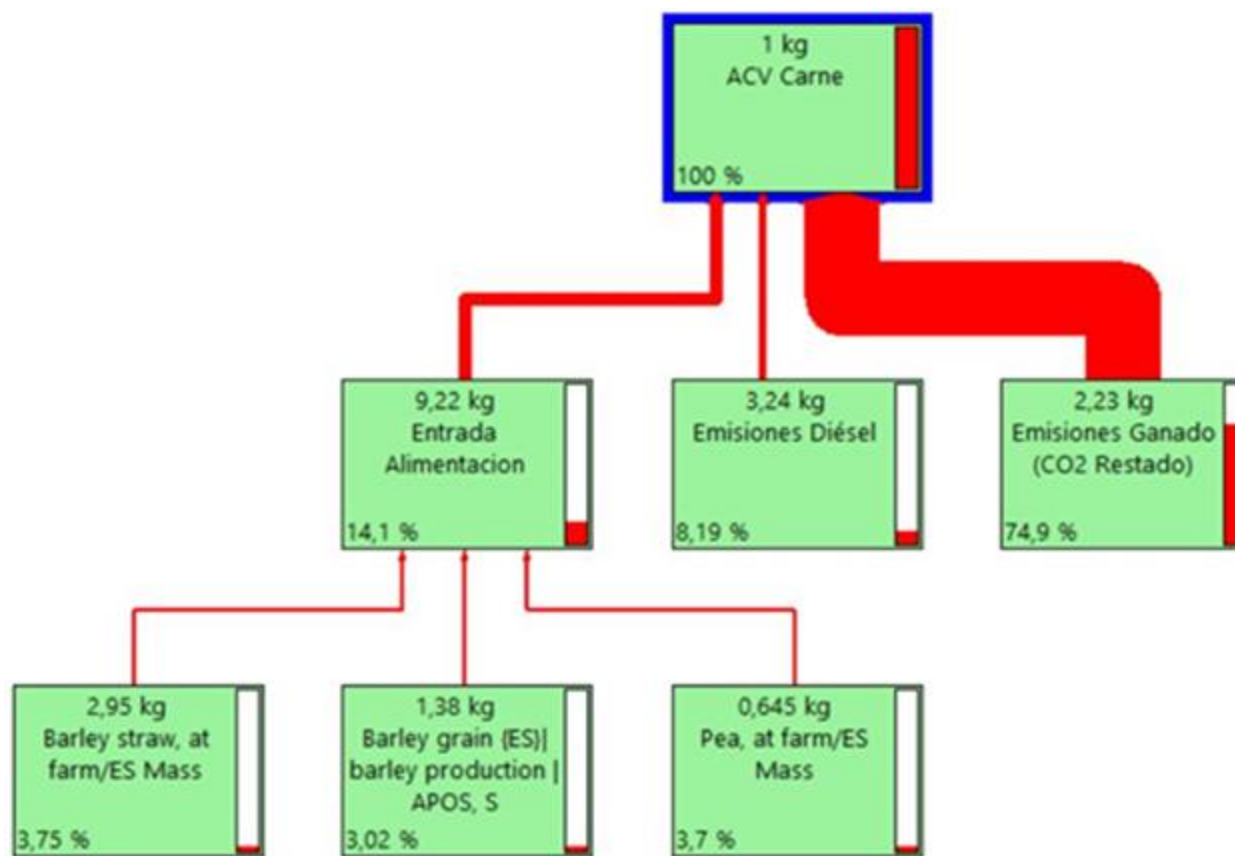


Figura 4.5. Árbol obtenido según el método ReCiPe midpoint para la categoría de impacto ambiental "calentamiento global". Valor de corte: 3%

En las Figuras 4.3, 4.4 y 4.5 se muestran los diagramas “de árbol” correspondientes a las categorías de impacto ambiental más afectadas, que como hemos mencionado, son “uso de la tierra”, “calentamiento global” y “ecotoxicidad en agua dulce”.

En la categoría “uso de la tierra”, como es lógico, el subsistema mayoritariamente implicado es el uso de la tierra que se hace en la explotación (88,9%), aunque la alimentación también contribuye al impacto de esta categoría (11%), ya que el cultivo de alimentos para el ganado también implica la utilización del suelo, con la consiguiente pérdida de biodiversidad (Figura 4.3).

El mayor impacto en la categoría de "ecotoxicidad en agua dulce" está vinculado con la alimentación del ganado, especialmente debido al uso de girasol como parte de su pienso. Este cultivo está estrechamente relacionado con el uso intensivo de agroquímicos, que pueden contribuir significativamente a la eutrofización y a la erosión del suelo durante su preparación.

Además, la paja de cebada y el maíz, que también forman parte del pienso, tienen repercusiones en esta categoría. Estos cultivos agrícolas también están frecuentemente tratados con pesticidas y fertilizantes que pueden filtrarse hacia el agua a través de la escorrentía, exacerbando los niveles de contaminación. Además, las emisiones industriales asociadas con la fabricación de piensos también contribuyen a este impacto ambiental. (Figura 4.4).

En la categoría de "calentamiento global", las emisiones del ganado son el subsistema más impactante, y se deben a la liberación de gas metano debido a su fermentación entérica. Seguidas a considerable distancia se encuentran la alimentación del ganado (específicamente, la paja de cebada y componentes del pienso como la cebada y los guisantes) y las emisiones del diésel, ya que son subsistemas que provocan directa o indirectamente emisiones de gases de efecto invernadero (Figura 4.5).

4.2.- Huella de carbono

Se realizó el análisis de la huella de carbono por unidad funcional en el sistema analizado (1 kg de carne certificada IGP), empleando los datos del inventario anteriormente descrito y utilizando el mismo software. Se aplicó el método Greenhouse Gas Protocol V1.03, que incluye 4 categorías de indicadores: CO₂ fósil, CO₂ biogénico, CO₂ procedentes de la transformación de la tierra y captación de CO₂, siendo las dos últimas de carácter no obligatorio en los estudios de huella de carbono, por lo que para este trabajo no se han tenido en cuenta para el cómputo final de la huella de carbono (ISO 14067:2013). La huella de carbono se expresa como CO₂ eq que es una unidad de medida universalmente utilizada que permite expresar en unidades de CO₂ todos los GEI, considerando su potencial de calentamiento global (Oficina Española de Cambio Climático – Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2024).

En la figura 4.6 se observa que la categoría más influyente en la huella de carbono es el CO₂ biogénico, con una aportación de 71 kg de CO₂ eq., de los cuales prácticamente la totalidad de las emisiones (99,35%) proceden del subsistema “emisiones del ganado”, ya que liberan GEI en su fermentación entérica (FAO, 2024).

En la categoría de CO₂ eq. fósil, que aporta 9 kg de CO₂ eq., el subsistema que más influye es la alimentación del ganado. Se debe mayoritariamente al cultivo de la cebada incluida en su alimentación, procedente de la paja y del pienso, y representa el 50,39 %. Las emisiones del diésel aportan un 39,47 %. Estos resultados están justificados por la utilización de combustibles fósiles para el cultivo y transporte de los alimentos y las emisiones producidas de la combustión del diésel.

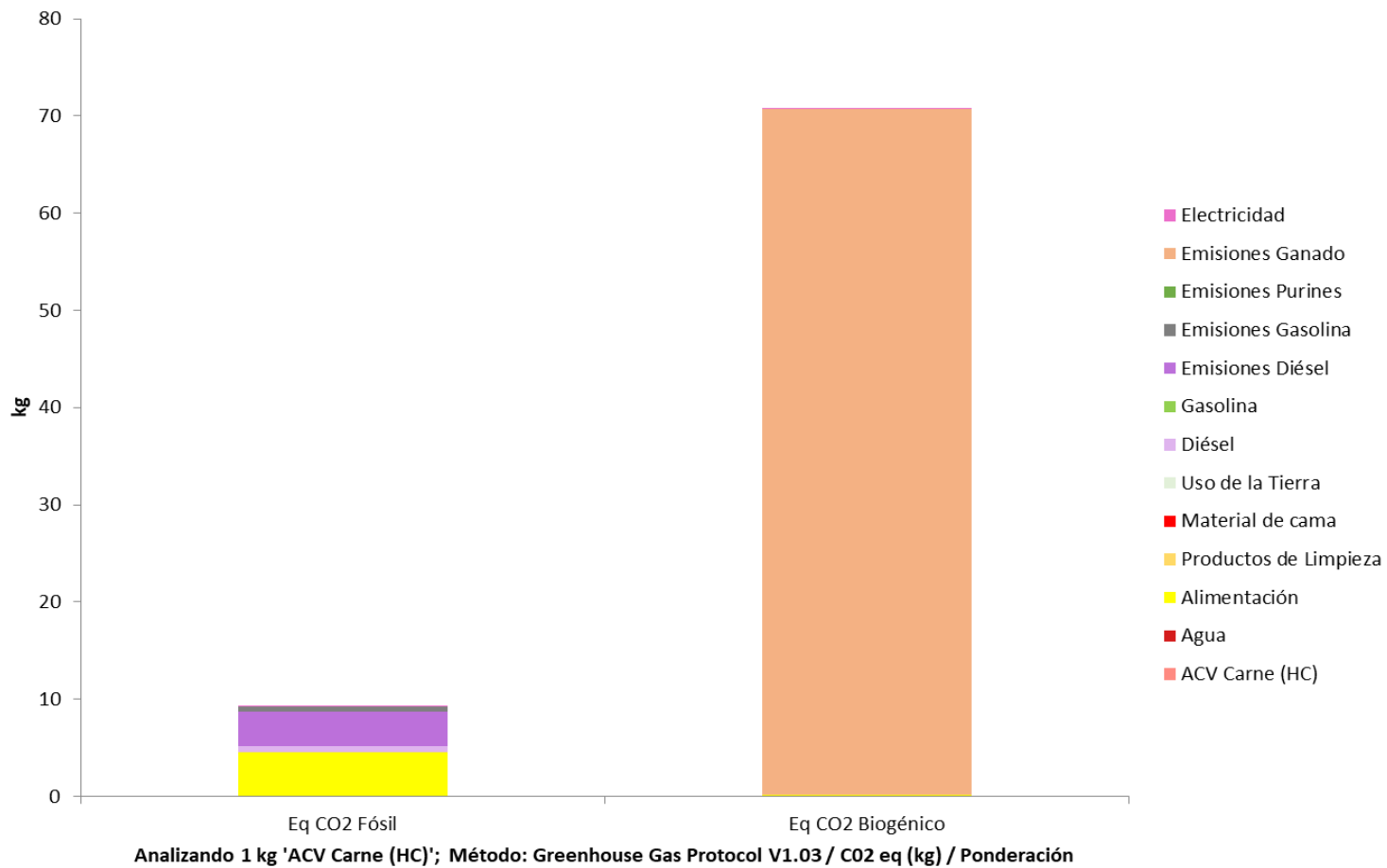


Figura 4.6. Resultados de ponderación de huella de carbono asociada a la producción de 1 kg de IGP “Terneira Asturiana” en la ganadería a estudio según el método Greenhouse Gas Protocol

Se obtienen los siguientes resultados para la huella de carbono por kg de IGP “Ternera Asturiana” de la ganadería a estudio:

- CO₂ eq. fósil: 9 kg de CO₂. eq. fósil por kg IGP “Ternera Asturiana”
- CO₂ eq. biogénico: 71 kg de CO₂ eq. biogénico por kg IGP “Ternera Asturiana”

Así pues, sumando estos valores, se obtiene que la huella de carbono de 1 kg IGP “Ternera Asturiana” es de 80 kg de CO₂ eq. Por tanto, podemos deducir que, en la ganadería de estudio, anualmente se generan 165000 kg de CO₂.eq.

4.3.- Interpretación de los resultados

Para poder comparar el dato de 80 kg de CO₂ eq. con otros estudios, y dado que se ha considerado este dato por kg de carne de "Ternera Asturiana", mientras que en la bibliografía se encuentra en base al kilogramo de canal o de peso vivo, es necesario realizar una serie de cálculos para convertirlo a las mismas unidades. Esto nos permitirá realizar una comparativa efectiva.

Como hemos mencionado, en la raza Asturiana de los Valles, el rendimiento de la canal es de aproximadamente el 63%. Esto significa que de cada 100 kg de peso vivo (PV), se obtienen 63 kg de canal, o lo que es lo mismo, del cuerpo del animal después de su sacrificio, sangrado, desollado, eviscerado, sin cabeza ni extremidades (figura 4.7)

El 70% de la canal es músculo, con lo que podemos afirmar que se obtiene el siguiente rendimiento:

$$\frac{63 \text{ kg de canal}}{100 \text{ kg PV}} \times \frac{70 \text{ kg de carne}}{100 \text{ kg de canal}} = 0,44 \text{ kg de carne / kg PV}$$

$$1 \text{ kg carne} \times \frac{1 \text{ kg PV}}{0,44 \text{ kg carne}} = 2,27 \text{ kg PV / kg carne}$$

Por tanto, 80 kg de CO₂ eq. /kg carne equivalen a:

$$\frac{80 \text{ kg CO}_2 \text{ eq}}{1 \text{ kg de carne}} \times \frac{1 \text{ kg de carne}}{2,27 \text{ kg de PV}} = 35,24 \text{ kg CO}_2 \text{ eq / kg PV}$$

$$\frac{80 \text{ kg CO}_2 \text{ eq}}{1 \text{ kg de carne}} \times \frac{70 \text{ kg de carne}}{100 \text{ kg de canal}} = 56 \text{ kg CO}_2 \text{ eq / kg de canal}$$



Figura 4.7. Canales de vacuno pertenecientes a la raza Asturiana de los Valles (ASEAVA, 2024)

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) publicó un estudio en 2017 sobre emisiones en ganado vacuno que informa que la emisión de gases de efecto invernadero por cada kilogramo de peso vivo de ganado vacuno es de aproximadamente 35,5 kg CO₂ equivalente (FAO, 2024).

En otra publicación denominada "Greenhouse Gas Emissions from Ruminant Supply Chains", la FAO menciona que se emiten 67,8 kg de CO₂ eq. por kilogramo de peso de la canal (FAO, 2024).

Estos resultados se alinean estrechamente con los obtenidos en este proyecto, donde se registró una emisión de aproximadamente 35 kg de CO₂ eq. por kilogramo de peso vivo y 56 kg CO₂ eq. por kilogramo de canal

Estas cifras sugieren una comparación favorable con las cifras globales reportadas por la FAO en sus publicaciones sobre emisiones en la cadena de suministro de rumiantes. Mientras que la FAO menciona una emisión media de 67,8 kg de CO₂ equivalente por kilogramo de peso de la canal, nuestro sistema reporta una emisión de solo 56 kg de CO₂ equivalente por kilogramo de canal. Esta diferencia indica que el

enfoque de la explotación considerada en la producción de carne de "Ternera Asturiana" resulta en menores emisiones de gases de efecto invernadero que las habituales en otras explotaciones. La reducción de 11,8 kg de CO₂ equivalente por kilogramo de canal representa un avance significativo hacia prácticas más sostenibles y ecológicas en la producción de carne, contribuyendo positivamente a la mitigación del cambio climático.

Es importante considerar que el sistema de producción estudiado se basa en métodos extensivos, lo que generalmente conlleva una mayor intensidad de emisiones por kilogramo de peso vivo en comparación con sistemas más intensificados. Esto se refleja en un mayor impacto ambiental por unidad de producto final, destacando la relevancia de las prácticas agrícolas y de manejo en la mitigación de emisiones.

Los resultados obtenidos sugieren que el ganadero que gestiona la explotación objeto de este estudio ha adoptado prácticas que resultan en una huella de carbono relativamente baja para su sistema de producción. La emisión de 56 kg de CO₂ equivalente por kilogramo de canal es significativamente inferior a los 67,8 kg reportados por la FAO, lo que indica una gestión eficiente y sostenible.

Sin embargo, siempre existe margen para mejorar la eficiencia ambiental, como cultivar ciertos alimentos que permitan una reducción en la necesidad de adquisiciones externas o adoptar tecnologías más sostenibles como vehículos eléctricos, energía solar y maquinaria agrícola eléctrica. También se pueden aplicar mejoras en la alimentación del ganado, adoptando dietas que reduzcan las emisiones de metano entérico, como por ejemplo incluyendo aditivos alimentarios específicos.

Estas mejoras potenciales podrían reducir aún más la huella de carbono, fortaleciendo la sostenibilidad económica y ambiental de la explotación ganadera.

5. Conclusiones

- En la explotación ganadera analizada, el subsistema que más impacto medioambiental causa es la alimentación del ganado, contribuyendo en alto porcentaje a la mayoría de las categorías, especialmente a las de toxicidad humana carcinogénica y eutrofización marina. En contraste, los subsistemas que generan un menor impacto son el material de cama y los productos de limpieza.
- Las emisiones del ganado son la principal contribución a la categoría calentamiento global, y por tanto a la huella de carbono, debido a la liberación de gases de efecto invernadero (GEI) como consecuencia de la fermentación entérica, característica de los rumiantes.
- Según los resultados de normalización, la categoría de impacto más afectada es el uso de la tierra, debido a la extensa área requerida para esta actividad ganadera.
- La huella de carbono de la producción estudiada es de 35 kg de CO₂ equivalente por kg de peso vivo de ganado vacuno IGP “Ternera Asturiana”, valor ligeramente inferior al indicado por la FAO para producción de carne de vacuno, lo que muestra que en la explotación analizada se están empleando adecuadas prácticas medioambientales.
- Algunas estrategias que podrían contribuir a reducir el impacto medioambiental de la explotación serían incrementar el cultivo de alimentos dentro de la propia explotación con el fin de reducir las necesidades de pienso, el empleo de vehículos y maquinaria agrícola eléctrica y el uso de aditivos alimentarios que reduzcan las emisiones del ganado.

6. Bibliografía y webgrafía

- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación):
<https://www.aenor.com/> (consultado 20/06/2024)
- ASEAVA (Asociación Española de Criadores de Ganado Vacuno Selecto de la Raza Asturiana de los Valles): <https://www.aseava.com/> (consultado 22/06/2024)
- Conant, R. T., Paustian, K., & Elliott, E. T. (2001). *Grassland management and conversion into grassland: Effects on soil carbon*. *Ecological Applications*, 11(2), 343-355.
- COPAE (Consejo de la Producción Agraria Ecológica del Principado de Asturias): <https://www.copaeastur.org/es/copae/> (consultado 23/06/2024).
- Deloitte: <https://www2.deloitte.com/> (consultado 21/06/2022).
- EcoEd: <https://www.ecoed.cl/> (consultado 20/06/2024)
- Envira: <https://www.envira.es/> (consultado 22/06/2024)
- EPA (Environmental Protection Agency):
<https://www.espanol.epa.gov/> (consultado 08/07/2024)
- Etip Bioenergy: <https://www.etipbioenergy.eu/> (consultado 26/06/2024)
- Eurofins Environment: <https://www.eurofins-environment.es/> (consultado 22/06/2024)
- European Commission:
<https://www.commission.europa.eu/eurostat/> (consultado 24/06/2024)
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations):
<https://www.fao.org/> (consultado 20/06/2024)
- Feo Parrondo, F. (2006). El sector cárnico en Asturias. *Estudios geográficos*, LXVII, 35-56
- Fernández, C. (2024). *Conceptos Básicos de Ecodiseño*. Ecoign. Unidad 4: Análisis de Ciclo de Vida y Costes.
- Fuentes García, F.C., Sánchez Sánchez, J.M., Gonzalo Abascal, C. (2006). *Tratado de etnología animal: razas de rumiantes y monogástricos*. Diego Marín Librero-Editor.
- Garibaldi et al. (2018) *Seguridad alimentaria, medio ambiente y nuestros hábitos de consumo*. *Ecol. Austral*, 28 (3).

- Haya Leiva, M. (2016). *Análisis de Ciclo de Vida*. Escuela de organización industrial.
- Heinonen, J., Säynäjoki, A., Junnonen, J.M., Pöyry, A. y Junnila, S (2016). *Pre-use phase LCA of a multi-story residential building: Can greenhouse gas emissions be used as a more general environmental performance indicator?* Building and Environment. Vol.95, (pp. 116-125).
- Iglesias. M, (1995). *El estiércol y las prácticas agrarias respetuosas con el medio ambiente*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Hojas divulgadoras Núm. 1/94 HD.
- International Organization for Standardization (2006). Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia (ISO 14040:2006)
- International Organization for Standardization (2018). Gases de efecto invernadero. Huella de carbono de productos. Requisitos y directrices para la cuantificación. (ISO 14067:2018)
- Laca. A., et al. (2021). *Environmental advantages of coproducing beef meat in dairy systems*. Environmental Technology.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2024). *Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización*. <https://cpage.mpr.gob.es/>
- ONU (Organización de las Naciones Unidas): <https://www.un.org/> (consultado 20/06/2024)
- Panel Intergubernamental del Cambio Climático: <https://www.ipcc.ch/> (consultado 24/06/2024)
- Panel Intergubernamental del Cambio Climático: <https://www.ipcc.ch/> (consultado 24/06/2024)
- SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry): <https://www.setac.org/> (consultado 20/06/2024)
- Sillero: <https://www.dsillero.com/> (consultado 25/06/2024)
- Statista: <https://www.es.statista.com/> (consultado 23/06/2024)
- Ternera Asturiana: <https://www.terneraasturiana.org/> (consultado 04-07-2024)