



Ganadería de Montaña
CATALUNYA
Proyecto AGROTERRITORI



Autores, por orden alfabético:

Miquel Andón, Assumpció Antón, Ariadna Bàllega, Erica Montemayor, Marta Ruiz

29 Abril 2022

Índice

Resumen ejecutivo	5
Glosario	7
1. Introducción	9
2. Objetivo y alcance	10
3. Inventarios.....	1847
3.1. Inventario Explotación 1 – Bovino de carne 1.....	1847
3.2. Inventario Explotación 2 – Bovino de carne 2.....	2049
3.3. Inventario Explotación 3 – Bovino y ovino de carne	2120
3.4. Inventario Explotación 4 – Ovino de carne 1	2322
3.5. Inventario Explotación 5 – Ovino de carne 2	2524
3.6. Inventario Explotación 6 – Caprino de leche 1.....	2625
3.7. Inventario Explotación 7 – Caprino de leche 2.....	2827
3.8. Calidad de los datos	3029
4. Análisis del impacto.....	3130
5. Interpretación	4039
6. Referencias.....	4342
ANEXO A. Indicador Biodiversidad	4847

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. VALORES DE LOS FACTORES DE EMISIÓN PARA LA PROVINCIA DE LLEIDA DE LA FERMENTACIÓN ENTÉRICA PARA CADA UNA DE LAS DIFERENTES CATEGORÍAS PRODUCTIVAS DE VACUNO Y OVINO DE CARNE, Y CAPRINO DE LECHE (MAPA, 2017).....	1413
TABLA 2. VALORES DE EXCRECIÓN PARA LA PROVINCIA DE LLEIDA DE VOLÁTILES SÓLIDOS (VS) Y DE NITRÓGENO (N_{TOTAL} Y N_{ORINA}) PARA CADA UNA DE LAS DIFERENTES CATEGORÍAS PRODUCTIVAS DE VACUNO Y OVINO DE CARNE, Y CAPRINO DE LECHE (MAPA, 2017).....	1514
TABLA 3. CATEGORÍAS DE IMPACTO Y UNIDADES EQUIVALENTES (EC, 2017).....	1716
TABLA 4. INVENTARIO DE LA EXPLOTACIÓN 1 (BOVINO DE CARNE) LOCALIZADA EN OBEIX, CATALUNYA.....	1817
TABLA 5. EDAD Y PESO DE LAS CATEGORÍAS PRODUCTIVAS DE LA EXPLOTACIÓN 1 (BOVINO DE CARNE) LOCALIZADA EN OBEIX, CATALUNYA.....	1918
TABLA 6. INVENTARIO DE LA EXPLOTACIÓN 2 (BOVINO DE CARNE) LOCALIZADA EN LLADORRE, CATALUNYA.....	2019
TABLA 7. EDAD Y PESO DE LAS CATEGORÍAS PRODUCTIVAS DE LA EXPLOTACIÓN 2 (BOVINO DE CARNE) LOCALIZADA EN LLADORRE, CATALUNYA.....	2120
TABLA 8. INVENTARIO DE LA EXPLOTACIÓN 3 (BOVINO Y OVINO DE CARNE) LOCALIZADA EN LLESÚ, CATALUNYA.....	2120
TABLA 9. EDAD Y PESO DE LAS CATEGORÍAS PRODUCTIVAS DE LA EXPLOTACIÓN 3 (BOVINO Y OVINO DE CARNE) LOCALIZADA EN LLESÚ, CATALUNYA.....	2322
TABLA 10. INVENTARIO DE LA EXPLOTACIÓN 4 (OVINO DE CARNE) LOCALIZADA EN ANÀS, CATALUNYA.....	2322
TABLA 11. EDAD Y PESO DE LAS CATEGORÍAS PRODUCTIVAS DE LA EXPLOTACIÓN 4 (OVINO DE CARNE) LOCALIZADA EN ANÀS, CATALUNYA.....	2423
TABLA 12. INVENTARIO DE LA EXPLOTACIÓN 5 (OVINO DE CARNE) LOCALIZADA EN CASTELLBÒ, CATALUNYA.....	2524
TABLA 13. EDAD Y PESO DE LAS CATEGORÍAS PRODUCTIVAS DE LA EXPLOTACIÓN 5 (OVINO DE CARNE) LOCALIZADA EN CASTELLBÒ, CATALUNYA.....	2625
TABLA 14. INVENTARIO DE LA EXPLOTACIÓN 6 (CAPRINO DE LECHE) LOCALIZADA EN LA NOU DE BERGUEDA, CATALUNYA.....	2625
TABLA 15. EDAD Y PESO DE LAS CATEGORÍAS PRODUCTIVAS DE LA EXPLOTACIÓN 6 (CAPRINO DE LECHE) LOCALIZADA EN LA NOU DE BERGUEDA, CATALUNYA.....	2726
TABLA 16. INVENTARIO DE LA EXPLOTACIÓN 7 (CAPRINO DE LECHE) LOCALIZADA EN VALÈNCIA D'ÀNEU, CATALUNYA.....	2827
TABLA 17. EDAD Y PESO DE LAS CATEGORÍAS PRODUCTIVAS DE LA EXPLOTACIÓN 7 (CAPRINO DE LECHE) LOCALIZADA EN VALÈNCIA D'ÀNEU, CATALUNYA.....	2928
TABLA 18. RESULTADOS DE LAS EMISIONES DE LAS 7 EXPLOTACIONES ANALIZADAS EN EL PRESENTE ESTUDIO CON RESPECTO A LA FERMENTACIÓN ENTÉRICA, EL PASTOREO Y LA GESTIÓN DE LAS DEYECCIONES GANADERAS.....	2928
TABLA 19. RATIO DE CALIDAD DE LOS DATOS. TE: REPRESENTATIVIDAD TECNOLÓGICA; G: REPRESENTATIVIDAD GEOGRÁFICA; TI REPRESENTATIVIDAD TEMPORAL; P: PRECISIÓN/INCERTIDUMBRE.....	3029
TABLA 20. RESULTADOS CARACTERIZADOS PARA LAS DIFERENTES CATEGORÍAS DE IMPACTO CORRESPONDIENTES A LAS 3 EXPLOTACIONES DE GANADO VACUNO.....	3130
TABLA 21. RESULTADOS CARACTERIZADOS PARA LAS DIFERENTES CATEGORÍAS DE IMPACTO CORRESPONDIENTES A LAS 2 EXPLOTACIONES DE GANADO OVINO.....	3231
TABLA 22. RESULTADOS CARACTERIZADOS PARA LAS DIFERENTES CATEGORÍAS DE IMPACTO CORRESPONDIENTES A LAS 2 EXPLOTACIONES DE GANADO CAPRINO.....	3332
TABLA 23. RESULTADOS CARACTERIZADOS PARA LAS DIFERENTES CATEGORÍAS DE IMPACTO CORRESPONDIENTES A PRODUCTOS CÁRNICOS DE BOVINO.....	3534
TABLA 24. RESULTADOS CARACTERIZADOS PARA LAS DIFERENTES CATEGORÍAS DE IMPACTO CORRESPONDIENTES A PRODUCTOS CÁRNICOS DE OVINO Y CAPRINO.....	3635
TABLA 25. RESULTADOS CARACTERIZADOS PARA LAS DIFERENTES CATEGORÍAS DE IMPACTO CORRESPONDIENTES A PRODUCTOS LÁCTEOS.....	3736
TABLA 26. RESUMEN ESTUDIOS PREVIOS DE IMPACTO AMBIENTAL CARNE BOVINO (ADAPTADO DE POORE Y NEMECEK 2018).....	4241
TABLA 27. RESUMEN ESTUDIOS PREVIOS DE IMPACTO AMBIENTAL CARNE OVINO Y CAPRINO A PUERTA DE GRANJA (ADAPTADO DE POORE Y NEMECEK 2018).....	4241

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. ESQUEMA Y ALCANCE DE LOS PROCESOS ANALIZADOS PARA LAS DIVERSES EXPLOTACIONES ESTUDIADAS 11

FIGURA 2. REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE LA CONTRIBUCIÓN DE LOS DIFERENTES PROCESOS EN CADA UNA DE LAS CATEGORÍAS AMBIENTALES PARA LAS TRES EXPLOTACIONES DE VACUNO. CC: CAMBIO CLIMÁTICO; EO: AGOTAMIENTO CAPA OZONO; RI: RADIACIÓN IONIZANTE, HUMANOS; FO: FORMACIÓN FOTOXIDANTES; MP: SALUD HUMANA, MICROPARTÍCULAS; SHNC : SALUD HUMANA, CUENTO. NO CÁNCER; SHC: SALUD HUMANA, CUENTO. CÁNCER; AC: ACIDIFICACIÓN; ED: EUTROFIZACIÓN AGUA DULCE; EM: EUTROFIZACIÓN MARINA; ET: EUTROFIZACIÓN TERRESTRE; EC: ECOTOXICIDAD AGUA DULCE; US: USO DEL SUELO; CA: CONSUMO AGUA; RF: AGOTAMIENTO RECURSOS MINERALES Y METALES; RM: AGOTAMIENTO RECURSOS FÓSILES ~~323~~1

FIGURA 3. REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE LA CONTRIBUCIÓN DE LOS DIFERENTES PROCESOS EN CADA UNA DE LAS CATEGORÍAS AMBIENTALES PARA LAS DOS EXPLOTACIONES DE OVINO. CC: CAMBIO CLIMÁTICO; EO: AGOTAMIENTO CAPA OZONO; RI: RADIACIÓN IONIZANTE, HUMANOS; FO: FORMACIÓN FOTOXIDANTES; MP: SALUD HUMANA, MICROPARTÍCULAS; SHNC : SALUD HUMANA, CUENTO. NO CÁNCER; SHC: SALUD HUMANA, CUENTO. CÁNCER; AC: ACIDIFICACIÓN; ED: EUTROFIZACIÓN AGUA DULCE; EM: EUTROFIZACIÓN MARINA; ET: EUTROFIZACIÓN TERRESTRE; EC: ECOTOXICIDAD AGUA DULCE; US: USO DEL SUELO; CA: CONSUMO AGUA; RF: AGOTAMIENTO RECURSOS MINERALES Y METALES; RM: AGOTAMIENTO RECURSOS FÓSILES ~~333~~2

FIGURA 4. REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE LA CONTRIBUCIÓN DE LOS DIFERENTES PROCESOS EN CADA UNA DE LAS CATEGORÍAS AMBIENTALES PARA LAS DOS EXPLOTACIONES DE CAPRINO DE LECHE. CC: CAMBIO CLIMÁTICO; EO: AGOTAMIENTO CAPA OZONO; RI: RADIACIÓN IONIZANTE, HUMANOS; FO: FORMACIÓN FOTOXIDANTES; MP: SALUD HUMANA, MICROPARTÍCULAS; SHNC : SALUD HUMANA, CUENTO. NO CÁNCER; SHC: SALUD HUMANA, CUENTO. CÁNCER; AC: ACIDIFICACIÓN; ED: EUTROFIZACIÓN AGUA DULCE; EM: EUTROFIZACIÓN MARINA; ET: EUTROFIZACIÓN TERRESTRE; EC: ECOTOXICIDAD AGUA DULCE; US: USO DEL SUELO; CA: CONSUMO AGUA; RF: AGOTAMIENTO RECURSOS MINERALES Y METALES; RM: AGOTAMIENTO RECURSOS FÓSILES ~~343~~3

FIGURA 5. REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE LAS CATEGORÍAS DE IMPACTO NORMALIZADAS Y PONDERADAS DE ACUERDO A LA METODOLOGÍA PEF (EC, 2017) PARA LAS DIFERENTES EXPLOTACIONES ~~393~~8

Resumen ejecutivo

El objetivo del presente estudio es llevar a cabo la cuantificación ambiental de diferentes escenarios propuestos por el proyecto CLIM'AGIL. Dichos escenarios incluyen la producción de carne de vacuno y ovino, y caprino carne y leche, en granjas ubicadas en la montaña transpirenaica.

El análisis ambiental se ha llevado a cabo en base a la herramienta de cuantificación Análisis de Ciclo de Vida, ACV. Este es un método de evaluación cuantitativa de los impactos ambientales de los productos, incidiendo en todos los aspectos ambientales que puedan, en último término, afectar la salud de los seres humanos, la calidad de los ecosistemas y/o el agotamiento de recursos naturales.

Se han analizado 7 explotaciones agropecuarias situadas en diversas comarcas transpirenaicas con diferentes tipos de especies animales (vacuno, ovino y caprino). Todas ellas son explotaciones de carácter extensivo donde los animales son alimentados básicamente de pasto. Dichas explotaciones corresponden a:

- i) Obeix, Pallars Jussà, explotación de bovino de carne de producción de pasteros destetados de raza Bruna con estabulación invernal y pastoreo principalmente de prado alpino y bojedas (*Buxus sempervirens*) con rosales silvestres (*Rosa canina*) y aulaga (*Genista scorpius*).
- ii) Lladorre, Pallars Sobirà, explotación de bovino de carne de ciclo cerrado de raza Bruna con estabulación invernal y pastoreo principalmente de prado alpino y robledales de roble albar (*Quercus petraea*), encinares (*Quercus ilex*) y fresnedas (*Fraxinus excelsior*).
- iii) Llesuí, Pallars Sobirà, explotación de bovino y ovino de carne de raza Bruna y Xisqueta con estabulación invernal y pastoreo principalmente de prado alpino y zonas arbustivas.
- iv) Anàs, Pallars Sobirà, explotación de ovino de carne de raza Xisqueta y Aranesa con estabulación invernal y pastoreo de prado alpino.
- v) Castellbò, Alt Urgell, explotación de ovino de carne de raza Barbarina con estabulación invernal y pastoreo principalmente de prado alpino y zonas arbustivas.
- vi) La Nou de Berguedà, Berguedà, explotación de caprino de leche de raza Alpina y cruzadas con estabulación nocturna y pastoreo de sotobosque.
- vii) València d'Àneu, Pallars Sobirà, explotación de caprino de leche de raza Pirenaica con pastoreo principalmente de prado alpino y robledales de roble pubescente (*Quercus pubescens*) y avellanadas (*Corylus avellana*).

Para llevar a cabo esta cuantificación de impacto ambiental los datos primarios propios de la actividad agrícola se han obtenido a partir de cuestionarios y entrevistas hechas a las propias explotaciones. Con relación a los datos secundarios, estos proceden de los valores por defecto proporcionados por bases de datos, siendo adaptados a las condiciones locales si así se requiere, por ejemplo, la electricidad.

Los resultados ambientales han mostrado la importancia de la alimentación animal en algunos casos y sobre todo de las emisiones (fermentación entérica, deyecciones del pastoreo y la estabulación, y la aplicación de estas deyecciones en campo) para la mayoría de las categorías de impacto ambiental en las 7 explotaciones, a pesar de la gran variabilidad entre la gestión de éstas. Estas emisiones están relacionadas con las categorías ambientales de cambio climático

(principalmente para las emisiones derivadas de la fermentación entérica) y la formación de micropartículas (principalmente por las emisiones de los animales durante el pastoreo y la aplicación en campo de las deyecciones ganaderas).

En cuanto a la comparación con los valores de la literatura, hace falta primero comentar que este no es un sector con muchos casos de estudio, especialmente en el caso de los derivados lácticos y segundo, destaca la alta variabilidad existente entre los diferentes estudios. Nos encontramos que los valores obtenidos en nuestro estudio se encuentran en línea con el rango de los valores europeos, ligeramente a la baja para el caso de ternera y ligeramente a la alta para el caso de cordero. Estas comparaciones se tienen que hacer con cautela, ya que no siempre se usan las mismas metodologías y cada explotación ganadera tiene sus particularidades específicas. Por ejemplo, la explotación 1 vende pasteros destetados para engorde y las explotaciones 2 y 3 venden los terneros ya directamente para sacrificio. También hay que tener en cuenta que nos encontramos en un escenario de producciones extensivas, donde la densidad de animales en el pastoreo es baja y, en consecuencia, un análisis enfocado a la eficiencia productiva condiciona los resultados. Es por este motivo que, aunque las metodologías de cuantificación de pérdida de biodiversidad se encuentran en desarrollo, se ha propuesto en este caso de estudio añadir indicadores de impacto ambiental complementarios (biodiversidad) para aumentar la comprensión de los impactos de la ganadería extensiva, y poder revelar compensaciones de este uso del suelo extensivo. En este caso, es precisamente el uso del suelo derivado de pastoreo el proceso que más contribuye en el impacto, debido a las grandes extensiones de superficie utilizadas por los animales de pastoreo extensivo o semiextensivo.

Cabe añadir que el análisis se hace teniendo en cuenta que estamos analizando un sistema productivo alimentario. Pero también se debe tener en cuenta que dicha actividad genera otras funciones no sólo producir alimento, funciones de conservación del territorio, paisajes, etc. Por el momento no existe un modelo que incluya estas funciones, por tanto, los valores absolutos obtenidos deberán servir para detectar qué punto podemos priorizar para mejorar, comprobar dichas mejoras y para comparar con sistemas de producción similares.

Por último, comentar que la metodología utilizada, Análisis de Ciclo de Vida, a pesar de ser la recomendada por las autoridades científicas y políticas, Comisión Europea, Programa Ambiental de las Naciones Unidas, Programa Ambiental de Ganadería de la FAO presenta todavía carencias metodológicas, en vías de mejora, es necesario, por lo tanto, ser cuidadosos en la interpretación de los valores absolutos y considerar los resultados presentados como un patrón prospectivo. Estudios como este contribuyen sin duda a este avance metodológico.

Glosario

AC: Acidificación

ACV: Análisis de Ciclo de Vida, LCA, (*Life Cycle Assessment*, por sus siglas en inglés)

AF: Factores de distribución de cargas (*Allocation Factor*, por sus siglas en inglés)

BBDD: Bases de datos

BMR: Ratio entre carne y leche (*Beef to Milk Ratio*, por sus siglas en inglés)

CA: Consumo de agua

CC: Cambio climático

CE: Comisión Europea (EC, *European Commission* en inglés)

CFC-11: Compuesto clorofluorocarbono CFCl₃, CFC-11

CTU: Unidades de casos tóxicos

DQR: Data Quality Requirements

EB: Energía Bruta

EC: Ecotoxicidad agua dulce

ED: Eutrofización agua dulce

EF: *Environmental Footprint*, Huella Ambiental

EM: Eutrofización marina

EO: Agotamiento capa Ozono.

EPD: *Environmental Product Declarations*, declaraciones de productos ambientales, son documentos voluntarios de una empresa u organización que quiera presentar información transparente sobre el impacto ambiental del ciclo de vida de sus productos y servicios.

FPCM: Fat Protein Corrected Milk, leche corregida en grasas y proteínas

GLAD: *Global LCA Data Access*, Iniciativa del Programa Ambiental de las Naciones Unidas

ET: Eutrofización terrestre

FO: Formación fotooxidantes

IDF: *International Dairy Federation*

IPCC: Panel Intergovernmental sobre Cambio Climático

ISO: International Organization for Standardization

kBq: Kilobecquerel, unidad de radioactividad

LEAP: Livestock Environmental Assessment Performance, Alianza sobre la Evaluación Ambiental y el Desempeño Ecológico de la Ganadería. FAO

MAPA: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación del Gobierno de España

MP: Salud humana, micropartículas

MS: materia seca

PCR: *Product Category Rules*, reglas de categoría de producto, reglas específicas de cálculo de huella ambiental desarrollado en el marco del sistema internacional EPD para declaraciones ambientales tipo III según la norma ISO 14025:2006.

PEF: *Product Environmental Footprint*

PEFCR: *Product Environmental Footprint Category Rules*, reglas de cálculo sectorial de acuerdo a la iniciativa de Huella Ambiental de Producto, (*Environmental Footprint* de la Comisión Europea)

RF: Agotamiento recursos fósiles

RI: Radiación ionizante

RM: Agotamiento recursos minerales y metales

SHnc: Salud humana, contaminantes no cancerígenos

SHc: Salud humana, contaminantes cancerígenos

UGM: Unidades de Ganado Mayor

US: Uso del suelo

1. Introducción

El presente estudio se enmarca en el proyecto CLIM'AGIL. El proyecto CLIM'AGIL tiene como objetivo promover la adaptación al cambio climático y la prevención y gestión de los riesgos en el sector ganadero de montaña transpirenaico recogiendo y sistematizando las innovaciones que ya se están llevando a cabo actualmente, permitiendo que estas dinámicas lleguen a un número creciente de ganaderos para favorecer una adaptación generalizada de los sistemas climáticos al cambio climático. Una cuantificación ambiental de acuerdo con las normativas oficiales existentes ayudará a un mejor conocimiento permitiendo la incorporación de una variable ambiental a la toma de decisiones de acuerdo con los objetivos del proyecto mencionado.

Se han analizado 7 explotaciones agropecuarias situadas en diversas comarcas transpirenaicas con diferentes tipos de especies animales (vacuno, ovino y caprino). Todas ellas son explotaciones de carácter extensivo o semiextensivo donde los animales son alimentados básicamente de pasto.

El análisis ambiental se ha llevado a cabo en base a la herramienta de cuantificación Análisis de Ciclo de Vida, ACV. Éste es un método de evaluación cuantitativa de los impactos ambientales de los productos, incidiendo en todos los aspectos ambientales que puedan, en último término, afectar la salud de los seres humanos, la calidad de los ecosistemas y/o el agotamiento de recursos naturales. El objetivo final es la detección de los puntos ambientalmente débiles de la cadena de producción con el fin de aportar alternativas y valorar soluciones. Los estudios previos que lo han aplicado avalan la metodología, mostrando que la herramienta ACV reúne las características de objetividad y transparencia para llevar a cabo los estudios de cuantificación ambiental. Los estudios de ACV utilizan como marco de referencia la metodología definida en las ISO (ISO-14040, 2006). Sin embargo, este marco referencial deja abiertos ciertos criterios que hay que consensuar y definir en función de los sectores productivos. En este sentido, a partir de la política europea de mercado único y en el marco de la iniciativa de la Huella ambiental del producto, la Comisión Europea ha consensuado unas reglas de cálculo de huella ambiental, *Product Environmental Footprint*, PEF (EC, 2013), y la iniciativa privada *Environdec* (EPD, 2019) ha desarrollado reglas específicas de cálculo de huella ambiental. Para el caso de productos lácteos, se han desarrollado tanto la PEF CR Dairy Products (European Commission, 2018) como PCR Dairy Products 1.0 (EPD, 2021). El hecho de no disponer aún de la PEF CR ha hecho que nos basásemos en la PEF CR general, así como en borradores existentes de la potencial PEF CR carne y en la PCR propia de Environdec (PCR - Meat of mammals) a los que IRTA ha tenido acceso. Igualmente, la iniciativa *Livestock Environmental Assessment and Performance Partnership* (LEAP) dependiente de la FAO ha creado varias guías para ayudar en la evaluación ambiental de la ganadería (FAO 2020, FAO 2019, etc.). Se seguirán en este estudio los criterios establecidos en estas guías.

2. Objetivo y alcance

Objetivo: cuantificar la huella ambiental en base a la herramienta Análisis de Ciclo de Vida, ACV, de la producción de carne de vacuno, ovino y caprino de leche en comarcas transpirenaicas en sistemas productivos extensivos.

Producto: carne de vacuno, ovino y caprino de leche.

Modelización: en el presente trabajo se realizará un ACV atribucional, esto significa llevar a cabo una contabilidad ambiental del sistema tal cual, sin asumir potenciales consecuencias (propio de los ACV consecuenciales) de la adaptación en este sistema de otros procesos que se pudieran derivar de ciertas decisiones. Por ejemplo, la sustitución de una alimentación basada principalmente en pasto y una menor complementación nutritiva con concentrados en comparación a una alimentación exclusiva de forrajes y concentrados, implicará cambios en potenciales usos del suelo, aumento rendimientos, aumento importación, etc; analizar las consecuencias ambientales de estos potenciales escenarios formaría parte de un ACV consecencial.

Distribución de cargas ambientales: En el presente estudio se ha realizado una asignación de cargas para los diversos coproductos en cada una de las explotaciones analizadas, siguiendo las pautas marcadas en las normativas respectivas. Para el caso de los productos lácteos en la granja de caprino de leche, la distribución de cargas se realiza normalmente mediante las reglas de asociación de la PEFCR *Dairy Products*, apartado 5.8.2 (European Commission, 2018). En este sentido, se ha seguido la jerarquía de decisiones recomendada por la Guía PEF 2013 (EC, 2013) de acuerdo con la norma ISO 14044 (I.S.O., 2006) y se ha utilizado el método de asignación biofísica propuesto por la *International Dairy Federation* (IDF, 2015), que calcula el factor de asignación de la leche cruda de la siguiente manera (Ec. 1)(Ecuación-1):

$$AF = 1 - 6.04 \times BMR \quad (\text{Ec. 1})$$

Siendo,

BMR, la ratio entre la leche y la carne producida que se calcula como $M_{\text{meat}}/M_{\text{milk}}$, donde M_{meat} es la masa en peso vivo de todos los animales vendidos, incluidos los terneros y los animales para sacrificio por año, y M_{milk} es la masa de leche corregida en grasas y proteínas (Fat Protein Corrected Milk, FPCM) vendida por año (corregida al porcentaje de grasas y proteínas de la leche de la explotación en cuestión).

La FPCM se calcula con la siguiente ecuación(Ec. 2)(Ecuación-2):

$$FPCM \left(\frac{kg}{año} \right) = \text{Producción} \left(\frac{kg}{año} \right) \times (0.1226 \times \text{Grasas}\% + 0.0776 \times \text{Proteína}\% + 0.2534) \quad (\text{Ec. 2})$$

En nuestro caso el BMR supera el valor del 3% en las 2 explotaciones de caprino de leche analizadas, de manera que en este caso se debe utilizar la metodología establecida por Nemecek & Thoma (2020) (Ecuación 3):

$$AF_{\text{leche}} = \frac{NE_{\text{leche}} * M_{\text{leche}}}{NE_{\text{leche}} * M_{\text{leche}} + NE_{\text{carne}} * M_{\text{carne}}} \quad (\text{Ec. 3})$$

Siendo,

NE_{leche} : energía neta necesaria para producir 1 kg de FPCM.

NE_{carne} : energía neta necesaria para producir 1 kg de peso vivo.

M_{leche} y M_{carne} : producción de leche y carne (incluyendo los animales de desvieje vendidos) en kg.

De esta manera se obtiene la asignación de cargas entre los productos cárnicos y lácteos. Finalmente, se ha utilizado el contenido de materia seca (*dry matter*) de cada uno de los productos lácteos fabricados siguiendo la recomendación de la propia PEFCR de productos lácteos (European Commission, 2018) con el fin de distribuir las cargas entre estos productos. El contenido de materia seca de los diferentes productos se ha obtenido del Ministerio de Hacienda y Función Pública (MAPA, n.d.) .

En cuanto al caso de la carne, actualmente no existe una PEFCR específica para dicho sector. Por este motivo, se han seguido las reglas descritas en la guía LEAP *Environmental performance of large ruminant supply chains* (FAO, 2016), que concluyen en una distribución de cargas en base a una distribución económica entre los diferentes coproductos (apartado 9.2, figura 10). En este sentido, la clave de asignación económica es la relación entre los ingresos del coproducto de interés y los ingresos totales de la actividad.

Unidad funcional: escogeremos como unidad de análisis o unidad funcional el kg de peso vivo para los animales para venta o sacrificio y kg de producto en el caso de los derivados lácteos.

Localización: producción en diferentes comarcas transpirenaicas (Pallars Sobirà, Pallars Jussà, Alt Urgell i Berguedà).

Límites sistema: Los límites del sistema se establecen en base a lo que se conoce como “*cradle to farm-gate*” (cuna a la puerta de granja). La evaluación ambiental se enfoca principalmente en el análisis ambiental de diversas explotaciones de las comarcas transpirenaicas, se hará, por tanto, especial incidencia en la recolección de datos primarios, propios, de estas explotaciones, considerándose datos secundarios los relativos a los procesados incluidos “aguas arriba” (ej. Producción de energía, fabricación de piensos, transporte) (Figura 1). Queda excluido, por tanto, procesos externos a la explotación como matadero, procesamiento, logística, comercialización del producto, consumo y tratamiento al final de la vida útil de los envases utilizados y residuos producidos por este consumo.

Período de análisis: datos medios de producción 2020-2021 más datos secundarios variables temporalmente.

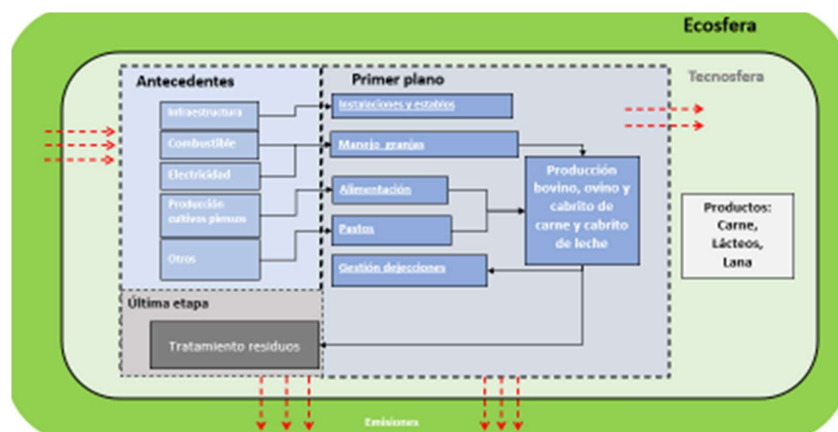


Figura 1. Esquema y alcance de los procesos analizados para las diversas explotaciones estudiadas

Datos: los datos primarios propios de la actividad ganadera se han obtenido a partir de entrevistas con los granjeros. En relación a los datos secundarios, estos proceden de los valores por defecto proporcionados por las bases de datos Ecoinvent Database v3.6 (Wernet et al., 2016) y Agribalyse (Agribalyse, n.d.) , siendo adaptadas a las condiciones locales si así se requiere (ej, transporte, electricidad), e identificadas oportunamente en la sección inventario.

Cálculo Emisiones:

Los factores de emisión de las categorías productivas mencionadas en las [Tabla 1](#)~~Tablas 1~~

Tabla 2-y-2 se han extraído del documento de *Bases Zootécnicas para el cálculo del balance alimentario de nitrógeno y de fósforo en ovino* (MAPA, 2017). Debido a las similitudes entre el ganado ovino y caprino se consideran los mismos factores de emisión para las dos especies.

También forma parte del inventario el cálculo de las correspondientes emisiones debidas a:

- i) Fermentación entérica: Emisiones de metano en el aire calculadas de acuerdo al IPCC 2019 Tier III para el caso de bovino y Tier II para ovino y caprino (IPCC, 2019) basadas en factores de emisión según tipo y número de animales, y la ingesta de Energía Bruta (EB) teniendo en cuenta datos específicos nacionales para la ingesta total de Materia Seca (MS) y la digestibilidad del pasto y los piensos.
- ii) Pasto, almacenamiento y gestión de deyecciones: emisiones de amonio, metano y óxido de dinitrógeno, calculadas de acuerdo EEA 2019 (EMEP/EEA, 2019) e IPCC 2019 (IPCC, 2019).
 - Por metano en el aire se considera IPCC Tier II que se calcula con información detallada sobre las características del estiércol y el pastoreo (calculados en función de la ingesta bruta de energía y la digestibilidad de los piensos y del pasto) y las prácticas de gestiones de estiércol (valores predeterminados en función de la gestión que aplique en cada caso).
 - Por óxido de dinitrógeno el aire se considera IPCC Tier II, que tiene en cuenta la cantidad total de excreción de nitrógeno en cada tipo de sistema de gestión de estiércol y pastoreo y un factor de emisiones correspondiente a dichos sistemas (valores por defecto en función de la gestión que aplique en cada caso), utilizando datos específicos nacionales.
 - Para el cálculo de emisiones de amonio el aire se sigue EMEP/EEA Tier II (EMEP/EEA, 2019), requiriendo número de animales, tasas de excreción total de nitrógeno (calculadas según las directrices del IPCC); proporción de nitrógeno excretado en el pasto, la estabulación y las deyecciones ganaderas pertinentes; proporción de nitrógeno excretado como nitrógeno amoniacal total (TAN) y proporción del lugar de excreción; cantidad de estiércol manipulados; uso del lecho para animales; sistema de almacenamiento de estiércol; fertilizantes nitrogenados repartidos por los campos.

Tabla 1. Valores de los factores de emisión para la provincia de Lleida de la fermentación entérica para cada una de las diferentes categorías productivas de vacuno y ovino de carne, y caprino de leche (MAPA, 2017)

Categorías productivas	Factor E. F. Entérica (Kg CH ₄ animal ⁻¹ día ⁻¹)
Vacuno de carne en pastoreo	
Ternero/a lactancia (0-6 meses)	0,067
Ternero/a reposición/sacrificio (0,5-1 año)	0,159
Añojo macho reposición (1-2 años)	0,245
Añojo hembra reposición (1-2 años)	0,205
Novilla reposición (2-3 años)	0,241
Macho reproductor (> 2 años)	0,266
Vaca nodriza reproductora (> 3 años)	0,237
Ovino de carne en pastoreo	
Cordero lactancia (<1 mes)	0,000
Cordero Pascual (<3 meses)	0,016
Semental joven (3-12 meses)	0,016
Semental (> 1 año)	0,027
Oveja reposición (3-12 meses)	0,016
Oveja 1a cubrición (1-2 años)	0,015
Oveja adulta (> 2 años)	0,025
Caprino de leche	
Cabrillo lactancia (0-2 meses)	0,000
Cabrillo/a sacrificio (2-3,5 meses)	0,016
Cabrillo reposición (2-12 meses)	0,016
Macho reposición (1-2 años)	0,027
Macho reproductor (> 2 años)	0,027
Cabra reposición (1-2 años)	0,015
Cabra adulta (> 2 años)	0,025

Tabla 2. Valores de excreción para la provincia de Lleida de Volátiles Sólidos (VS) y de nitrógeno (N_{total} y N_{orina}) para cada una de las diferentes categorías productivas de vacuno y ovino de carne, y caprino de leche (MAPA, 2017)

Categorías productivas	Excreción VS (Kg VS animal ⁻¹ día ⁻¹)	N excretado total (Kg N animal ⁻¹ día ⁻¹)	N excretado orina (Kg N animal ⁻¹ día ⁻¹)
Vacuno de carne en pastoreo			
Ternero/a lactancia (0-6 meses)	0,15	0,098	0,090
Ternero/a reposición/sacrificio (0,5-1 año)	2,61	0,108	0,062
Añojo macho reposición (1-2 años)	4,78	0,228	0,145
Añojo hembra reposición (1-2 años)	3,66	0,179	0,115
Novilla reposición (2-3 años)	4,63	0,227	0,147
Macho reproductor (> 2 años)	5,54	0,286	0,190
Vaca nodriza reproductora (> 3 años)	4,51	0,212	0,134
Ovino de carne en pastoreo			
Cordero lactancia (<1 mes)	0,01	0,003	0,003
Cordero Pascual (<3 meses)	0,36	0,006	0,002
Semental joven (3-12 meses)	0,36	0,006	0,002
Semental (> 1 año)	0,48	0,020	0,013
Oveja reposición (3-12 meses)	0,36	0,006	0,002
Oveja 1a cubrición (1-2 años)	0,21	0,013	0,009
Oveja adulta (> 2 años)	0,44	0,012	0,006
Caprino de leche			
Cabrito lactancia (0-2 meses)	0,01	0,003	0,003
Cabrito/a sacrificio (2-3,5 meses)	0,36	0,006	0,002
Cabrito reposición (2-12 meses)	0,36	0,006	0,002
Macho reposición (1-2 años)	0,48	0,020	0,013
Macho reproductor (> 2 años)	0,48	0,020	0,013
Cabra reposición (1-2 años)	0,36	0,013	0,009
Cabra adulta (> 2 años)	0,44	0,012	0,006

Calidad de los datos: de acuerdo a las directrices PEF (EC, 2017) en el estudio se han adoptado cuatro criterios para evaluar la calidad de los datos utilizados: i) representatividad tecnológica, T_e ; ii) representatividad geográfica, G ; iii) representatividad temporal T_i ; y iv) precisión/incertidumbre, P . Las tres primeras evalúan la representatividad del dato utilizado en relación con los conceptos correspondientes; para el cuarto criterio se tendrá en cuenta la precisión en relación a la manera de obtener el dato, esto es medido, calculado, estimado, y la potencial incertidumbre. Cada criterio se valora en la escala 1 a 5, siendo 1 muy buena calidad y 5 muy pobre. La calidad global de los datos, Q , se calcula con la media de calidad alcanzada para cada uno de los criterios de calidad **(Ec 4)** **(Ecuación. 4)**.

$$Q = \frac{T_e + G + T_i + P}{4} \quad (\text{Ec } 4)$$

Categorías de impacto: los modelos de evaluación de impacto y correspondientes unidades equivalentes han sido los recomendados en el marco de la iniciativa Product Environmental Footprint de la CE (EC, 2017), EF method 3.0, en su versión v1.00 adaptado al software SIMAPRO. Por la importancia de que la categoría de impacto de Biodiversidad, y porque la citada iniciativa

Con formato: Fuente:

Con formato: Fuente: Negrita, No revisar la ortografía ni la gramática

aún no dispone de una categoría consensuada, se dedicará una sección específica (anexo B) basándonos en las recomendaciones de la guía LEAP (FAO; LEAP, 2020) y el correspondiente método recomendado por UNEP (Joliet et al 2018) para su aplicación en los estudios de ACV (Chaudhary & Brooks, 2018). La **Tabla 3** recoge las categorías de impacto evaluadas, las unidades, una breve explicación de cada categoría, así como el método de cálculo utilizado para el desarrollo del modelo utilizado. Asimismo, se procederá a la normalización y ponderación de las categorías de impacto siguiendo el criterio de dicha iniciativa.

Software: el software SimaPro 9.1.1.7 es utilizado para llevar a cabo la cuantificación ambiental (PRéConsultants, 2020).

Tabla 3. Categorías de impacto y unidades equivalentes (EC, 2017)

Categoría de impacto	Siglas	Unidad	Breve explicación
Cambio climático	CC	kg CO ₂ eq	La tierra devuelve la energía solar absorbida en forma de radiación térmica. Parte de esta radiación es absorbida por los gases existentes en la atmósfera provocando el calentamiento del planeta. Para la caracterización del impacto se emplea el modelo desarrollado por el IPCC, utilizando el CO ₂ como unidad equivalente a la que se referencia el potencial de calentamiento del resto de los gases con efecto invernadero.
Agotamiento capa Ozono	EO	kg CFC-11 eq	La disminución de la capa de ozono presente en la estratosfera provoca un incremento de la cantidad de radiación ultravioleta que llega a la superficie de la tierra. Estas radiaciones son causa de un aumento de algunas enfermedades en humanos, afectan a los ecosistemas y la agricultura. El modelo utilizado se basa en los potenciales de agotamiento de los diferentes gases implicados y definidos por la WMO, utilizando el CFC-11 como unidad equivalente.
Radiación ionizante, humanos	RI	kBq U235 eq	La radiación ionizante es radiación formada por fotones o partículas que al interactuar con la materia cambian el perfil de átomos que la componen, ionizándola, que en último término pueden afectar a la salud humana. Se utiliza kBq de Uranio 235 como unidad equivalente de las diferentes emisiones involucradas.
Formación fotooxidantes	FO	kg NMVOC eq	Bajo la influencia de la luz solar los óxidos de nitrógeno reaccionan con los compuestos orgánicos volátiles para producir ozono troposférico. Este puede resultar perjudicial para la salud humana, los ecosistemas y los propios cultivos.
Salud humana, cont. no cáncer.	SHnc	CTU _{h,nc}	Potenciales efectos que sobre la salud de los humanos tienen las emisiones de los diferentes contaminantes, el indicador utilizado es unidades de casos tóxicos, CTU, con efecto no cancerígeno y sí cancerígeno respectivamente).
Salud humana, cont. cáncer.	SHc	CTU _{h,nc}	
Salud humana, micropartículas	MP	DALY	Cuantificación del impacto de muerte prematura o discapacidad que sobre la población tienen las micropartículas, PM, utilizando como referencia PM _{2.5} . Incluye la valoración de PM primarias (PM ₁₀ y PM _{2.5}) y secundarias (creación de PM secundario debido a las emisiones de SO _x , NO _x y NH ₃) y CO.
Acidificación	AC	molc H ⁺ eq	La acidificación se produce principalmente por las emisiones al aire de NH ₃ , NO ₂ y SO _x . Las unidades equivalentes de dichas emisiones se expresan en moles de carga (moles H ⁺) por unidad de masa emitida
Eutrofización agua dulce	ED	kg P eq	El incremento de macronutrientes en los ecosistemas puede conducir a un aumento de la producción de biomasa no deseada y que en último término puede llevar a unas condiciones anaerobias en los sistemas acuáticos con el consecuente daño ambiental derivado. Los modelos de indicadores utilizados para cuantificar este daño se basan en la expresión del grado en que los nutrientes emitidos llegan al compartimento final (superación de la carga crítica de macronutrientes por eutrofización terrestre, el fósforo considerado como factor limitante en el agua dulce y el nitrógeno considerado como factor limitante en el agua marina).
Eutrofización marina	EM	kg N eq	
Eutrofización terrestre	ET	molc N eq	
Ecotoxicidad agua dulce	EC	CTU _e	Potenciales efectos tóxicos sobre los ecosistemas acuáticos de las sustancias tóxicas existentes en el ambiente. Se contabilizan como fracción de especies potencialmente afectadas por cada unidad de volumen y tiempo expresado como unidades de casos tóxicos, CTU _e .
Uso del suelo	US	Pt	Basado en el impacto sobre la calidad del suelo teniendo en cuenta diferentes índices relacionados con servicios ecosistémicos: erosión, producción biótica, recarga aguas subterráneas y filtración mecánica
Consumo agua	CA	m ³ eq	Definido como el agua disponible por unidad de área (país o cuenca hidrográfica) que queda tras restar el consumo de agua de los humanos y requerimiento ambiental para mantener los ecosistemas. Este índice se normaliza con relación a una media mundial, lo que da idea del grado de riesgo para cada área en particular.
Agotamiento recursos fósiles	RF	MJ	Disminución de la disponibilidad de recursos fósiles.
Agotamiento recursos minerales y metales	RM	kg Sb eq	Disminución de la disponibilidad de recursos naturales. Utilizándose como recurso referencia el antimonio.

3. Inventarios

A continuación, se presentan los inventarios de las 7 explotaciones analizadas (*iError! No se encuentra el origen de la referencia. Tablas 4, Tabla 6, Tabla 8, 8, Tabla 10-10, Tabla 12, 12, Tabla 14, 14, Tabla 16 y 16*) así como las especificaciones relativas a la edad y el peso de las categorías productivas de los animales (*Tabla 5, Tablas 5, Tabla 7, 7, Tabla 9, 9, Tabla 11, 11, Tabla 13, 13, Tabla 15, 15, Tabla 17 y 17*). Asimismo, se incluyen los resultados de las emisiones asociadas a la fermentación entérica, las deyecciones durante el pasto y la estabulación, las provenientes del almacenamiento de estiércol y la posterior aplicación en campo (*Tabla 18, Tabla 18*).

Descripción de las explotaciones:

Explotación 1: Obeix, Pallars Jussà, explotación de bovino de carne de producción de pasteros destetados de raza Bruna con estabulación invernal y pastoreo principalmente de prado alpino y bojedas (*Buxus sempervirens*) con rosales silvestres (*Rosa canina*) y aulaga (*Genista scorpius*).

Explotación 2: Lladorre, Pallars Sobirà, explotación de bovino de carne de ciclo cerrado de raza Bruna con estabulación invernal y pastoreo principalmente de prado alpino y robledales de roble albar (*Quercus petraea*), encinares (*Quercus ilex*) y fresnedas (*Fraxinus excelsior*).

Explotación 3: Llesuí, Pallars Sobirà, explotación de bovino y ovino de carne de raza Bruna y Xisqueta con estabulación invernal y pastoreo principalmente de prado alpino y zonas arbustivas.

Explotación 4: Anàs, Pallars Sobirà, explotación de ovino de carne de raza Xisqueta y Aranesa con estabulación invernal y pastoreo de prado alpino.

Explotación 5: Castellbò, Alt Urgell, explotación de ovino de carne de raza Barbarina con estabulación invernal y pastoreo principalmente de prado alpino y zonas arbustivas.

Explotación 6: La Nou de Berguedà, Berguedà, explotación de caprino de leche de raza Alpina y cruzadas con estabulación nocturna y pastoreo de sotobosque.

Explotación 7: València d'Àneu, Pallars Sobirà, explotación de caprino de leche de raza Pirenaica con pastoreo principalmente de prado alpino y robledales de roble pubescente (*Quercus pubescens*) y avellanadas (*Corylus avellana*).

3.1. Inventario Explotación 1 – Bovino de carne 1

Tabla 4. Inventario de la Explotación 1 (bovino de carne) localizada en Obeix, Catalunya.

Explotación 1	Valor	Unidades
RENDIMIENTO, Ternero/a Peso vivo para engorde	0,195	tonelada/animal
RENDIMIENTO, Vaca Peso vivo para carne	0,600	tonelada/animal
RENDIMIENTO, Toro Peso vivo para carne	1,050	tonelada/animal
Productos		
Nº Terneros/as para engorde	85	p/explotación
Coproductos		
Vaca Peso vivo para carne	8,4	tonelada/explotación
Toro Peso vivo para carne	0,5	tonelada/explotación
Recursos naturales		
Ocupación suelo, área ocupada por animales	4200000	m ² /explotación
Ocupación suelo, resto explotación	300400	m ² /explotación
Flujo productos		
Nº animales	175	p/explotación
Lecho, paja	10	tonelada/explotación
Lecho, viruta de madera	5	tonelada/explotación

Con formato: Fuente: 11 pto, Negrita,

Con formato: Fuente: +Cuerpo (Calibri), 11 pto,

Con formato: Fuente: 11 pto, Negrita,

Con formato: Fuente: 11 pto, Negrita,

Con formato: Fuente: 11 pto, Negrita,

Con formato: Fuente: 11 pto, Negrita,

Con formato: Fuente: 11 pto,

Con formato: Fuente: 11 pto, Negrita, , Revisar la ortografía y la gramática

Con formato: Fuente: 11 pto,

Con formato: Fuente: 11 pto, Negrita,

Con formato: Fuente: 11 pto, Negrita,

Con formato: Fuente: 11 pto, Negrita,

Con formato: Fuente: 11 pto, Negrita,

Con formato: Fuente: 11 pto, Negrita,

Con formato: Fuente: 11 pto,

Con formato: Fuente: 11 pto, Negrita,

Con formato: Fuente: 11 pto, Negrita,

Compra macho reproductor (anual)	0,4	p/explotación
Fertilizantes		
Estiércol sólido	300000	kg/explotación
Nutrición animal		
Pastoreo		
Prado alpino	2800000	m ²
Bosque y matorral	1200000	m ²
Cultivos		
Prado de corte para henificar	300000	m ²
Complementos		
Tacos de alfalfa	10	tonelada/explotación
Paja	19,2	tonelada/explotación
Heno producido en la explotación	425	tonelada/explotación
Productos de plástico		
Bigbags	7,5	kg/explotación
Balas de plástico	234,6	kg/explotación
Infraestructuras		
Edificación para animales	1000	m ²
Edificación para maquinaria y otros	800	m ²
Estercolero	14	m ²
Energía		
Gasóleo	463200	MJ/explotación
Electricidad		
Electricidad, iluminación	0	kWh/explotación
Agua		
Agua de fuentes naturales	1228	m ³
Transporte		
Transporte de tacos de alfalfa	1770	tkm/explotación
Transporte paja	1168	tkm/explotación
Transporte macho reproductor	7,8	tkm/explotación
Transporte a la gestión de residuos	1,2	tkm/explotación
TOTAL camión	2947	tkm/explotación
TOTAL vehículo ligero	1,2	tkm/explotación
Residuos		
Vertedero	242,1	kg/explotación
Incineración	405,4	kg/explotación
Compostaje	0	kg/explotación
Digestión anaeróbica	0	kg/explotación
Reciclaje	0	kg/explotación

Tabla 5. Edad y peso de las categorías productivas de la Explotación 1 (bovino de carne) localizada en Obeix, Catalunya.

Categorías productivas	Nº animales	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	Edad inicial a Edad final (días)
Ternero/a lactancia (0-6 meses)	105	43,75	195	0 a 182
Ternero/a reposición/sacrificio (0,5-1 año)	16	195	490	182 a 365
Añojo macho reposición (1-2 años)	0	490	1050	365 a 730
Añojo hembra reposición (1-2 años)	15	490	557,95	365 a 730
Novilla reposición (2-3 años)	14	557,95	600	730 a 1095
Macho reproductor (> 2 años)	4	1050	1050	>730
Vaca nodriza reproductora (> 3 años)	126	600	600	>1095

3.2. Inventario Explotación 2 – Bovino de carne 2

Tabla 6. Inventario de la Explotación 2 (bovino de carne) localizada en Lladorre, Catalunya.

Explotación 2	Valor	Unidades
RENDIMIENTO, Ternero/a Peso vivo para carne	0,600	tonelada/animal
RENDIMIENTO, Vaca Peso vivo para carne	0,600	tonelada/animal
RENDIMIENTO, Toro Peso vivo para carne	1,050	tonelada/animal
Productos		
Terneros/as Peso vivo para carne	21	tonelada/explotación
Coproductos		
Vaca Peso vivo para carne	1,8	tonelada/explotación
Toro Peso vivo para carne	0,3	tonelada/explotación
Recursos naturales		
Ocupación suelo, área ocupada por animales	2609105	m ² /explotación
Ocupación suelo, resto explotación	156095	m ² /explotación
Flujo productos		
Nº animales	101	p/explotación
Lecho, paja	0,5	tonelada/explotación
Fertilizantes		
Estiércol sólido	3,156	tonelada/explotación
Gallinaza	29	tonelada/explotación
Nutrición animal		
Pastoreo		
Prado alpino	1828330	m ²
Bosque	783570	m ²
Cultivos		
Prado de corte para henificar	156000	m ²
Complementos		
Heno producido en la explotación	221	tonelada/explotación
Productos de plástico		
Balas de plástico y otros	300	kg/explotación
Infraestructuras		
Edificación para animales	205	m ²
Edificación para maquinaria y otros	95	m ²
Energía		
Gasóleo	38600	MJ/explotación
Electricidad		
Electricidad (red)	10	kWh/explotación
Electricidad (paneles fotovoltaicos)	52	kWh/explotación
Agua		
Agua de fuentes naturales	577	m ³
Transporte		
Transporte gallinaza	4640	tkm/explotación
Transporte paja	60	tkm/explotación
Transporte a la gestión de residuos	9,6	tkm/explotación
TOTAL camión	4700	tkm/explotación
TOTAL vehículo ligero	9,6	tkm/explotación
Residuos		
Vertedero	0	kg/explotación
Incineración	149,2	kg/explotación
Compostaje	0	kg/explotación
Digestión anaeróbica	0	kg/explotación
Reciclaje	300	kg/explotación

Tabla 7. Edad y peso de las categorías productivas de la Explotación 2 (bovino de carne) localizada en Lladorre, Catalunya.

Categorías productivas	Nº animales	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	Edad inicial a Edad final (días)
Ternero/a lactancia (0-6 meses)	40	43,75	350	0 a 182
Ternero/a reposición/sacrificio (0,5-1 año)	39	350	600	182 a 365
Añojo macho reposición (1-2 años)	0,25	600	1050	365 a 730
Añojo hembra reposición (1-2 años)	4	600	650	365 a 730
Novilla reposición (2-3 años)	3	650	650	730 a 1095
Macho reproductor (> 2 años)	2	1050	1050	>730
Vaca nodriza reproductora (> 3 años)	52	650	650	>1095

3.3. Inventario Explotación 3 – Bovino y ovino de carne

Tabla 88. Inventario de la Explotación 3 (bovino y ovino de carne) localizada en Llesú, Catalunya.

Explotación 3	Valor	Unidades
RENDIMIENTO, Ternero/a Peso vivo para carne	0,550	tonelada/animal
RENDIMIENTO, Vaca Peso vivo para carne	0,600	tonelada/animal
RENDIMIENTO, Toro Peso vivo para carne	1,050	tonelada/animal
RENDIMIENTO, Cordero/a Peso vivo para carne	0,025	tonelada/animal
RENDIMIENTO, Oveja Peso vivo para carne	0,055	tonelada/animal
RENDIMIENTO, Carnero Peso vivo para carne	0,065	tonelada/animal
RENDIMIENTO, Lana	0,0013	tonelada/animal
Productos		
Terneros/as Peso vivo para carne	28,6	tonelada/explotación
Corderos/as Peso vivo para carne	4,1	tonelada/explotación
Coproductos		
Vaca Peso vivo para carne	3,6	tonelada/explotación
Toro Peso vivo para carne	0,3	tonelada/explotación
Oveja Peso vivo para carne	0,9	tonelada/explotación
Carnero Peso vivo para carne	0,020	tonelada/explotación
Lana	0,36	tonelada/explotación
Recursos naturales		
Ocupación suelo, área ocupada por animales	3443200	m ² /explotación
Ocupación suelo, resto explotación	357880	m ² /explotación
Flujo productos		
Nº animales Bovino	125	p/explotación
Nº animales Ovino	277	p/explotación
Compra macho reproductor (anual)	0,25	p/explotación
Fertilizantes		
Purín bovino	133,6	m ³ /explotación
Estiércol bovino	120,75	tonelada/explotación
Estiércol ovino	33,25	tonelada/explotación
Nutrición animal		
Pastoreo		
Prado alpino	2220000	m ²
Bosque	1222300	m ²

Cultivos		
Prado de corte y otros	357700	m ²
Complementos		
Heno producido en la explotación	64,82	tonelada/explotación
Silo producido en la explotación	34,5	tonelada/explotación
Avena y veza		
Pienso ecológico engorde para terneros/as	0,360	tonelada/explotación
Maíz	0,121	tonelada/explotación
Cebada 11,3% PB	0,086	tonelada/explotación
Harina de soja 44% PB	0,015	tonelada/explotación
Harina extracción semilla colza 00	0,029	tonelada/explotación
DDGS maíz	0,022	tonelada/explotación
Gluten feed 19% PB	0,036	tonelada/explotación
Cascarilla soja	0,036	tonelada/explotación
Aceite de palma	0,005	tonelada/explotación
Sal	0,001	tonelada/explotación
Bicarbonato sódico	0,002	tonelada/explotación
Carbonato cálcico	0,005	tonelada/explotación
Corrector vitamínico/mineral	0,001	tonelada/explotación
Pienso	6,640	tonelada/explotación
Cebada	1,461	tonelada/explotación
Maíz	1,660	tonelada/explotación
Trigo	1,660	tonelada/explotación
Harina de soja 48%	1,461	tonelada/explotación
Salvado de trigo	0,166	tonelada/explotación
Aceite de palma	0,066	tonelada/explotación
Corrector vitamínico	0,166	tonelada/explotación
Productos de plástico		
Balas de plástico y otros	200	kg/explotación
Infraestructuras		
Edificación para animales	900	m ²
Edificación para maquinaria y otros	180	m ²
Tanque purín	53	m ³
Energía		
Gasóleo	77200	MJ/explotación
Electricidad		
Electricidad, iluminación	2224,05	kWh/explotación
Agua		
Agua de fuentes naturales y red	697	m ³
Transporte		
Transporte macho reproductor	5,3	tkm/explotación
Transporte pienso y otros	69710	tkm/explotación
Transporte animales muertos	4,3	tkm/explotación
Transporte a la gestión de residuos	1,51	tkm/explotación
TOTAL camión	69719,5	tkm/explotación
TOTAL vehículo ligero	1,51	tkm/explotación
Residuos		
Vertedero	0	kg/explotación
Incineración	213,9	kg/explotación
Compostaje	0	kg/explotación
Digestión anaeróbica	0	kg/explotación
Reciclaje	302	kg/explotación

Tabla 9. Edad y peso de las categorías productivas de la Explotación 3 (bovino y ovino de carne) localizada en Llesú, Catalunya.

Categorías productivas	Nº animales	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	Edad inicial a Edad final (días)
Ternero/a lactancia (0-6 meses)	60	43,75	256	0 a 182
Ternero/a reposición/sacrificio (0,5-1 año)	58	256	550	182 a 365
Añojo macho reposición (1-2 años)	0	550	1050	365 a 730
Añojo hembra reposición (1-2 años)	6	550	600	365 a 730
Novilla reposición (2-3 años)	6	600	600	730 a 1095
Macho reproductor (> 2 años)	1	1050	1050	>730
Vaca nodriza reproductora (> 3 años)	54	650	650	>1095
Corderos				
Cordero lactancia (<1 mes)	192	3,15	12	0 a 30
Cordero Pascual (<3 meses)	190	12	25	30 a 75
Semental joven (3-12 meses)	0,3	25	65	75 a 365
Semental (> 1 año)	3	65	65	> 365
Oveja reposición (3-12 meses)	17	25	40	75 a 365
Oveja 1a cubrición (1-2 años)	7	40	50	365 a 730
Oveja adulta (> 2 años)	250	50	50	> 730

3.4. Inventario Explotación 4 – Ovino de carne 1

Tabla 10. Inventario de la Explotación 4 (ovino de carne) localizada en Anàs, Catalunya.

Explotación 4	Valor	Unidades
RENDIMIENTO, Cordero/a Peso vivo para carne	0,025	tonelada/animal
RENDIMIENTO, Oveja Peso vivo para carne	0,050	tonelada/animal
RENDIMIENTO, Carnero Peso vivo para carne	0,065	tonelada/animal
Productos		
Corderos/as Peso vivo para carne	0,9	tonelada/explotación
Coproductos		
Oveja Peso vivo para carne	0,2	tonelada/explotación
Carnero Peso vivo para carne	0,01	tonelada/explotación
Recursos naturales		
Ocupación suelo, área ocupada por animales	500210	m ² /explotación
Ocupación suelo, resto explotación	420	m ² /explotación
Flujo productos		
Nº animales	101	p/explotación
Lecho, paja	400	Kg/explotación
Fertilizantes		
Estiércol	8	tonelada/explotación
Nutrición animal		
Pastoreo		
Prado alpino	500000	m ²
Complementos		
Maíz en grano	0,7	tonelada/explotación
Cebada en grano	0,7	tonelada/explotación
Pienso	0,342	tonelada/explotación
Maíz	68,40	kg/explotación

Trigo	82,08	kg/explotación
Cebada	82,08	kg/explotación
Harina de soja	82,08	kg/explotación
Corrector vitamínico	6,84	kg/explotación
Salvado de trigo	17,10	kg/explotación
Aceite de palma	3,42	kg/explotación
Productos de plástico		
Plástico	60	kg/explotación
Infraestructuras		
Edificación para animales	210	m ²
Edificación para maquinaria y otros	420	m ²
Energía		
Gasóleo	38600	MJ/explotación
Electricidad		
Electricidad, iluminación	100	kWh/explotación
Agua		
Agua de fuentes naturales y red	14	m ³
Transporte		
Transporte maíz	42	tkm/explotación
Transporte paja	24	tkm/explotación
Transporte cebada	42	tkm/explotación
Transporte pienso	20,5	tkm/explotación
Transporte a la gestión de residuos	7,54	tkm/explotación
TOTAL camión	136	tkm/explotación
TOTAL vehículo ligero	0	tkm/explotación
Residuos		
Vertedero	0	kg/explotación
Incineración	49	kg/explotación
Compostaje	0	kg/explotación
Digestión anaeróbica	0	kg/explotación
Reciclaje	260	kg/explotación

Tabla 11. Edad y peso de las categorías productivas de la Explotación 4 (ovino de carne) localizada en Anàs, Catalunya.

Categorías productivas	Nº animales	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	Edad inicial a Edad final (días)
Cordero lactancia (<1 mes)	40	3,15	12	0 a 30
Cordero Pascual (<3 meses)	38	12	25	30 a 75
Semental joven (3-12 meses)	0,2	25	65	75 a 365
Semental (> 1 año)	3	65	65	> 365
Oveja reposición (3-12 meses)	4	25	40	75 a 365
Oveja 1a cubrición (1-2 años)	1	40	50	365 a 730
Oveja adulta (> 2 años)	55	50	50	> 730

3.5. Inventario Explotación 5 – Ovino de carne 2

Tabla 12. Inventario de la Explotación 5 (ovino de carne) localizada en Castellbò, Catalunya.

Explotación 5	Valor	Unidades
RENDIMIENTO, Cordero/a Peso vivo para carne	0,024	tonelada/animal
RENDIMIENTO, Oveja Peso vivo para carne	0,050	tonelada/animal
RENDIMIENTO, Carnero Peso vivo para carne	0,065	tonelada/animal
Productos		
Corderos/as Peso vivo para carne	4,5	tonelada/explotación
Coproductos		
Oveja Peso vivo para carne	1,5	tonelada/explotación
Carnero Peso vivo para carne	0,13	tonelada/explotación
Recursos naturales		
Ocupación suelo, área ocupada por animales	1950300	m ² /explotación
Ocupación suelo, resto explotación	300	m ² /explotación
Flujo productos		
Nº animales	330	p/explotación
Lecho, paja	1200	Kg/explotación
Fertilizantes		
Estiércol	37,44	tonelada/explotación
Nutrición animal		
Pastoreo		
Prado alpino	850000	m ²
Bosque y matorral	1100000	m ²
Cultivo		
Prado de corte	60000	m ²
Complementos		
Maíz en grano	2	tonelada/explotación
Cebada en grano	0,5	tonelada/explotación
Pienso engorde	2000	kg/explotación
Maíz	400	kg/explotación
Trigo	480	kg/explotación
Cebada	480	kg/explotación
Harina de soja	480	kg/explotación
Corrector vitamínico	40	kg/explotación
Salvado de trigo	100	kg/explotación
Aceite de palma	20	kg/explotación
Productos de plástico		
Plástico	5	kg/explotación
Infraestructuras		
Edificación para animales	300	m ²
Edificación para maquinaria y otros	100	m ²
Energía		
Gasóleo	19300	MJ/explotación
Electricidad		
Electricidad, iluminación	180	kWh/explotación
Agua		
Agua de fuentes naturales y pozo	66	m ³
Transporte		
Transporte maíz	6,5	tkm/explotación
Transporte paja	109,2	tkm/explotación
Transporte cebada	26	tkm/explotación

Transporte pienso	182	tkm/explotación
Transporte a la gestión de residuos	0,147	tkm/explotación
TOTAL camión	323,7	tkm/explotación
TOTAL vehículo ligero	0,147	tkm/explotación
Residuos		
Vertedero	0	kg/explotación
Incineración	28,1	kg/explotación
Compostaje	0	kg/explotación
Digestión anaeróbica	0	kg/explotación
Reciclaje	21	kg/explotación

Tabla 13. Edad y peso de las categorías productivas de la Explotación 5 (ovino de carne) localizada en Castellbò, Catalunya.

Categorías productivas	Nº animales	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	Edad inicial a Edad final (días)
Cordero lactancia (<1 mes)	225	3,15	12	0 a 30
Cordero Pascual (<3 meses)	220	12	24	30 a 75
Semental joven (3-12 meses)	2	24	65	75 a 365
Semental (> 1 año)	5	65	65	> 365
Oveja reposición (3-12 meses)	31	24	40	75 a 365
Oveja 1a cubrición (1-2 años)	12	40	50	365 a 730
Oveja adulta (> 2 años)	280	50	50	> 730

3.6. Inventario Explotación 6 – Caprino de leche 1

Tabla 14. Inventario de la Explotación 6 (caprino de leche) localizada en La Nou de Berguedà, Catalunya.

Explotación 6	Valor	Unidades
RENDIMIENTO, Producción leche	344	l/animal y año
RENDIMIENTO, Cabrito Peso vivo para carne	0,009	tonelada/animal
RENDIMIENTO, Cabra Peso vivo para carne	0,04	tonelada/animal
RENDIMIENTO, Chivo Peso vivo para carne	0,065	tonelada/animal
RENDIMIENTO, Queso madurado (2 variedades)	0,100	Kg queso/l leche
RENDIMIENTO, Queso pasta láctica (3 variedades)	0,167	Kg queso/l leche
RENDIMIENTO, Queso pasta láctica madurado (1 variedad)	0,125	Kg queso/l leche
Productos		
Queso madurado (2 variedades)	1,0	tonelada/explotación
Queso pasta láctica (3 variedades)	2,6	tonelada/explotación
Queso pasta láctica madurado (1 variedad)	0,6	tonelada/explotación
Coproductos		
Cabrito Peso vivo para carne	0,9	tonelada/explotación
Cabra Peso vivo para carne	0,3	tonelada/explotación
Chivo Peso vivo para carne	0,01	tonelada/explotación
Recursos naturales		
Ocupación suelo, área ocupada por animales	900096	m ² /explotación
Ocupación suelo, resto explotación	153,2	m ² /explotación
Flujo productos		
Nº animales	330	p/explotación
Lecho, astillas de madera	2400	Kg/explotación
Fertilizantes		
Estiércol	45	m ³ /explotación

Nutrición animal		
Pastoreo		
Bosque	900000	m ²
Cultivo		
Prado de corte	120000	m ²
Complementos		
Maíz en grano	10	tonelada/explotación
Cebada en grano	10	tonelada/explotación
Trigo en grano	10	tonelada/explotación
Torta de colza	10	tonelada/explotación
Pienso <i>Starter</i>	300	kg/explotación
Cebada	66,0	kg/explotación
Maíz	75,0	kg/explotación
Trigo	75,0	kg/explotación
Harina de soja 48%	66,0	kg/explotación
Salvado de trigo	7,5	kg/explotación
Aceite de palma	3,0	kg/explotación
Corrector vitamínico	7,5	kg/explotación
Productos de plástico		
Plástico	40	kg/explotación
Infraestructuras		
Edificación para animales	96	m ²
Edificación para maquinaria y otros	128	m ²
Estercolero	25,2	m ²
Energía		
Gasóleo	46320	MJ/explotación
Electricidad		
Electricidad, iluminación	100	kWh/explotación
Agua		
Agua de pozo	135	m ³
Transporte		
Transporte alimentación	1612	tkm/explotación
Transporte a la gestión de residuos	0,14	tkm/explotación
TOTAL camión	1612	tkm/explotación
TOTAL vehículo ligero	0,14	tkm/explotación
Residuos		
Vertedero	0	kg/explotación
Incineración	262,3	kg/explotación
Compostaje	0	kg/explotación
Digestión anaeróbica	0	kg/explotación
Reciclaje	40	kg/explotación

Tabla 15. Edad y peso de las categorías productivas de la Explotación 6 (caprino de leche) localizada en La Nou de Berguedà, Catalunya.

Categorías productivas	Nº animales	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	Edad inicial a Edad final (días)
Cabrillo lactancia (0-2 meses)	150	3,15	9	0 a 45
Cabrillo/a sacrificio (2-3,5 meses)	0	9	20	45 a 105
Cabrillo reposición (2-12 meses)	8	20	40	45 a 365
Macho reposición (1-2 años)	1	40	65	365 a 730
Macho reproductor (> 2 años)	2	65	65	> 730
Cabra reposición (1-2 años)	18	40	40	365 a 730
Cabra adulta (> 2 años)	72	40	40	> 730

3.7. Inventario Explotación 7 – Caprino de leche 2

Tabla 16. Inventario de la Explotación 7 (caprino de leche) localizada en València d'Àneu, Catalunya.

Explotación 6	Valor	Unidades
RENDIMIENTO, Producción leche	126	l/animal y año
RENDIMIENTO, Cabrito Peso vivo para carne	0,035	tonelada/animal
RENDIMIENTO, Cabra Peso vivo para carne	0,05	tonelada/animal
RENDIMIENTO, Chivo Peso vivo para carne	0,07	tonelada/animal
RENDIMENT, Queso fresco	0,364	Kg/l leche
RENDIMENT, Mató	0,364	Kg/l leche
RENDIMENT, Queso madurado	0,167	Kg/l leche
RENDIMENT, Yogur	1,000	Kg/l leche
RENDIMENT, Queso de untar	0,364	Kg/l leche
Productos		
Yogur	0,7	tonelada/explotación
Mató	0,3	tonelada/explotación
Queso fresco	1,6	tonelada/explotación
Queso curado	0,7	tonelada/explotación
Queso de untar	1,6	tonelada/explotación
Coproductos		
Cabrito Peso vivo para carne	4,3	tonelada/explotación
Cabra Peso vivo para carne	0,5	tonelada/explotación
Chivo Peso vivo para carne	0,04	tonelada/explotación
Recursos naturales		
Ocupación suelo, área ocupada por animales	1740250	m ² /explotación
Ocupación suelo, resto explotación	86	m ² /explotación
Flujo productos		
Nº animales	148	p/explotación
Lecho, paja	800	Kg/explotación
Fertilizantes		
Estiércol	26500	kg/explotación
Nutrición animal		
Pastoreo		
Prado alpino	740000	
Bosque	1000000	m ²
Cultivo		m ²
Prado de corte	60000	m ²
Complementos		
Alfalfa	9	tonelada/explotación
Pienso	8000	kg/explotación
Cebada	1848	kg/explotación
Maíz	2100	kg/explotación
Trigo	2100	kg/explotación
Harina de soja 48%	1848	kg/explotación
Salvado de trigo	210	kg/explotación
Aceite de palma	84	kg/explotación
Corrector vitamínico	210	kg/explotación
Productos de plástico		
Plástico	40	kg/explotación
Infraestructuras		
Edificación para animales	250	m ²
Edificación para maquinaria y otros	72	m ²
Estercolero	14	m ²

Energía		
Gasóleo	11580	MJ/explotación
Electricidad		
Electricidad, iluminación (red)	1460	kWh/explotación
Electricidad, paneles fotovoltaicos	1,825	kWh/explotación
Agua		
Agua de fuentes naturales	91	m ³
Transporte		
Transporte pienso	244	tkm/explotación
Transporte alfalfa	261	tkm/explotación
TOTAL camión	0,5	tkm/explotación
TOTAL vehículo ligero	505	tkm/explotación
Residuos		
Vertedero	0	kg/explotación
Incineración	277	kg/explotación
Compostaje	0	kg/explotación
Digestión anaeróbica	0	kg/explotación
Reciclaje	100	kg/explotación

Tabla 17. Edad y peso de las categorías productivas de la Explotación 7 (caprino de leche) localizada en València d'Àneu, Catalunya.

Categorías productivas	Nº animales	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	Edad inicial a Edad final (días)
Cabrito lactancia (0-2 meses)	160	3,15	9	0 a 60
Cabrito/a sacrificio (2-3,5 meses)	144	9	35	60 a 105
Cabrito reposición (2-12 meses)	22	35	50	105 a 365
Macho reposición (1-2 años)	1	50	70	365 a 730
Macho reproductor (> 2 años)	5	70	70	> 730
Cabra reposición (1-2 años)	15	50	50	365 a 730
Cabra adulta (> 2 años)	105	50	50	> 730

Tabla 18. Resultados de las emisiones de las 7 explotaciones analizadas en el presente estudio con respecto a la fermentación entérica, el pastoreo y la gestión de las deyecciones ganaderas.

	Explotación 1 Bovino de carne	Explotación 2 Bovino de carne	Explotación 3 Bovino y ovino de carne	Explotación 4 Ovino de carne	Explotación 5 Ovino de carne	Explotación 6 Caprino de leche	Explotación 7 Caprino de leche
Fermentación entérica (kg/año)							
CH ₄	15378,36	6912,60	10569,92	588,42	3079,17	832,26	1300,19
Pastoreo/gestión de estiércol y purines (kg/año)							
CH ₄	300,58	97,27	1035,16	7,06	20,58	49,16	37,66
N ₂ O	251,06	96,04	108,94	5,17	15,56	15,83	14,28
NH ₃	1519,03	678,53	977,68	16,97	48,41	44,58	43,84
NM ₂ VO	3,05	1,07	3,19	1,28	7,56	18,38	11,92
PM _{2,5}	40,72	18,97	30,82	2,40	13,18	4,27	7,68
PM ₁₀	62,29	29,25	59,90	7,92	43,43	14,05	25,28
Aplicación en campo (kg/año)							
NH ₃	976,13	196,73	247,77	4,89	35,49	117,15	84,86
N ₂ O	47,91	8,68	32,05	0,41	2,35	6,52	3,99
NO ₃	958,11	173,50	641,05	8,16	46,96	130,31	79,80
NO ₂	286,19	51,83	191,48	2,44	14,03	117,61	23,83
NM ₂ VO	11,55	2,30	0,88	3,00	21,23	58,34	33,32

3.8. Calidad de los datos

Dado el interés en establecer un baremo de calidad de los datos utilizados se ha hecho una adaptación de los criterios de representatividad sugeridos por la EF (EC 2013) para aplicarla en nuestro estudio, evaluando para cada uno de los procesos implicados si se tratan de datos locales validados por expertos (óptimo: puntuación 1) o datos secundarios obtenidos de bases de datos o literatura (hasta puntuación 4 dependiendo de la calidad de los datos), con diferente grado de puntuación dependiendo del origen de la base de datos. En general se puede afirmar que los datos primarios correspondientes a la producción agropecuaria presentan un nivel de calidad alto (promedio 1,6). En la **Tabla 19** se presenta un resumen detallado de la valoración de calidad de los datos primarios empleados de acuerdo a su representatividad tecnológica, Té, geográfica, G, temporal, Ti, y de precisión/incertidumbre, P.

Tabla 19. Ratio de calidad de los datos. Te: representatividad tecnológica; G: representatividad geográfica; Ti representatividad temporal; P: precisión/incertidumbre.

	Q	Te	G	Ti	P	Comentarios
Promedio Producción	1,6	2,2	1,4	1,2	1,6	
Pasto	1	1	1	1	1	Datos validados, propios de las explotaciones.
Piensos	1,5	2	2	1	1	Datos estimados a nivel nacional.
Material auxiliar	1	1	1	1	1	Datos validados, propios de las explotaciones.
Infraestructura	2,5	3	2	2	3	Datos de superficie de la explotación. Estimación de materiales mediante bases de datos secundarios.
Gasoil	1	1	1	1	1	Datos validados, propios de las explotaciones.
Electricidad	2,25	3	2	1	3	Datos estimados según infraestructura explotación.
Transporte	1,25	2	1	1	1	Datos validados, propios de las explotaciones. Tecnología aproximada procedente de bases secundarias.
Residuos	1,75	3	1	1	2	Datos estimados, procedentes de bases de datos secundarios.
Emisiones	2	2	2	2	2	Datos estimados mediante informes de expertos en el sector.
Agua	1,75	4	1	1	1	Datos estimados mediante informes de expertos en el sector.

Te=1 Tecnología utilizada; Te=2 Tecnología aproximada procedente de bases de datos secundarias proceso similar; Te=3 Tecnología genérica procedente de bases de datos secundarias proceso medio; Te=4 Datos bibliográficos

Ti=1 Datos actuales; Ti=2 datos estimados como actuales

G=1 correspondiente a la geografía donde se estudia, en este caso Cataluña; G=2 datos correspondientes a bases de datos de geografía más amplia ex, EUROPA

P= 1 datos expresamente medidos y/o calculados representativos y verificados por un 3º; P=2 datos proporcionados por los expertos con alta variabilidad; P=3, datos estimados o calculados y parcialmente revisados por expertos

4. Análisis del impacto

Las ~~Tabla 20~~ ~~Tablas 20~~ ~~Tabla 21~~, ~~21~~ ~~Tabla 22~~ y ~~22~~ presentan los resultados caracterizados para las 7 explotaciones analizadas agrupadas en cuanto a la principal especie animal, vacuno, ovino, caprino respectivamente. En este sentido, se han obtenido resultados en las unidades equivalentes para las 16 categorías ambientales analizadas mediante la metodología Environmental Footprint 3.0. Dado que las granjas son diferentes en cuanto a dimensiones y productos elaborados, los resultados por granja no son comparables entre sí. Sin embargo, sí que podemos identificar los procesos que más contribuyen en cada una de las categorías de impacto (~~figura 2~~ ~~figura 2~~, ~~Figura 3~~ ~~3~~ y ~~Figura 4~~ ~~4~~). En primer lugar, se destacarían las emisiones en granja, especialmente para las categorías de cambio climático, principalmente metano, recordemos que estamos ante especies rumiantes, y aquellas relacionadas con las emisiones de amoníaco, acidificación, eutrofización terrestre y marina y micropartículas en que el amoníaco es un precursor. En segundo lugar, cabe destacar la importancia que adquiere los diferentes componentes de la alimentación, piensos en general, que adquieren más importancia, obviamente en aquellas granjas en que la alimentación con pienso es más importante, explotaciones 5, 6 y 7. En tercer lugar destacaríamos consumo de gasoil, seguido por importancia infraestructuras, importancia que varía en función de las diferentes explotaciones. Finalmente, y por la propia actividad de la granja aparecen uso del suelo y consumo de agua como las dos categorías, principalmente afectadas por la granja como tal, en el primer caso, especialmente por la superficie ocupada por el pasto y en el caso de la segunda por el consumo directo de aquella.

Con formato: Fuente: (Predeterminada) +Cuerpo (Calibri), 11 pto, Negrita,

Con formato: Fuente: (Predeterminada) +Cuerpo (Calibri), 11 pto, Negrita,

Con formato: Fuente: (Predeterminada) +Cuerpo (Calibri), 11 pto, Negrita,

Con formato: Fuente: (Predeterminada) +Cuerpo (Calibri), 11 pto

Con formato: Fuente: (Predeterminada) +Cuerpo (Calibri), 11 pto

Con formato: Fuente: (Predeterminada) +Cuerpo (Calibri), 11 pto, Catalán

Tabla 20. Resultados caracterizados para las diferentes categorías de impacto correspondientes a las 3 explotaciones de ganado vacuno

Categoría de impacto	Unidad	Explotación	Explotación	Explotación
		1	2	3
		/ explotación	/ explotación	/ explotación
Cambio climático	kg CO ₂ eq	7,06E+05	2,81E+05	5,01E+05
Agotamiento capa Ozono	kg CFC11 eq	1,12E-02	1,56E-03	1,05E-02
Radiación ionizante, humanos	kBq U-235 eq	5,79E+03	8,78E+02	5,80E+03
Formación fotooxidantes	kg NMVOC eq	8,28E+02	1,47E+02	3,97E+02
Salud humana, micropartículas	disease inc.	6,92E-02	2,58E-02	3,98E-02
Salud humana, contaminantes no cancer.	CTUh	2,95E-03	6,96E-04	1,92E-03
Salud humana, contaminantes cancer.	CTUh	6,27E-05	1,63E-05	4,87E-05
Acidificación	mol H ⁺ eq	8,21E+03	2,74E+03	4,08E+03
Eutrofización agua dulce	kg P eq	1,76E+01	2,86E+00	1,00E+01
Eutrofización marina	kg N eq	8,70E+02	1,77E+02	5,93E+02
Eutrofización terrestre	mol N eq	3,62E+04	1,24E+04	1,79E+04
Ecotoxicidad agua dulce	CTUe	1,86E+06	3,22E+05	1,48E+06
Uso del suelo	m ³ eq	1,54E+08	9,76E+07	1,37E+08
Consumo de agua	MJ	6,33E+04	5,99E+03	1,68E+05
Agotamiento recursos fósiles	kg Sb eq	9,76E+05	1,53E+05	8,10E+05
Agotamiento recursos minerales y metales	Pt	2,94E+00	3,82E-01	2,45E+00

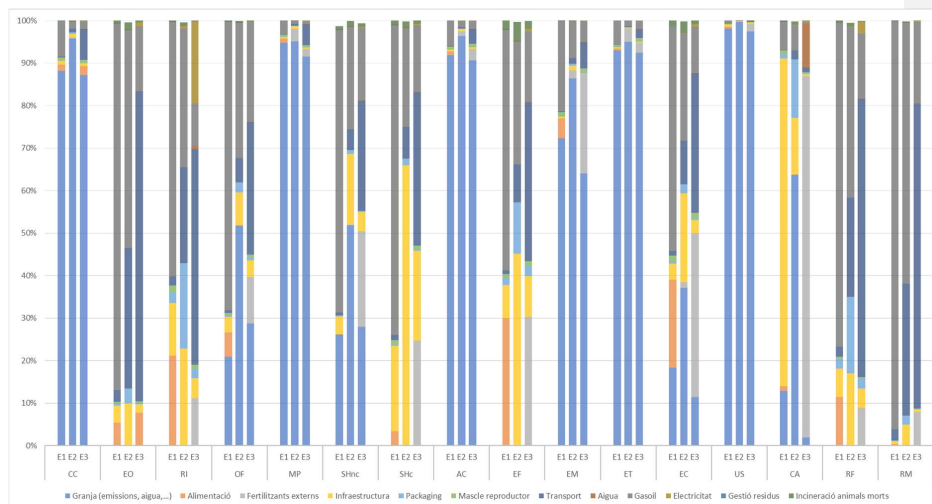


Figura 2. Representación esquemática de la contribución de los diferentes procesos en cada una de las categorías ambientales para las tres explotaciones de vacuno. CC: Cambio climático; EO: Agotamiento capa Ozono; RI: Radiación ionizante, humanos; FO: Formación fotoxidantes; MP: Salud humana, micropartículas; SHnc: Salud humana, cuento. no cáncer; SHc: Salud humana, cuento. cáncer; AC: Acidificación; ED: Eutrofización agua dulce; EM: Eutrofización marina; ET: Eutrofización terrestre; EC: Ecotoxicidad agua dulce; US: Uso del suelo; CA: Consumo agua; RF: Agotamiento recursos fósiles y RM: Agotamiento recursos minerales y metales.

Tabla 21. Resultados caracterizados para las diferentes categorías de impacto correspondientes a las 2 explotaciones de ganado ovino

Categoría de impacto	Unidad	Explotación 4 / explotación	Explotación 5 / explotación
Cambio climático	kg CO ₂ eq	3,03E+04	1,18E+05
Agotamiento capa Ozono	kg CFC11 eq	1,07E-03	8,61E-04
Radiación ionizante, humanos	kBq U-235 eq	5,92E+02	5,01E+02
Formación fotoxidantes	kg NMVOC eq	7,11E+01	1,05E+02
Salud humana, micropartículas	disease inc.	1,86E-03	7,73E-03
Salud humana, contaminantes no cancer.	CTUh	3,41E-04	4,46E-04
Salud humana, contaminantes cancer.	CTUh	1,15E-05	8,89E-06
Acidificación	mol H ⁺ eq	1,30E+02	3,17E+02
Eutrofización agua dulce	kg P eq	2,04E+00	2,02E+00
Eutrofización marina	kg N eq	4,43E+01	7,65E+01
Eutrofización terrestre	mol N eq	5,34E+02	1,36E+03
Ecotoxicidad agua dulce	CTUe	1,92E+05	3,09E+05
Uso del suelo	Pt	1,83E+07	6,70E+05
Consumo de agua	m ³ eq	5,20E+01	7,05E+04
Agotamiento recursos fósiles	MJ	9,62E+04	7,48E+04
Agotamiento recursos minerales y metales	kg Sb eq	2,91E-01	2,43E-01

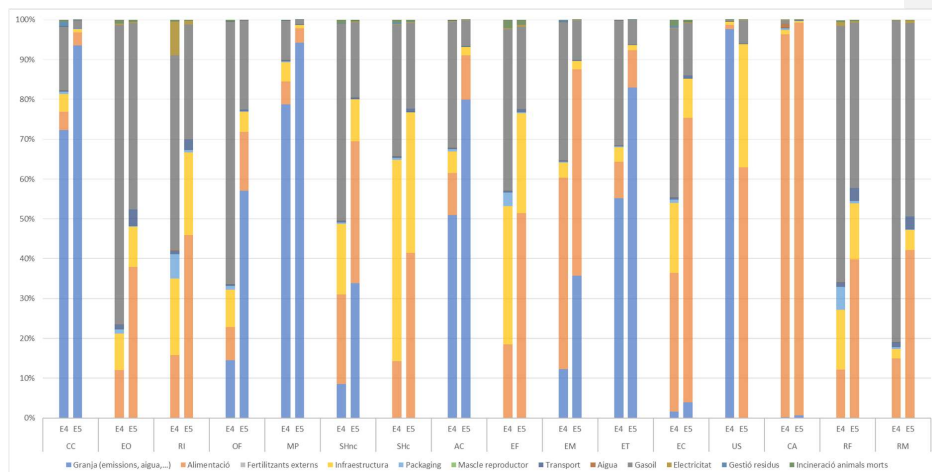


Figura 3. Representación esquemática de la contribución de los diferentes procesos en cada una de las categorías ambientales para las dos explotaciones de Ovino. CC: Cambio climático; EO: Agotamiento capa Ozono; RI: Radiación ionizante, humanos; FO: Formación fotoxidantes; MP: Salud humana, micropartículas; SHnc: Salud humana, cuento. no cáncer; SHc: Salud humana, cuento. cáncer; AC: Acidificación; ED: Eutrofización agua dulce; EM: Eutrofización marina; ET: Eutrofización terrestre; EC: Ecotoxicidad agua dulce; US: Uso del suelo; CA: Consumo agua; RF: Agotamiento recursos fósiles y RM: Agotamiento recursos minerales y metales.

Tabla 22. Resultados caracterizados para las diferentes categorías de impacto correspondientes a las 2 explotaciones de ganado caprino

		Granja 6	Granja 7
Categoría de impacto	Unidad	/ granja	/ granja
Cambio climático	kg CO ₂ eq	7,29E+04	7,50E+04
Agotamiento capa Ozono	kg CFC11 eq	4,04E-03	2,84E+03
Radiación ionizante, humanos	kBq U-235 eq	2,74E+03	1,54E+02
Formación fotoxidantes	kg NMVOC eq	2,73E+02	7,55E-03
Salud humana, micropartículas	disease inc.	8,21E-03	5,99E-04
Salud humana, contaminantes no cancer.	CTUh	2,18E-03	1,81E-05
Salud humana, contaminantes cancer.	CTUh	5,29E-05	5,48E+02
Acidificación	mol H ⁺ eq	8,69E+02	8,95E+00
Eutrofización agua dulce	kg P eq	9,82E+00	1,74E+02
Eutrofización marina	kg N eq	5,04E+02	2,18E+03
Eutrofización terrestre	mol N eq	3,61E+03	1,10E+06
Ecotoxicidad agua dulce	CTUe	1,23E+06	6,45E+07
Uso del suelo	Pt	3,97E+07	1,69E+05
Consumo de agua	m ³ eq	9,16E+05	2,59E+05
Agotamiento recursos fósiles	MJ	3,56E+05	5,87E-01
Agotamiento recursos minerales y metales	kg Sb eq	1,45E+00	5,92E-01

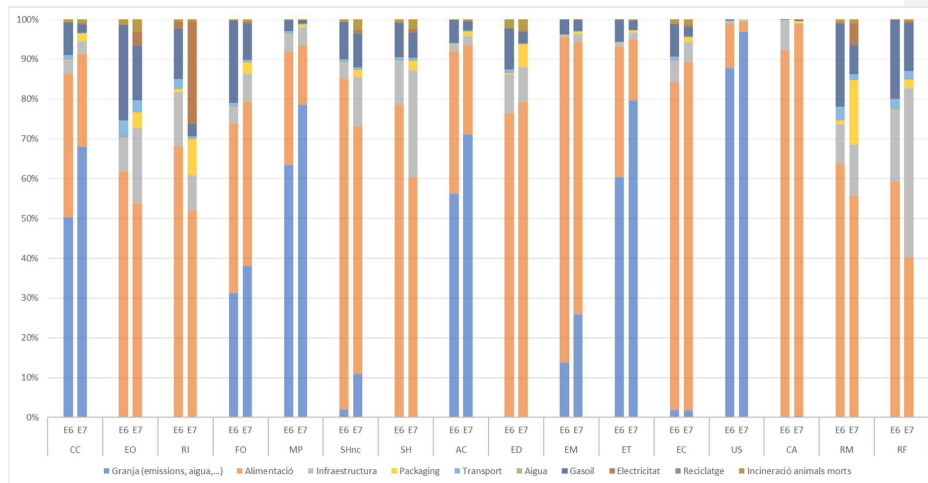


Figura 4. Representación esquemática de la contribución de los diferentes procesos en cada una de las categorías ambientales para las dos explotaciones de Caprino de leche. CC: Cambio climático; EO: Agotamiento capa Ozono; RI: Radiación ionizante, humanos; FO: Formación fotooxidantes; MP: Salud humana, micropartículas; SHnc: Salud humana, cuento. no cáncer; SHc: Salud humana, cuento. cáncer; AC: Acidificación; ED: Eutrofización agua dulce; EM: Eutrofización marina; ET: Eutrofización terrestre; EC: Ecotoxicidad agua dulce; US: Uso del suelo; CA: Consumo agua; RM: Agotamiento recursos minerales y metales y RF: Agotamiento recursos fósiles.

Dado que las granjas son diferentes en cuanto a dimensiones y productos elaborados, los resultados por granja no son comparables entre sí. Por tanto, se ha procedido a la estimación realizándose una asignación de impacto en función de los tipos de productos finales obtenidos en cada explotación. Tal y como se especifica en el apartado **Objetivo y Alcance**, subapartado *Distribución de cargas ambientales*, se ha aplicado una distribución de cargas económica siguiendo las recomendaciones de LEAP (FAO, 2016), además en las explotaciones 6 y 7 de caprino de leche se ha realizado una distribución de cargas entre carne y leche según las recomendaciones de Nemecek & Thoma (2020). Los resultados se expresan en las **Tabla 23**, **Tabla 24**, **Tabla 25** y **Tabla 25** correspondientes a productos cárnicos de bovino, productos cárnicos de ovino y caprino y productos lácteos respectivamente.

Con formato: Fuente: Negrita,

Con formato: Fuente: Sin Negrita,

Extrema prudencia se requiere para comparar los diferentes resultados, por ejemplo, los valores correspondientes a la explotación 1, G1, son más altos, pero cabe recordar que esta es una explotación dedicada a la cría de terneros para ser engordados en otra explotación, resultando pues el impacto de la producción de carne de los animales de desvieje más alto en general.

Similarmente, las explotaciones G6 y G7 presentan valores muy parecidos en los impactos de los productos cárnicos, como en el caso de los cabritos, a pesar de que sean sacrificados a pesos muy diferentes, siendo de 9 y 35 kg de peso vivo, respectivamente. Las diferencias entre los productos lácteos dependen en gran medida de la producción de leche de cada explotación y su rendimiento en la transformación quesera.

Tabla 23. Resultados caracterizados para las diferentes categorías de impacto correspondientes a productos cárnicos de Bovino

Producto		Vaca	Vaca	Vaca	Toro	Toro	Toro	Ternera	Ternera	Pastero
Explotación		G1	G2	G3	G1	G2	G3	G2	G3	G1
Categoría de impacto	Unidad	/ kg peso vivo	/ kg peso vivo	/ kg peso vivo	/ kg peso vivo	/ kg peso vivo	/ kg peso vivo	/ kg peso vivo	/ kg peso vivo	/ 1 pastero (195 kg PV)
Cambio climático	kg CO ₂ eq	2,49E+01	6,96E+00	7,51E+00	4,43E+01	1,23E+01	1,33E+01	1,26E+01	1,37E+01	5,57E+03
Agotamiento capa Ozono	kg CFC11 eq	3,97E-07	3,87E-08	1,58E-07	7,05E-07	6,86E-08	2,80E-07	7,03E-08	2,87E-07	8,86E-05
Radiación ionizante, humanos	kBq U-235 eq	2,05E-01	2,17E-02	8,69E-02	3,63E-01	3,85E-02	1,54E-01	3,95E-02	1,58E-01	4,57E+01
Formación fotooxidantes	kg NMVOC eq	2,93E-02	3,63E-03	5,95E-03	5,19E-02	6,45E-03	1,06E-02	6,60E-03	1,08E-02	6,53E+00
Salud humana, micropartículas	disease inc.	2,45E-06	6,37E-07	5,97E-07	4,34E-06	1,13E-06	1,06E-06	1,16E-06	1,08E-06	5,46E-04
Salud humana, cont. no cáncer.	CTUh	1,04E-07	1,72E-08	2,88E-08	1,85E-07	3,05E-08	5,10E-08	3,13E-08	5,23E-08	2,33E-05
Salud humana, cont. cáncer.	CTUh	2,22E-09	4,03E-10	7,31E-10	3,93E-09	7,15E-10	1,30E-09	7,33E-10	1,33E-09	4,95E-07
Acidificación	mol H+ eq	2,90E-01	6,78E-02	6,12E-02	5,14E-01	1,20E-01	1,09E-01	1,23E-01	1,11E-01	6,47E+01
Eutrofización agua dulce	kg P eq	6,22E-04	7,06E-05	1,51E-04	1,10E-03	1,25E-04	2,67E-04	1,28E-04	2,74E-04	1,39E-01
Eutrofización marina	kg N eq	3,08E-02	4,37E-03	8,90E-03	5,46E-02	7,76E-03	1,58E-02	7,95E-03	1,62E-02	6,86E+00
Eutrofización terrestre	mol N eq	1,28E+00	3,07E-01	2,68E-01	2,27E+00	5,44E-01	4,75E-01	5,58E-01	4,87E-01	2,85E+02
Ecotoxicidad agua dulce	CTUe	6,56E+01	7,96E+00	2,22E+01	1,16E+02	1,41E+01	3,93E+01	1,45E+01	4,03E+01	1,46E+04
Uso del suelo	Pt	5,45E+03	2,41E+03	2,05E+03	9,67E+03	4,28E+03	3,64E+03	4,39E+03	3,73E+03	1,22E+06
Consumo agua	m ³ eq.	2,24E+00	1,48E-01	2,53E+00	3,97E+00	2,63E-01	4,50E+00	2,69E-01	4,61E+00	4,99E+02
Agotamiento recursos fósiles	MJ	3,45E+01	3,79E+00	1,22E+01	6,12E+01	6,72E+00	2,16E+01	6,88E+00	2,21E+01	7,69E+03
Agotamiento recursos minerales y metales	kg Sb eq	1,04E-04	9,45E-06	3,68E-05	1,84E-04	1,68E-05	6,53E-05	1,72E-05	6,69E-05	2,32E-02

Tabla 24. Resultados caracterizados para las diferentes categorías de impacto correspondientes a productos cárnicos de Ovino y Caprino

Producto		Carnero	Carnero	Carnero	Cordero	Cordero	Cordero	Cabrito	Cabrito	Chivo	Chivo	Cabra	Cabra
Explotación		G3	G4	G5	G3	G4	G5	G6	G7	G6	G7	G6	G7
Categoría de impacto	Unidad	/ kg	/ kg	/ kg	/ kg	/ kg	/ kg	/ kg	/ kg	/ kg	/ kg	/ kg	/ kg
Cambio climático	kg CO ₂ eq	3,41E+00	2,35E+01	1,62E+01	1,87E+01	3,30E+01	2,28E+01	3,96E+00	3,03E+00	4,01E-01	6,87E-01	4,01E-01	9,16E-01
Agotamiento capa Ozono	kg CFC11 eq	7,17E-08	8,33E-07	1,18E-07	3,94E-07	1,17E-06	1,66E-07	2,20E-07	1,15E-01	2,22E-08	2,60E-02	2,22E-08	3,47E-02
Radiación ionizante, humanos	kBq U-235 eq	3,95E-02	4,59E-01	6,88E-02	2,17E-01	6,45E-01	9,67E-02	1,49E-01	6,20E-03	1,51E-02	1,41E-03	1,51E-02	1,87E-03
Formación fotooxidantes	kg NMVOC eq	2,70E-03	5,51E-02	1,44E-02	1,48E-02	7,75E-02	2,03E-02	1,49E-02	3,05E-07	1,51E-03	6,91E-08	1,51E-03	9,21E-08
Salud humana, micropartículas	disease inc.	2,71E-07	1,44E-06	1,06E-06	1,49E-06	2,03E-06	1,49E-06	4,47E-07	2,42E-08	4,52E-08	5,48E-09	4,52E-08	7,31E-09
Salud humana, cont. no càncer.	CTUh	1,31E-08	2,64E-07	6,12E-08	7,17E-08	3,72E-07	8,61E-08	1,18E-07	7,29E-10	1,20E-08	1,65E-10	1,20E-08	2,20E-10
Salud humana, cont. càncer.	CTUh	3,32E-10	8,88E-09	1,22E-09	1,82E-09	1,25E-08	1,72E-09	2,88E-09	2,21E-02	2,91E-10	5,01E-03	2,91E-10	6,68E-03
Acidificación	mol H+ eq	2,78E-02	1,00E-01	4,35E-02	1,53E-01	1,41E-01	6,12E-02	4,72E-02	3,61E-04	4,78E-03	8,19E-05	4,78E-03	1,09E-04
Eutrofización agua dulce	kg P eq	6,84E-05	1,58E-03	2,77E-04	3,76E-04	2,22E-03	3,89E-04	5,34E-04	7,03E-03	5,41E-05	1,59E-03	5,41E-05	2,13E-03
Eutrofización marina	kg N eq	4,04E-03	3,43E-02	1,05E-02	2,22E-02	4,83E-02	1,48E-02	2,74E-02	8,79E-02	2,78E-03	1,99E-02	2,78E-03	2,66E-02
Eutrofización terrestre	mol N eq	1,22E-01	4,14E-01	1,87E-01	6,68E-01	5,82E-01	2,63E-01	1,97E-01	4,44E+01	1,99E-02	1,01E+01	1,99E-02	1,34E+01
Ecotoxicidad agua dulce	CTUe	1,01E+01	1,49E+02	4,24E+01	5,53E+01	2,09E+02	5,97E+01	6,68E+01	2,60E+03	6,77E+00	5,90E+02	6,77E+00	7,87E+02
Uso del suelo	Pt	9,32E+02	1,42E+04	9,20E+01	5,12E+03	1,99E+04	1,29E+02	2,16E+03	6,84E+00	2,19E+02	1,55E+00	2,19E+02	2,07E+00
Consumo agua	m ³ eq.	1,15E+00	3,06E+01	9,68E+00	6,32E+00	4,30E+01	1,36E+01	4,98E+01	1,04E+01	5,05E+00	2,37E+00	5,05E+00	3,16E+00
Agotamiento recursos fósiles	MJ	5,52E+00	7,46E+01	1,03E+01	3,03E+01	1,05E+02	1,44E+01	1,94E+01	2,37E-05	1,96E+00	5,37E-06	1,96E+00	7,16E-06
Agotamiento recursos minerales y metales	kg Sb eq	1,67E-05	2,26E-04	3,33E-05	9,18E-05	3,18E-04	4,69E-05	7,80E-05	8,37E-01	7,89E-06	1,90E-01	7,89E-06	2,53E-01

Tabla 25. Resultados caracterizados para las diferentes categorías de impacto correspondientes a productos lácteos

Producto		Queso madurado	Queso pastas lácticas	Queso pastas lácticas maduradas	Queso fresco	Mató	Yogur	Queso madurado	Queso de untar
Explotación		G6	G6	G6	G7	G7	G7	G7	G7
Categoría de impacto	Unidad	/ kg	/ kg	/ kg	/ kg	/ kg	/ kg	/ kg	/ kg
Cambio climático	kg CO ₂ eq	1,72E+01	1,56E+01	1,72E+01	1,42E+01	1,42E+01	1,65E+00	1,56E+01	1,42E+01
Agotamiento capa Ozono	kg CFC11 eq	9,50E-07	8,66E-07	9,50E-07	5,38E-01	5,38E-01	6,23E-02	5,91E-01	5,38E-01
Radiación ionizante, humanos	kBq U-235 eq	6,45E-01	5,87E-01	6,45E-01	2,91E-02	2,91E-02	3,37E-03	3,19E-02	2,91E-02
Formación fotooxidantes	kg NMVOC eq	6,43E-02	5,86E-02	6,43E-02	1,43E-06	1,43E-06	1,66E-07	1,57E-06	1,43E-06
Salud humana, micropartículas	disease inc.	1,93E-06	1,76E-06	1,93E-06	1,13E-07	1,13E-07	1,31E-08	1,25E-07	1,13E-07
Salud humana, cont. no cáncer.	CTUh	5,13E-07	4,67E-07	5,13E-07	3,42E-09	3,42E-09	3,96E-10	3,76E-09	3,42E-09
Salud humana, cont. cáncer.	CTUh	1,25E-08	1,14E-08	1,25E-08	1,04E-01	1,04E-01	1,20E-02	1,14E-01	1,04E-01
Acidificación	mol H+ eq	2,05E-01	1,86E-01	2,05E-01	1,70E-03	1,70E-03	1,96E-04	1,86E-03	1,70E-03
Eutrofización agua dulce	kg P eq	2,31E-03	2,11E-03	2,31E-03	3,30E-02	3,30E-02	3,82E-03	3,62E-02	3,30E-02
Eutrofización marina	kg N eq	1,19E-01	1,08E-01	1,19E-01	4,13E-01	4,13E-01	4,78E-02	4,53E-01	4,13E-01
Eutrofización terrestre	mol N eq	8,51E-01	7,75E-01	8,51E-01	2,08E+02	2,08E+02	2,41E+01	2,29E+02	2,08E+02
Ecotoxicidad agua dulce	CTUe	2,89E+02	2,63E+02	2,89E+02	1,22E+04	1,22E+04	1,41E+03	1,34E+04	1,22E+04
Uso del suelo	Pt	9,35E+03	8,52E+03	9,35E+03	3,21E+01	3,21E+01	3,72E+00	3,52E+01	3,21E+01
Consumo agua	m ³ eq.	2,16E+02	1,96E+02	2,16E+02	4,90E+01	4,90E+01	5,67E+00	5,38E+01	4,90E+01
Agotamiento recursos fósiles	MJ	8,39E+01	7,64E+01	8,39E+01	1,11E-04	1,11E-04	1,29E-05	1,22E-04	1,11E-04
Agotamiento recursos minerales y metales	kg Sb eq	3,37E-04	3,07E-04	3,37E-04	3,93E+00	3,93E+00	4,55E-01	4,31E+00	3,93E+00

Asimismo y con el fin de comparar la importancia entre las diferentes categorías de impacto se ha procedido a la **normalización** y correspondiente **ponderación** entre ellas, por ello se ha seguido los criterios establecidos en el marco de la iniciativa Environmental Footprint de la CE (EC, 2013), criterios que aún se encuentran bajo discusión pero que nos pueden dar un apunte de hacia dónde se pueden priorizar soluciones. Cabe tener en cuenta, en relación a la normalización y ponderación, que la ISO 14044 a y b (I.S.O., 2006) los define como pasos opcionales en la evaluación de impacto de ciclo de vida. En el caso de la normalización existe un sesgo debido a la elección de las propias referencias; para el caso de la ponderación la ISO 14044 considera que los valores no tienen una base científica, por lo tanto, excluye su uso en los estudios de ACV destinados a apoyar afirmaciones comparativas destinadas a ser divulgadas al público porque se basa en "elecciones de valores" (Pizzol et al., 2017). Ahora bien, como los resultados de esta normalización y ponderación nos permiten convertir las unidades equivalentes de cada categoría de impacto en puntos de contribución a contaminación y comparar entre las diferentes categorías, nos permite tener una primera idea, aunque aproximada, de la relevancia de las diferentes categorías de impacto. En este sentido, a continuación se muestran los resultados de estos dos pasos, excluyendo su uso para afirmaciones comparativas entre productos.

La **Figura 5** muestra los valores normalizados y ponderados de acuerdo a la metodología PEF (EC, 2017) para cada una de las explotaciones analizadas. Esta figura nos muestra que agotamiento de recursos minerales, el consumo de agua y cambio climático son, en general, las categorías más relevantes. La primera esta especialmente relacionada con el uso de maquinaria y diésel, consumo de agua, relacionado con el agua utilizada en granja y cambio climático con las emisiones debido a la fermentación entérica propia de los rumiantes y en las granjas 6 y 7 también con el consumo eléctrico para el proceso de refrigeración de la leche.



Figura 5. Representación esquemática de las categorías de impacto normalizadas y ponderadas de acuerdo a la metodología PEF (EC, 2017) para las diferentes explotaciones.

5. Interpretación

El presente estudio muestra los resultados de la cuantificación ambiental de la producción extensiva de vacuno y ovino de carne, y caprino carne y leche. Estas explotaciones, tal y como se explica en la **Introducción**, se ubican en comarcas transpirenaicas de Catalunya.

Con formato: Fuente: Negrita

Dado que las granjas son diferentes en cuanto a dimensiones y productos elaborados, los resultados por granja no son comparables entre sí, cómo previamente se ha ido comentando e identificándose los procesos, más importantes para cada una de las categorías de impacto.

Así mismo, aún con las incertidumbres propias del proceso de normalización y ponderación se han identificado categorías ambientales que tienen un mayor peso. Estas son agotamiento de recursos minerales y metales, uso del suelo, cambio climático, consumo de agua y formación de micropartículas (no necesariamente por este orden en todas las explotaciones). La categoría de **agotamiento de recursos** minerales y metales viene determinada principalmente por el uso de maquinaria y **consumo de gasóleo** en la explotación.

En el caso de la categoría **uso del suelo** hay que entender que, al tratarse de explotaciones agropecuarias extensivas, el pastoreo es un requisito indispensable y que, por tanto, se desarrolla en grandes extensiones de terreno. Por la importancia que este aspecto tiene se ha desarrollado un anexo en que se trata específicamente el tema de la influencia de este uso del suelo sobre la **biodiversidad**.

La categoría **cambio climático** presenta una especial relevancia en el impacto total, influenciada principalmente por las emisiones derivadas de la **fermentación entérica** de los animales que contribuyen en un 85-88 % en el caso del bovino de carne, un 70-90 % en el ovino de carne y un 50-70 % en el caprino de leche.

En el caso de la categoría ambiental de la formación de **micropartículas**, está muy influenciada por las **emisiones** de los animales durante el pastoreo y la aplicación de las deyecciones ganaderas de la estabulación hibernal o nocturna.

La importancia del **consumo de agua** se debe, más que a la cantidad consumida, al valor que ésta tiene por tratarse mayoritariamente de una región semiárida con escasa disponibilidad de agua. La metodología seguida recomienda utilizar los factores de caracterización, FC, propios del país, esto es $FC_{\text{SPAIN}} = 77,7 \text{ m}^3 \text{ eq/m}^3$ consumido. El valor promedio de España es un valor alto, en cuanto que dicho valor va relacionado con la disponibilidad de agua, siendo ésta un recurso muy limitado en gran parte del territorio. Dado que en el presente estudio se conocía la ubicación exacta de las fincas, ha parecido más apropiado utilizar el específico de la cuenca hidrográfica, $6,63 \text{ m}^3 \text{ eq/m}^3$ consumido, ahora bien, este factor se ha aplicado para el agua procedente de fuentes naturales in situ, para el resto agua de red, se ha optado por el factor de caracterización de país. Cabrá estar atentos puesto que el uso de uno u otro significa aumentar por más de 10 el impacto, en cualquier caso, la gestión del agua resulta un aspecto claramente prioritario.

Cabe añadir que el análisis se hace teniendo en cuenta que estamos analizando un sistema productivo alimentario, pero también se debe tener en cuenta que dicha actividad genera otras funciones, no sólo producir alimento sino funciones de conservación del territorio, paisajes, etc. Por el momento no existe un modelo que incluya estas funciones, por tanto, los valores absolutos obtenidos deberán servir para detectar que punto podemos priorizar para mejorar, comprobar dichas mejoras y para comparar con sistemas de producción similares.

En relación con la calidad de los datos utilizados se pueden definir como buenas, Q promedio = 1,6, evaluándose como 1,4 por los criterios de representatividad geográfica, en tanto que la mayoría de los datos corresponden a datos de la producción propias de las explotaciones, con un 1,6 evaluando el criterio de precisión e incertidumbre, un valor de 1,2 medio con respecto a la representatividad temporal y un valor medio de 2,2 la procedencia de datos secundarios.

Las ~~Tabla 26~~~~Tablas 26~~~~Tabla 27 y 27~~~~Error! No se encuentra el origen de la referencia.~~ presentan una recopilación de estudios previos de evaluación del impacto ambiental con respecto a 1 kg de producto, de pieza de carne comestible. Destacar, sin embargo, una alta variabilidad en los resultados debido al alcance y procesos incluidos en los diferentes estudios, así como las diferentes metodologías empleadas en el cálculo de los impactos. Este hecho hace difícil la comparación de valores absolutos, pero dado que la huella de carbono se basa en todas las metodologías en el trabajo desarrollado por el IPCC, y a pesar de los cambios en factores de caracterización a lo largo del tiempo, se observa que éste oscila entre 31,2 (Casey y Holden, 2006^a) y 49,0 (Alig et al., 2012) kg CO₂ eq per kg de ternera (comestible), 19,8 (Williams et al., 2008) y 52,5 (Blonk et al., 2008) kg CO₂ eq por kg de cordero (comestible), y 15,99 (Michael, 2011) kg CO₂ eq por kg de cabrito (comestible). Cogiendo unos valores por defecto de peso vivo de ternera a carne canal de 52% y de cordero/oveja a carne canal del 47 %; un factor de distribución de cargas entre canal que va a carne del 93 % y otros coproductos del 7%; y una ratio de 71,5% entre carne canal a carne consumo, evidentemente estos son muy variables en función de razas y momento de venta. Y aunque estas comparaciones deben observarse con cautela, pues no siempre se están empleando las mismas metodologías y nos encontramos con particularidades específicas de las granjas analizadas, se observa que nuestros valores están en línea con tendencia a la baja para los casos de ternera y al alta para el caso de cordero.

Por último, también, hay que mencionar que la metodología utilizada, Análisis de Ciclo de Vida, a pesar de ser la recomendada por las autoridades científicas y políticas, Comisión Europea, Programa Ambiental de las Naciones Unidas, Programa Ambiental de Ganadería de la FAO presenta todavía carencias metodológicas, en vías de mejora, es necesario, por lo tanto, ser cuidadosos en la interpretación de los valores absolutos y considerar los resultados presentados como un patrón prospectivo. Estudios como este contribuyen sin duda a este avance metodológico. Por otro lado, queremos incluir en este estudio un avance de lo que sería un cálculo de biodiversidad, basado en el método (Chaudhary y Brooks, 2018) recomendado por la UNEP y LEAP- FAO. Por eso y dado que todavía no hay un método recomendado en línea con la iniciativa de la Comisión Europea lo añadimos como anexo.

Tabla 26. Resumen estudios previos de impacto ambiental carne bovino (adaptado de Poore y Nemecek 2018)

Estudio	Origen datos empleados	Cobertura geográfica	Sistema de producción	Cambio climático, kg CO ₂ eq./UF
TERNERA				
Alig et al. (2012)	datos estimados	Suiza	Convencional y Ecológica	49,0
Casey and Holden (2006a); Blonk et al. (2008)	datos de campo	Irlanda	Convencional y Ecológica	31,2
Cederberg and Nilsson (2004b)	datos de campo	Suecia	Ecológica	38,5
Foley et al. (2011)	datos estimados	Irlanda	Convencional varios	36,6
Mogensen et al. (2015)	datos estimados	Dinamarca	Convencional Extensivo y Intensivo	42,7
Mogensen et al. (2015)	datos estimados	Suecia	Convencional varios	46,7
Nguyen et al. (2012a)	datos estimados	Francia	Convencional Extensivo	38,3
Nguyen et al. (2013b)	datos estimados	Francia	Convencional Extensivo	43,4
Schroeder et al. (2012)	datos de campo	UK	Convencional	42,3

Tabla 27. Resumen estudios previos de impacto ambiental carne ovino y caprino a puerta de granja (adaptado de Poore y Nemecek 2018)

Estudio	Origen datos empleados	Cobertura geográfica	Sistema de producción	Cambio climático, kg CO ₂ eq./UF
OVELLA/XAI				
(Bell et al., 2012)	Datos secundarios o estimados	Australia	Pienso y Pasto, 11-15 ovejas/ha	42,7
(Biswas et al., 2010)	Datos de campo	Australia	Pastura	23,7
(Michael, 2011)	Datos secundarios o estimados	Australia	Pienso y Pasto	28,9
(Stephen G. Wiedemann et al., 2015)	Datos procedentes encuestas	Australia	Pasto	22
(S. Wiedemann et al., 2015)	Datos de campo y estadísticos	Australia	Pienso y Pasto	28,1
(S. G. Wiedemann et al., 2016)	Datos de campo y estadísticos	Australia	Producción lana	32,2
(Dollé et al., 2011)	Datos de campo y estimados	Francia		36,6
(O'Brien et al., 2016)	Datos estadísticos o estimados	Irlanda		42,4 (
(Blonk et al., 2008)	Datos estimados	Holanda		52,5
(Stephen G. Wiedemann et al., 2015)	Datos procedentes encuestas	Nueva Zelanda		37,2
(Stephen G. Wiedemann et al., 2015)	Datos de campo y estadísticos	Reino Unido		37,6
(Williams et al., 2008)	Datos secundarios o estimados	Reino Unido		19,8
CABRIT				
(Michael, 2011)	Combinación datos primarios y secundarios	Australia	Pasto y pienso convencional	15,99

6. Referencias

- Agribalyse. (n.d.). *Recherche Agribalyse*. <https://agribalyse.ademe.fr/>.
- Alemu, A. W., Ominski, K. H., Tenuta, M., Amiro, B. D., & Kebreab, E. (2016). Evaluation of greenhouse gas emissions from HOG manure application in a Canadian cow-calf production system using whole-farm models. *Animal Production Science*, 56(10), 1722–1737. <https://doi.org/10.1071/AN14994>
- Alig, M., Grandl, F., Mieleitner, J., Nemecek, T., & Gaillard, G. (2012). *Life Cycle Assessment of Beef, Pork and Poultry*. September, 8.
- Basarab, J., Baron, V., López-Campos, Ó., Aalhus, J., Haugen-Kozyra, K., & Okine, E. (2012). Greenhouse gas emissions from calf- and yearling-fed beef production systems, with and without the use of growth promotants. *Animals*, 2(2). <https://doi.org/10.3390/ani2020195>
- Basset-mens, C., Jungbluth, N., Schenck, R., & Baumgartner, D. (2015). Life Cycle Assessment in the Agri-food Sector. In *Life Cycle Assessment in the Agri-food Sector*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-11940-3>
- Beauchemin, K. A., Janzen, H. H., Little, S. M., McAllister, T. A., & McGinn, S. M. (2011). Mitigation of greenhouse gas emissions from beef production in western Canada - Evaluation using farm-based life cycle assessment. *Animal Feed Science and Technology*, 166–167. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.04.047>
- Bell, M. J., Eckard, R. J., & Cullen, B. R. (2012). The effect of future climate scenarios on the balance between productivity and greenhouse gas emissions from sheep grazing systems. *Livestock Science*, 147(1–3). <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.04.012>
- Biswas, W. K., Graham, J., Kelly, K., & John, M. B. (2010). Global warming contributions from wheat, sheep meat and wool production in Victoria, Australia-a life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, 18(14). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.05.003>
- Blonk, H., Kool, A., & Luske, B. (2008). Milieueffecten van Nederlandse consumptie van eiwitrijke producten [Environmental effects of Dutch consumption of protein-rich products]. *Blonk Milieu Advies, Gouda*.
- Cardoso, A. S., Berndt, A., Leytem, A., Alves, B. J. R., de Carvalho, I. das N. O., de Barros Soares, L. H., Urquiaga, S., & Boddey, R. M. (2016). Impact of the intensification of beef production in Brazil on greenhouse gas emissions and land use. *Agricultural Systems*, 143. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2015.12.007>
- Casey, J. W., & Holden, N. M. (2006). Greenhouse Gas Emissions from Conventional, Agri-Environmental Scheme, and Organic Irish Suckler-Beef Units. *Journal of Environmental Quality*, 35(1). <https://doi.org/10.2134/jeq2005.0121>
- Cederberg, C., & Nilsson, B. (2004). *Livscykelanalys (LCA) av ekologisk nötköttsproduktion i ranchdrift. (Life cycle assessment of organic beef production using ranch production system.) SIK report no 718 (2004)*. Swedish Institute for Food and Biotechnology, Gothenburg.
- Cederberg, Christel, Meyer, D., & Flysjö, A. (2009). Life cycle inventory of greenhouse gas emissions and use of land and energy in Brazilian beef production. In *SIK Report No 792 (Issue 792)*.
- Celis, J. E., Sandoval, N., & Wells, G. (2013). CARBON FOOTPRINT ESTIMATION RESULTING FROM

- BEEF CATTLE AT THE CENTRAL IRRIGATED VALLEY, BIO-BIO REGION, CHILE. *Annals of Agrarian Science*, 11(1).
- Chaudhary, A., & Brooks, T. M. (2018). Land Use Intensity-Specific Global Characterization Factors to Assess Product Biodiversity Footprints. *Environmental Science and Technology*, 52(9), 5094–5104. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b05570>
- DACC. (2021a). *Estadístiques bàsiques d'oví i cabrum. Servei d'Estadística i Preus Agroalimentaris del Gabinet Tècnic del DARP*. <http://agricultura.gencat.cat/ca/departament/estadistiques/ramaderia/nombre-effectius/ovi-cabrum/>
- DACC. (2021b). *Nombre de caps de bestiar oví i cabrum. Novembre 2019*.
- DARP. (2010). Dossier tècnic 43. Races autòctones I. *Dossier Tècnic*, 43(I), 36.
- DARP. (2014). *Dossier Tècnic 68. Alimentació d'oví*.
- Dick, M., Abreu Da Silva, M., & Dewes, H. (2015). Life cycle assessment of beef cattle production in two typical grassland systems of southern Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 96. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.080>
- Dollé, J. B., Manneville, V., Gac, A., & Charpiot, A. (2011). *Emissions de gaz à effet de serre et consommations d'énergie des viandes bovines et ovines françaises: revue bibliographique et évaluations sur l'amont agricole*. Institut de l'Élevage, Paris.
- EC. (2013). *Overview and methodology. Data quality guideline for the ecoinvent database version 3 - 2-0 LCA consultants*.
- EC. (2017). *PEFCR Guidance document, - Guidance for the development of Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCRs), version 6.3*.
- EMEP/EEA. (2019). Air pollutant emission inventory guidebook 2019: Technical guidance to prepare national emission inventories. *EEA Technical Report, 12/2019*. <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019>
- EPD. (2021). Dairy Products. *Encyclopedia of Microbiology*, 34–44. <https://doi.org/10.1016/B978-012373944-5.00120-6>
- European Commission. (2018). *PEFCR Dairy Products*. 1–168.
- FAO; LEAP. (2020). Biodiversity and the livestock sector. In *Livestock Environmental Assessment and Performance (LEAP) Partnership*.
- FAO. (2016). *Environmental Performance of Large Ruminant Supply Chains: Guidelines for assessment*. *Livestock Environmental Assessment and Performance Partnership*. FAO, Rome, Italy (Version 1).
- Foley, P. A., Crosson, P., Lovett, D. K., Boland, T. M., O'Mara, F. P., & Kenny, D. A. (2011). Whole-farm systems modelling of greenhouse gas emissions from pastoral suckler beef cow production systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 142(3–4). <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.05.010>
- I.S.O. (2006). *14044:2006/AMD 2:2020 Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines — Amendment 2*. <https://www.iso.org/standard/76122.html>
- IDF. (2015). A common carbon footprint approach for dairy sector: the IDF guide to standard lifecycle assessment methodology. Bulletin of the International Dairy Federation, 479/2015. *International Dairy Journal*, 7(4), 283. <https://doi.org/10.1016/s0958->

6946(97)88755-9

- IPCC. (2019). 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Emissions From Livestock and Manure Management. *Forestry*, 4.
- ISO-14040. (2006). *Environmental management-Life cycle assessment-Principles and framework*. International Organisation for Standardisation ISO.
- Legesse, G., Beauchemin, K. A., Ominski, K. H., McGeough, E. J., Kroebel, R., MacDonald, D., Little, S. M., & McAllister, T. A. (2016). Greenhouse gas emissions of Canadian beef production in 1981 as compared with 2011. *Animal Production Science*, 56(3). <https://doi.org/10.1071/AN15386>
- MAPA. (n.d.). *Pliego de prescripciones técnicas para el suministro de alimentos y bebidas: Lote vi.- leche, quesos, yogures y derivados lácteos*. 1–9.
- MAPA. (2017). *Bases zootécnicas para el cálculo del balance alimentario de nitrógeno y de fósforo ovino*. 50–64.
- Mazetto, A. M., Feigl, B. J., Schils, R. L. M., Cerri, C. E. P., & Cerri, C. C. (2015). Improved pasture and herd management to reduce greenhouse gas emissions from a Brazilian beef production system. *Livestock Science*, 175. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.02.014>
- Michael, D. (2011). *Carbon reduction benchmarks and strategies: new animal products*. (Issue 11).
- Mogensen, L., Kristensen, T., Nielsen, N. I., Spleth, P., Henriksson, M., Swensson, C., Hessle, A., & Vestergaard, M. (2015). Greenhouse gas emissions from beef production systems in Denmark and Sweden. *Livestock Science*, 174. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.01.021>
- Nemecek, T. & Thoma, G. (2020). Allocation between milk and meat in dairy LCA: critical discussion of the International Dairy Federation's standard methodology. In: 12th International Conference on Life Cycle Assessment of Food LCA Food 2020, Berlin, Germany, 13–16 October 2020
- Nguyen, T. T. H., Doreau, M., Eugène, M., Corson, M. S., Garcia-Launay, F., Chesneau, G., & Van Der Werf, H. M. G. (2013). Effect of farming practices for greenhouse gas mitigation and subsequent alternative land use on environmental impacts of beef cattle production systems. *Animal*, 7(5). <https://doi.org/10.1017/S1751731112002200>
- Nguyen, T. T. H., van der Werf, H. M. G., Eugène, M., Veysset, P., Devun, J., Chesneau, G., & Doreau, M. (2012). Effects of type of ration and allocation methods on the environmental impacts of beef-production systems. *Livestock Science*, 145(1–3). <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.02.010>
- O'Brien, D., Bohan, A., McHugh, N., & Shalloo, L. (2016). A life cycle assessment of the effect of intensification on the environmental impacts and resource use of grass-based sheep farming. *Agricultural Systems*, 148. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.07.004>
- Pashaei Kamali, F., van der Linden, A., Meuwissen, M. P. M., Malafaia, G. C., Oude Lansink, A. G. J. M., & de Boer, I. J. M. (2016). Environmental and economic performance of beef farming systems with different feeding strategies in southern Brazil. *Agricultural Systems*, 146. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.04.003>
- Pelletier, N., Pirog, R., & Rasmussen, R. (2010). Comparative life cycle environmental impacts of three beef production strategies in the Upper Midwestern United States. *Agricultural Systems*, 103(6). <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2010.03.009>

- Phetteplace, H., Johnson, D., & Seidl, A. (2001). Greenhouse gas emissions from simulated beef and dairy livestock systems in the United States. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 60, 99–102. <https://doi.org/10.1023/A:1012657230589>
- Picasso, V. D., Modernel, P. D., Becoña, G., Salvo, L., Gutiérrez, L., & Astigarraga, L. (2014). Sustainability of meat production beyond carbon footprint: A synthesis of case studies from grazing systems in Uruguay. *Meat Science*, 98(3). <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.07.005>
- Pizzol, M., Laurent, A., Sala, S., Weidema, B., Verones, F., & Koffler, C. (2017). Normalisation and weighting in life cycle assessment: quo vadis? *International Journal of Life Cycle Assessment*, 22(6), 853–866. <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1199-1>
- Poore, J. and Nemecek, T. (2018) Reducing food’s environmental impacts through producers and consumers. *Science* 360, Issue 6392, pp. 987-992 . DOI: 10.1126/science.aaq0216
- PRéConsultants. (2020). *SimaPro 9.1.1.7*.
- Ridoutt, B. G., Sanguansri, P., Freer, M., & Harper, G. S. (2012). Water footprint of livestock: Comparison of six geographically defined beef production systems. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 17(2), 165–175. <https://doi.org/10.1007/s11367-011-0346-y>
- Ridoutt, B. G., Sanguansri, P., & Harper, G. S. (2011). Comparing carbon and water footprints for beef cattle production in Southern Australia. *Sustainability*, 3(12). <https://doi.org/10.3390/su3122443>
- Roberto Schroeder, Luís Kluwe Aguiar, & Richard Baines. (2012). Carbon Footprint in Meat Production and Supply Chains. *Journal of Food Science and Engineering*, 2(11), 652–665. <https://doi.org/10.17265/2159-5828/2012.11.005>
- Robertson, K., Symes, W., & Garnham, M. (2015). Carbon footprint of dairy goat milk production in New Zealand. *Journal of Dairy Science*, 98(7), 4279–4293. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-9104>
- Roop, D. J., Shrestha, D. S., & Saul, D. A. (2013). Cradle-to-gate life cycle assessment of locally produced beef in the Palouse region of the Northwestern U.S. *Transactions of the ASABE*, 56(5). <https://doi.org/10.13031/trans.56.10122>
- Rotz, C. A., Isenberg, B. J., Stackhouse-Lawson, K. R., & Pollak, E. J. (2013). A simulation-based approach for evaluating and comparing the environmental footprints of beef production systems. *Journal of Animal Science*, 91(11), 5427–5437. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-6506>
- Siqueira, T. T. S., & Duru, M. (2016). Economics and environmental performance issues of a typical Amazonian beef farm: A case study. *Journal of Cleaner Production*, 112. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.10.032>
- Vergé, X. P. C., Dyer, J. A., Desjardins, R. L., & Worth, D. (2008). Greenhouse gas emissions from the Canadian beef industry. *Agricultural Systems*, 98(2). <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2008.05.003>
- Wernet, G., Bauer, C., Steubing, B., Reinhard, J., Moreno-Ruiz, E., & Weidema, B. (2016). The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, [Online, 21(9), 1218–1230.
- White, R. R., Brady, M., Capper, J. L., McNamara, J. P., & Johnson, K. A. (2015). Cow-calf reproductive, genetic, and nutritional management to improve the sustainability of whole

beef production systems. *Journal of Animal Science*, 93(6), 3197–3211. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8800>

Wiedemann, S. G., Yan, M. J., Henry, B. K., & Murphy, C. M. (2016). Resource use and greenhouse gas emissions from three wool production regions in Australia. *Journal of Cleaner Production*, 122, 121–132. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.02.025>

Wiedemann, S., McGahan, E., Murphy, C., Yan, M. J., Henry, B., Thoma, G., & Ledgard, S. (2015). Environmental impacts and resource use of Australian beef and lamb exported to the USA determined using life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, 94, 67–75. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.01.073>

Wiedemann, Stephen G., Ledgard, S. F., Henry, B. K., Yan, M. J., Mao, N., & Russell, S. J. (2015). Application of life cycle assessment to sheep production systems: investigating co-production of wool and meat using case studies from major global producers. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 20(4), 463–476. <https://doi.org/10.1007/s11367-015-0849-z>

Williams, A. ., Pell, E., Webb, J., Tribe, E., Evans, D., Moorhouse, E., & Watkiss, P. (2008). *Final Report for Defra Project FO0103, Comparative Life Cycle Assessment of Food Commodities Procured for UK Consumption through a Diversity of Supply Chains*. May, 60.

ANEXO A. Indicador Biodiversidad

ÍNDICE

- A1. Introducción
- A2. Metodología
- A3. Resultados
- A4. Discusión
- A5. Conclusión
- A6. Referencias

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA A1. CLASIFICACIÓN USOS DEL SUELO DE ACUERDO A LA METODOLOGÍA DE CHAUDHARY AND BROOKS (2018)

TABLA A2 USOS DE SUELO CONSIDERADOS EN LAS SIETE GRANJAS ANALIZADAS.

TAULA A3 FACTORES DE CARACTERIZACIÓN, FC, ESPECIFICADOS POR TAXÓN Y AGREGADO PARA LOS DIFERENTES TIPOS DE USO DE SUELO Y LAS DIFERENTES ECOREGIONES (CHAUDHARY I BROOKS 2018)

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA A.1. LOCALIZACIÓN FINCAS Y ECOREGIONES LOCALES INVOLUCRADAS

FIGURA A2. DAÑO A LA BIODIVERSIDAD CON LOS CORRESPONDIENTES INTERVALOS DE CONFIANZA DE 2,5% - 97,5%
CORRESPONDIENTE A LAS DIFERENTES GRANJAS ANALIZADAS

FIGURA A3. DAÑO A LA BIODIVERSIDAD EXPRESADA COMO PÉRDIDA POTENCIAL DE ESPECIES, MAMÍFEROS, AVES, ANFIBIOS Y
REPTILES POR CADA UNA DE LAS GRANJAS ANALIZADAS

FIGURA A4 DAÑO A LA BIODIVERSIDAD EXPRESADA COMO PÉRDIDA POTENCIAL DE ESPECIES POR PRODUCTOS CÁRNICOS
OBTENIDOS POR LAS DIFERENTES GRANJAS ANALIZADAS

FIGURA A5 DAÑO A LA BIODIVERSIDAD EXPRESADA COMO PÉRDIDA POTENCIAL DE ESPECIES POR PRODUCTOS LÁCTEOS
OBTENIDOS POR LAS DIFERENTES GRANJAS ANALIZADAS

FIGURA A6 PÈRDIDA POTENCIAL ESPECIES POR 100 HA DE ACUERDO A DIFERENTES USOS DEL SUELO EN ECOREGION PA0433

A1. Introducción

La inclusión de la biodiversidad y servicios ecosistémicos en la evaluación ambiental es un área de trabajo cada vez más importante. Actualmente la iniciativa de Huella Ambiental de la Comisión Europea (EC 2017) no recomienda aún ningún modelo para incluir una categoría de impacto de biodiversidad. Dicha iniciativa se encuentra en fase de conducir casos de estudio y probar una selección de potenciales indicadores. Es por lo que este indicador no se ha incluido en el análisis previo. Pero dada la importancia que la producción ganadera, especialmente la de tipo más extensivo, puede tener sobre este indicador y siguiendo otras iniciativas, se ha creído oportuno en este documento la aplicación de un primer indicador recomendado por defecto tanto por la iniciativa de Ciclo de Vida del Programa Ambiental de las Naciones Unidas (UNEP) (Jolliet y col 2018) como por el de la evaluación ambiental y desempeño ecológico de la ganadería (LEAP, Livestock Environmental Assessment Performance) (FAO 2020). Es también, por ello, uno de los indicadores que está sobre la mesa de la iniciativa ambiental EF (EC 2017) para ser contrastado. Éste es el indicador desarrollado por Chaudhary y Brooks (2018) para evaluar los impactos sobre la biodiversidad debido a diferentes usos del suelo.

Ambos términos, biodiversidad y servicios ecosistémicos, acostumbran a aparecer conjuntamente a pesar de que representan conceptos diferentes, aunque estrechamente ligados. La biodiversidad es un concepto que describe la variabilidad de la vida en la Tierra. Los indicadores utilizados para medir la biodiversidad se pueden describir en términos de tres niveles (genes, especies y ecosistemas) y tres atributos (composición, función y estructura). Composición se refiere a la cantidad y variedad de elementos de biodiversidad, como las especies presentes o el tipo de hábitat. La función describe el proceso ecológico y evolutivo que actúa entre los elementos (por ejemplo, relación depredador-presa). La estructura, la organización física de elementos, como la configuración espacial (Antón y col. 2016).

Los servicios ecosistémicos tienen, por definición, un enfoque antropocéntrico. Son las contribuciones directas o indirectas de los ecosistemas al bienestar humano. Para considerar algún servicio como ecosistémico, debe tener demanda humana. Sin embargo, no quiere decir que los servicios ecosistémicos promuevan una visión utilitaria de la naturaleza; tienen como objetivo destacar los procesos de ecosistemas que contribuyen al bienestar. De hecho, la diversidad biológica a nivel de especies y poblaciones está estrechamente ligada al funcionamiento de los ecosistemas y se supone que influye positivamente en la provisión de servicios ecosistémicos particulares; antes de que se estableciera el consenso científico sobre la relación mutua entre los servicios ecosistémicos y la biodiversidad (Liquete et al 2016), los servicios ecosistémicos se convirtieron en una herramienta política para proteger la biodiversidad principalmente como resultado del plan estratégico global 2011-2020 del Convenio sobre la Diversidad Biológica (objetivos de biodiversidad de Aichi).

En el marco de los estudios de ACV, las diversas vías de impacto tales como cambio climático, consumo hídrico, eutrofización, etc, conducen a efectos sobre la pérdida de biodiversidad y daño a los ecosistemas. En los estudios de ACV, estas vías de impacto han sido cuantificadas con indicadores conocidos popularmente como indicadores intermedios, para después confluir todos ellos en un indicador final de daño ambiental a la calidad de los ecosistemas estrechamente relacionado con indicadores de pérdida de biodiversidad. Por ejemplo, en el marco de los trabajos realizados por la Comisión Europea se ha recomendado utilizar como indicador la fracción de especies potencialmente desaparecida (PDF) debida, por ejemplo, a

contaminación química. Pero, de hecho, ecosistemas y biodiversidad son conceptos complejos con alta especificidad a escala local, siendo muy difícil, por tanto, de medir y agregar los impactos que se producen a lo largo del ciclo de vida del producto, simplificando y utilizando una única métrica (Milá i Canals y de Baan, 2015).

En este sentido y dado que se hace evidente que el uso del suelo es uno de los principales motores de la pérdida de biodiversidad (seguido del cambio climático (MA, 2005)), son muchos los autores que centran el desarrollo de un indicador de pérdida de biodiversidad directamente en relación a los impactos del uso del suelo (Lindeijer, 2000; Curran et al., 2011; Koellner et al., 2013; Souza et al., 2015; Antón y col, 2016; etc), y es por eso que en este documento nos centraremos en el manejo y uso de suelo como aspecto a considerar en el cálculo de un indicador de pérdida de biodiversidad, aplicando el método de Chaudhary and Brooks (2018) recomendado por UNEP i LEAP-FAO.

A2. Metodología

A2.1 Indicador pérdida de biodiversidad

El indicador de pérdida de biodiversidad Chaudhary y Brooks (2018) tiene en cuenta: i) el efecto que la ocupación del suelo tiene reduciendo o desplazando especies que, sin dicha actividad/ocupación, existirían en esta área ocupada; ii) la relativa abundancia y afinidad de estas especies dentro de la ecorregión donde se incluye la actividad; y iii) la contribución al riesgo de extinción a nivel global (mundial) para las especies afectadas.

El indicador se expresa como daño a la biodiversidad (BD, Biodiversity Damage) (ecuación 1). Las unidades empleadas son Pérdida Potencial de Especies y se deriva de la aplicación de un modelo que relaciona riqueza de especies que se da en un área determinada debido a una actividad concreta con relación a una referencia si esta actividad no tuviera lugar. Adicionalmente, este valor se pondera con un factor de vulnerabilidad o riesgo de extinción de especies existentes en la ecorregión específica donde se desarrolla la actividad.

$$BD = \sum A_u * FC_{e,u} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Dónde:

BD: Daño Biodiversidad expresado como Potencial Pérdida de Especies

A: Área ocupada, expresada en m², por los diferentes usos de suelo, *u*

FC: factor de caracterización, expresado como Potencial Pérdida de Especies/m², correspondiente a la ecorregión, *e*, y a los diferentes usos de suelo, *u*.

Para estimar el daño potencial a la biodiversidad por tonelada de producto, *BD* de la ecuación 1 se divide por los rendimientos, *Y*, de los productos producidos en cada granja, en base a los criterios de distribución de cargas definidos previamente, utilizando Ecuación 2

$$BD_{granja,i} = \frac{BD_{granja}}{Y_{granja,i}} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Los factores de caracterización, *FC*, han sido calculados para las 804 ecorregiones terrestres, que cubren todos los biomas terrestres (Olsson et al 2006), diferente tipo de usos del suelo, y cinco taxones: aves, mamíferos, reptiles, anfibios y plantas. Los grupos taxonómicos se pueden analizar por separado o se pueden agregar para representar la fracción total de especies potencialmente desaparecidas. Los tipos de usos del suelo cubiertos incluyen urbanización,

cultivos, pastos, silvicultura y explotación de bosques, con tres tipos de manejo, intensivo, mínimo y ligero. La tabla B1 incluye una descripción de los diferentes manejos del suelo.

Tabla A1. Clasificación usos del suelo de acuerdo a la metodología de Chaudhary and Brooks (2018)

Actividad	Tipo de gestión	Detalles
Silvicultura	Uso mínimo	Plantaciones de madera ampliamente gestionadas o mixtas en las que se mantienen especies nativas de árboles, que no son tratadas con pesticidas o fertilizantes, y que no han sido recientemente (< 20 años) taladas.
	Uso ligero	Plantaciones de madera monocultivo de edad mixta sin tala reciente (< 20 años).
	Uso intenso	Plantaciones de madera monocultivo con árboles o plantaciones de madera igualmente envejecidas con extensas talas recientes (< 20 años).
Pasto	Uso mínimo	Pastos con mínima entrada de fertilizantes y pesticidas, y con baja densidad de animales (no lo suficientemente alta como para causar perturbaciones significativas o para detener la regeneración de la vegetación).
	Uso ligero	Pastos con entrada significativa de fertilizantes o pesticidas, o con alta densidad de stock (lo suficientemente alta como para causar perturbaciones significativas o para detener la regeneración de la vegetación).
	Uso intenso	Pastos con entrada significativa de fertilizantes o pesticidas, y con alta densidad de stock (lo suficientemente alta como para causar perturbaciones significativas o para detener la regeneración de la vegetación).
Cultivo	Uso mínimo	Explotaciones de baja intensidad, típicamente con campos pequeños, cultivos mixtos, rotación de cultivos, poco o ningún uso de fertilizantes minerales, poco o ningún uso de pesticidas, poco o ningún cultivo, poco o ningún riego, poca o ninguna mecanización.
	Uso ligero	Agricultura de intensidad media, típicamente mostrando algunos, pero no muchos de los siguientes rasgos: grandes campos, cultivadas anualmente, aplicación de fertilizantes inorgánicos, aplicación de pesticidas, riego, sin rotación de cultivos, mecanizado, monocultivo. Las granjas ecológicas de los países desarrollados a menudo entran dentro de esta categoría, al igual que la agricultura de alta intensidad en los países en desarrollo.
	Uso intenso	Monocultivo de alta intensidad, mostrando muchas de las siguientes características: grandes extensiones, labrar anualmente, aplicación de fertilizantes inorgánicos, aplicación de pesticidas, riego, mecanizado, sin rotación de cultivos
Urbana	Uso mínimo	Amplios espacios verdes gestionados, pueblos
	Uso ligero	Suburbanos o pequeños espacios verdes gestionados o no gestionados en las ciudades
	Uso intenso	Totalmente urbano sin espacios verdes significativos.

A2.2 Granjas analizadas

Con el fin de aplicar el indicador seleccionado habrá que hacer una clasificación de los diferentes usos del suelo, tanto directos como indirectos, con relación a la actividad de la granja. Se entiende por directos los relacionados con la actividad in situ, e indirectos aquellos relacionados con las diferentes entradas a granja, principalmente piensos. Por ser considerada este un primer ejercicio de cuantificación, se han simplificado estas indirectas, centrándonos en los principales ingredientes del pienso (trigo, cebada, maíz, alfalfa y soja) asumiendo producción local y cultivo importado del Brasil para el caso de la soja. A partir de las producciones comarcales medias (DARP 2019) en el caso de los cultivos locales y (Faostat 2019) para el caso de los cultivos importados se ha derivado área ocupada por la cantidad consumida.

Las granjas analizadas se encuentran localizadas en la ecorregión PA0433 “Bosques coníferas de los Pirineos y bosques mixtos”, excepto Granja 6 que se localiza en la ecorregión PA1215 “Bosques Mediterráneo del Nordeste de España y el sur de Francia” (Olsson y col 2001) (figura B1). El criterio para la ubicación de los campos de cultivo para el pienso más significativo ha sido la consideración de que pasto, forraje heno y alfalfa son producciones locales en ecorregión idéntica a localización granja y trigo, maíz y cebada procedente comarcas de Lleida (ex Segarra, Noguera) correspondientes a la ecorregión PA1209, “Bosques esclerófilos ibéricos y semicaducifolios”. La soja se considera importada del Brasil, ecorregión NT0704 “Cerrado”.



Figura A.1. Localización fincas y ecorregiones locales involucradas

Para determinar intensidad de uso en pasto se han calculado las unidades de ganado mayor (UGM) por ha y año atendiendo a los criterios de Taüll y col. (2016). En el caso de los cultivos para pienso la producción en secano de trigo y cebada se ha considerado uso mínimo, la producción de alfalfa y maíz en regadío como de uso ligero y soja uso intenso. La tabla B2 presenta una descripción de los diferentes usos de suelo de las 7 granjas analizadas y correspondiente valorización de acuerdo con los criterios establecidos en la tabla B1.

Tabla A2 Usos de suelo considerados en las siete granjas analizadas.

	Granja 1	Granja 2	Granja 3	Granja 4	Granja 5	Granja 6	Granja 7
Localización	Oveix	Lladorre	Llesú	Anàs	Castellbó	La Nou de Berguedà	València d'Anèu
Especie	Bovino carne	Bovino carne	Bovino carne	Ovino carne	Ovino carne	Caprino carne y leche	Caprino carne y leche
Pasto	280 ha Prado	183 ha Prado	222 ha Prado	50 ha Prado	85 ha Prado		80 ha Prado
	120 ha Matorral	78 ha Bosque	122,2 ha Bosque		80 ha Matorral 30 Bosque	90 ha Bosque	100 ha Bosque
	UBM granja: 0,46 /ha	UBM granja: 0,35 /ha	UBM granja: 0,48 /ha	UBM granja: 0,24 /ha	UBM granja: 0,33 /ha	UBM granja: 0,20 /ha	UBM granja: 0,13 /ha
	Pasto, uso mínimo	Pasto, uso mínimo	Pasto, uso mínimo	Pasto, uso mínimo	Pasto, uso mínimo	Pasto, uso mínimo	Pasto, uso mínimo
Construcción	400 m ²	220 m ²	1080 m ²	644 m ²	300 m ²	250 m ²	250 m ²
	Urbano, uso mínimo	Urbano, uso mínimo	Urbano, uso mínimo	Urbano, uso mínimo	Urbano, uso mínimo	Urbano, uso mínimo	Urbano, uso mínimo
Cultivos	30 ha forraje heno	15,6 ha forraje heno	35,8 ha forraje heno		6 ha forraje heno	12 ha forraje heno	6 ha forraje heno
			0,44 ha cebada	0,22 ha cebada	0,28 ha, cebada	2,8 ha, cebada	0,5 ha, cebada
			0,41 ha trigo	0,02 ha trigo	0,12 ha, trigo	2,5 ha, trigo	0,6 ha, trigo
	Cultivo uso mínimo	Cultivo uso mínimo	Cultivo uso mínimo	Cultivo uso mínimo	Cultivo uso mínimo	Cultivo uso mínimo	Cultivo uso mínimo
	0,7 ha alfalfa			0,7 ha alfalfa			0,6 ha, alfalfa
			1 ha maíz	0,08 ha maíz	0,27 ha, maíz	1,1 ha, maíz	0,24 ha, maíz
	Cultivo uso ligero	Cultivo uso ligero	Cultivo uso ligero	Cultivo uso ligero	Cultivo uso ligero	Cultivo uso ligero	Cultivo uso ligero
			0,26 ha soja	0,14 ha soja	0,08 ha soja	0,01 ha soja	0,21 ha soja
Cultivo uso intenso	Cultivo uso intenso	Cultivo uso intenso	Cultivo uso intenso	Cultivo uso intenso	Cultivo uso intenso	Cultivo uso intenso	

De acuerdo con los factores de caracterización estimados por esta región (tabla B3) se observa que plantas, en clara diferencia, presentan los factores más vulnerables, un orden de magnitud mayor en las ecorregiones locales, mientras que en la ecorregión Brasil las tasas más vulnerables resultan anfibios, seguidos muy de cerca por aves.

Tabla A3. Factores de Caracterización, FC, especificados por taxón y agregados para los diferentes tipos de uso de suelo y las diferentes ecorregiones (Chaudhary i Brooks 2018)

Uso del suelo	Tipo de gestión	Mamíferos	Aves	Anfibios	Reptiles	Plantas	Agregado
Ecorregión PA0433							
Pasto	mínimo	5,81E-12	1,50E-12	1,90E-11	1,68E-11	5,18E-10	2,14E-13
Cultivo	mínimo	5,24E-12	9,23E-13	1,85E-11	2,01E-11	6,20E-10	2,32E-13
	ligero	6,02E-12	1,13E-12	1,98E-11	2,55E-11	7,87E-10	2,84E-13
	intenso	6,16E-12	1,17E-12	2,01E-11	2,64E-11	8,17E-10	2,93E-13
Construcción	mínimo	6,43E-12	1,38E-12	1,77E-11	3,41E-12	1,05E-10	1,09E-13
Ecorregión PA1209							
Pasto	mínimo	1,94E-12	1,81E-12	2,60E-12	1,86E-12	7,55E-11	4,79E-14
Cultivo	mínimo	1,89E-12	1,55E-12	2,76E-12	2,11E-12	8,56E-11	4,81E-14
	ligero	2,02E-12	1,68E-12	2,77E-12	2,44E-12	9,88E-11	5,29E-14
	intenso	2,04E-12	1,70E-12	2,77E-12	2,48E-12	1,01E-10	5,36E-14
Construcción	mínimo	2,07E-12	1,80E-12	2,76E-12	4,61E-13	1,87E-11	3,60E-14
Ecorregión PA1215							
Pasto	mínimo	1,59E-12	1,20E-12	6,69E-12	1,83E-12	2,48E-10	7,09E-14
Cultivo	mínimo	1,55E-12	1,10E-12	6,77E-12	2,08E-12	2,81E-10	7,53E-14
	ligero	1,65E-12	1,15E-12	6,79E-12	2,40E-12	3,25E-10	8,32E-14
	intenso	1,66E-12	1,16E-12	6,79E-12	2,44E-12	3,31E-10	8,43E-14
Construcción	mínimo	1,66E-12	1,20E-12	6,75E-12	4,54E-13	6,14E-11	4,17E-14
Ecorregión NT0704							
Pasto	mínimo	5,25E-12	7,31E-12	7,96E-12	8,20E-13	5,63E-12	1,09E-13
Cultivo	mínimo	5,24E-12	7,31E-12	7,96E-12	9,29E-13	6,38E-12	1,09E-13
	ligero	5,25E-12	7,31E-12	7,97E-12	1,07E-12	7,37E-12	1,10E-13
	intenso	5,25E-12	7,31E-12	7,97E-12	1,09E-12	7,51E-12	1,10E-13
Construcción	mínimo	5,23E-12	7,32E-12	7,97E-12	2,03E-13	1,39E-12	1,05E-13

A3. Resultados

La figura A2 muestra la potencial pérdida de especies con los correspondientes intervalos de confianza de 2,5% - 97,5% por granja analizada. Se observa que la granja 4 y 6 presentan una contribución de impacto más baja. No habiendo diferencias significativas entre el resto de las granjas, aunque se observa una tendencia mayor en las granjas de vacuno. En este sentido se puede afirmar que el indicador utilizado se corresponde directamente con la superficie de suelo, analizada. Obsérvese que, a mayor superficie ocupada, mayor impacto, es por eso que los resultados se pueden considerar directamente proporcionales a la cantidad de pasto asignado a cada granja. Destacar que el FC para la ecorregión PA1215, ubicación granja 6, es más bajo que el de la ecorregión PA0433, resto de las granjas.

Como se ha comentado previamente el taxon plantas es el que muestra una pérdida más importante, en la figura A3 se muestra la pérdida potencial de especies animales, anfibios y

reptiles, por este orden, también presentan un mayor riesgo. Todas las granjas analizadas presentan el daño más alto para dichos taxones, pues presentan los factores de caracterización más vulnerables, lo que podría orientar hacia alguna política compensatoria de protección de dichas especies. Otra vez se observa que hay diferencias significativas entre granjas 4 y 6 y el resto, mostrando unos valores más altos para la granja 1, seguida por granja 3. Esta gradación se corresponde claramente con el área ocupada.

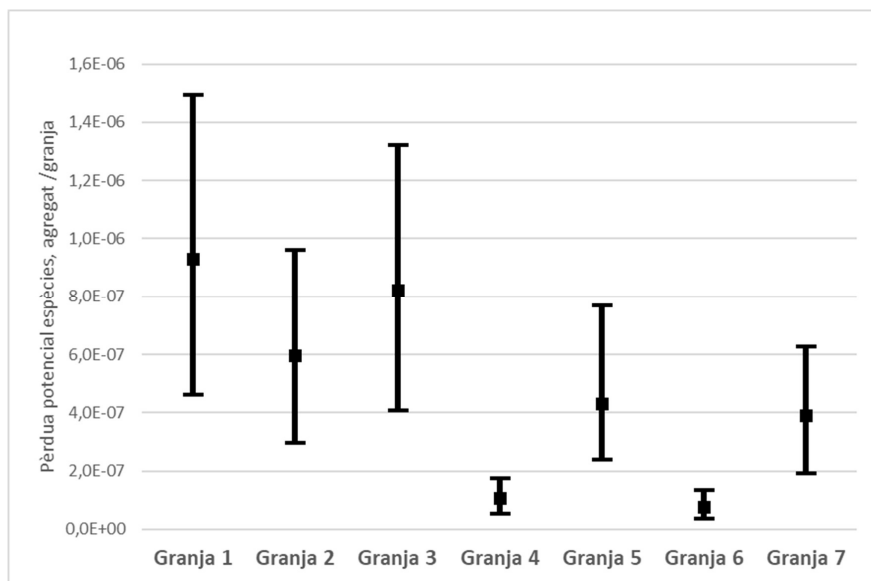


Figura A2. Daño a la biodiversidad con los correspondientes intervalos de confianza de 2,5% - 97,5% correspondiente a las diferentes granjas analizadas

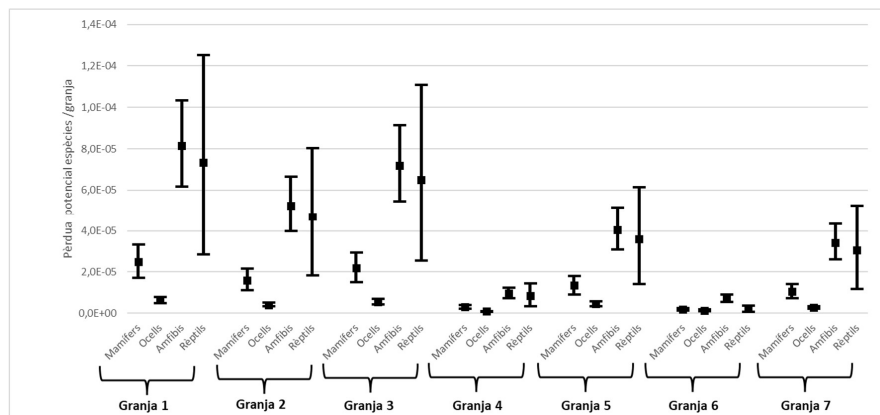


Figura A3. Daño a la biodiversidad expresada como pérdida potencial de especies, mamíferos, aves, anfibios y reptiles por cada una de las granjas analizadas

Las figuras A4 y A5 muestran los valores obtenidos con los correspondientes intervalos de confianza de 2,5% - 97,5% de daño a la biodiversidad por los diferentes productos analizados, cárnicos y lácteos respectivamente. Obviamente, el daño sigue la misma tendencia que los otros

indicadores ambientales, en cuanto en que el cálculo se hace por granja y entonces se distribuye la carga siguiendo los mismos criterios de distribución de cargas.

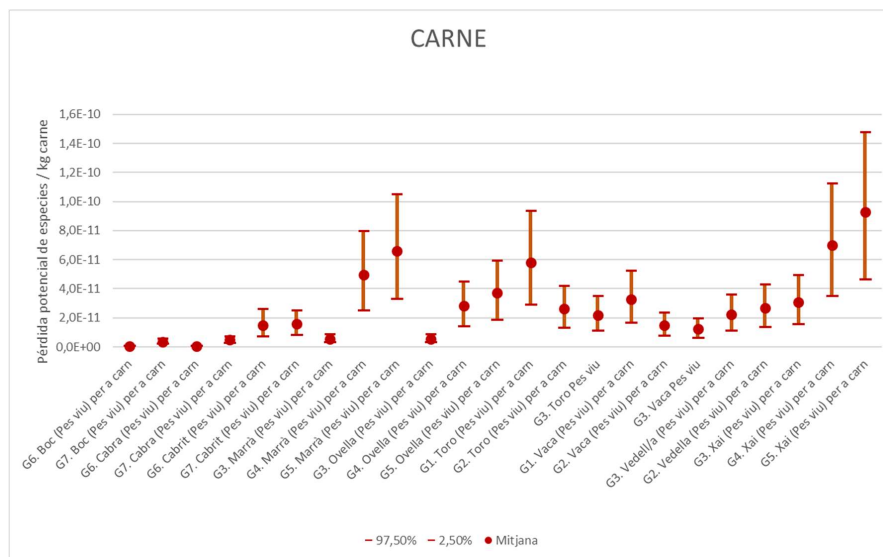


Figura A4. Daño a la biodiversidad expresada como pérdida potencial de especies por productos cárnicos obtenidos por las diferentes granjas analizadas

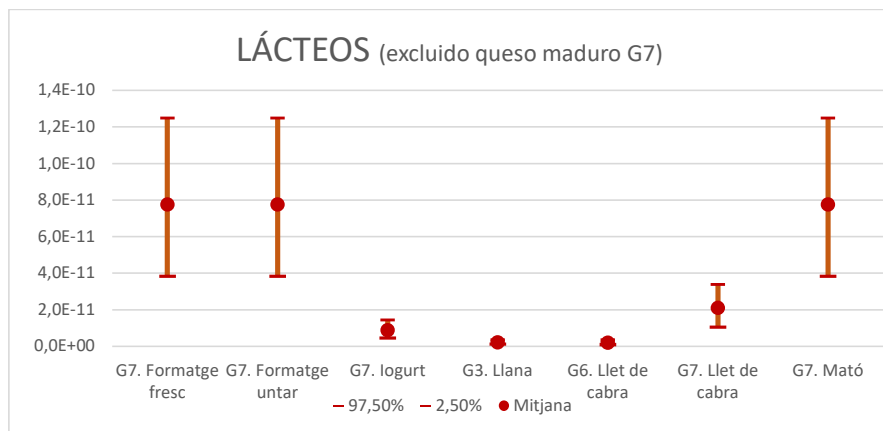


Figura A5. Daño a la biodiversidad expresada como pérdida potencial de especies por productos lácteos obtenidos por las diferentes granjas analizadas

A4. Discusión

La aplicación del indicador de pérdida de biodiversidad recomendado por UNEP y LEAP-FAO nos puede dar una primera aproximación. Aproximación que puede ayudar a destacar rasgos básicos

y generales, por ejemplo, especies vegetales, anfibios y reptiles son los taxones con mayor riesgo en el área estudiada, habría que priorizar políticas en este sentido.

Igualmente, dicho indicador puede ser útil para comprobar a grandes rasgos diferentes usos de suelo, por ejemplo, que significa sustituir 100 ha de pasto mínimo, el definido en las granjas analizadas, por otros tipos de uso de suelo. La figura A6 muestra que la actividad que se lleva a cabo es, en rasgos generales, la más apropiada en ecorregión PA0433. En la ecorregión PA1215 sigue la misma tendencia aunque con diferencias menores.

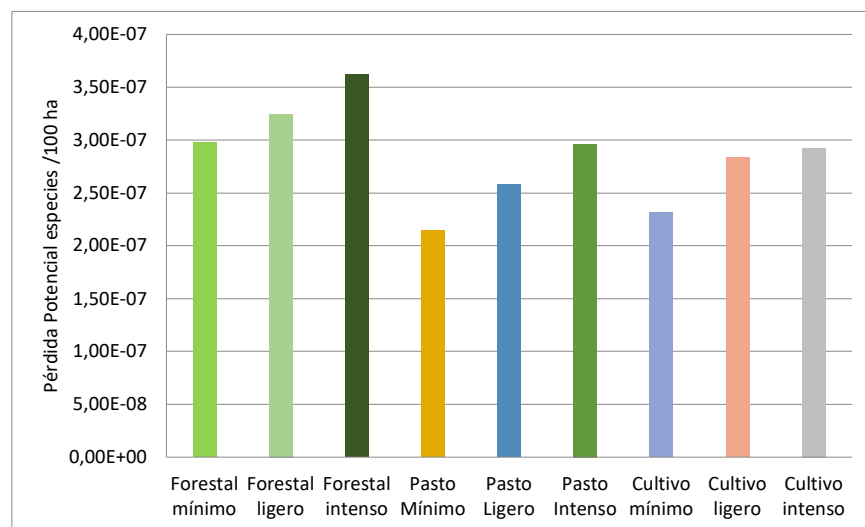


Figura A6. Pérdida potencial de especies por 100 ha de acuerdo a diferentes usos del suelo en la ecorregión PA0433

Como se ha comentado este cálculo se ha hecho para iniciar estudios de aplicación de los indicadores de pérdida de biodiversidad, no habiendo por el momento otros estudios que permitan comparar los resultados. A medida que se vaya disponiendo de más información, de otras granjas, con diferente manejo y localización se podrá ver la utilidad y practicidad de dicho indicador. A priori la comparación entre las diferentes granjas podría llevarnos a pensar que las granjas 4 y 6 presentan un impacto más bajo para la obtención de 1 kg de cabrito, esto vendría explicado por un menor uso de terreno y una producción más alta. Lo que lleva a concluir que la eficiencia productiva es un plus para reducir el impacto, puesto que significa un mejor uso de recursos.

También se interpreta que las diferencias entre los factores de caracterización por los diferentes usos de suelo y correspondientes intensidades son relativamente bajas y lo que realmente destaca es la mayor o menor área ocupada. De hecho, las diferencias entre intensidad en los FCs de Chaudhary y Brooks (2018) son consistentemente bajas en cuanto que dependen demasiado de la proporción de área de un tipo específico de uso de la tierra, y no lo suficiente de la afinidad taxonómica o la intensidad de la gestión (Montemayor y col. enviado), esto conduce a que, de acuerdo a sus resultados, resultaría más importante ahorrar un m² de uso de suelo, que cambios en la gestión, intensidad de manejo, aspecto que podría desacreditar la necesidad de desarrollo de factores específicos, siendo el mensaje utiliza menos suelo, y no utilízalo mejor.

Cabe añadir, también, que la total adjudicación de superficie de pasto a la función de producción animal puede resultar errónea, en cuanto que dicho pasto puede estar cubriendo otras funciones que podríamos relacionar con servicios ecosistémicos, aparte del básico de proporcionar alimentos, de regulación (evitar erosión, ciclos hídricos, nutrientes, polinizadores,...), soporte (ciclos biológicos, prevención incendios, y culturales (paisajes). Aspectos que se recogen parcialmente en el indicador de uso del suelo utilizado en el análisis previo.

Otro aspecto para destacar es la variabilidad propia de los factores de caracterización dificulta el establecimiento claro de opciones mejores claramente significativas. Como este método (Chaudhary and Brooks, 2018) se basa en factores de caracterización estimados a nivel de ecorregión, aplicar y extrapolar estos factores a niveles locales tiene sus limitaciones. No puede explicar los diferentes microclimas, ni los valores regionales de riqueza de especies, afinidad de taxones y vulnerabilidad. Por lo tanto, este método es útil principalmente para comparaciones a nivel de ecorregiones, como piensos importados de otros países.

Por otro lado, se observa que prima más la cantidad de área ocupada que el propio manejo, por lo que se podría deducir que la clasificación en seis usos de suelo y tres intensidades no deja de ser generalista, sería interesante una aproximación más detallada de diferentes prácticas. Se hace, pero, necesario, más ejemplos y comparación con otros indicadores con el fin de disponer de una información más cuidadosa de la influencia de una determinada actividad sobre la biodiversidad.

A5. Conclusión

La aplicación del indicador de pérdida de biodiversidad recomendado por las iniciativas de Ciclo de Vida del programa Ambiental de Naciones Unidas (Jolliet y col 2018) y LEAP (FAO 2020) permite una primera aproximación de cálculo de pérdida de biodiversidad, permitiendo la comparación entre granjas y para diferentes actividades genéricas, observándose para los casos estudiados el beneficio de la actividad realizada. Asimismo, cabe destacar que dicho indicador, en el mismo marco que los estudios de ciclo de vida, prima la eficiencia en la gestión de los recursos. Sin embargo, el aspecto que adquiere más importancia es la cantidad de terreno utilizado, en los casos estudiados siempre pasto, siendo los resultados directamente proporcionales al área ocupada. Por tanto, dicho indicador debería mejorar en la apreciación de usos e intensidades de manejo, excesivamente simplificados con la aproximación “top-down” empleada en su desarrollo, y la falta de monitorización de resultados, aspecto altamente complejo pero necesario. Sería por tanto aconsejable avanzar en el desarrollo de más factores de caracterización que pudieran cubrir más ampliamente usos e intensidades, y contrastar con valores medidos en línea con los trabajos iniciados por Knudsen y col (2017), Luscher y col (2017) Montemayor y col (bajo revisión).

A6. Referencias

- Antón, A., Souza, D.M, Teillard, F., Milà i Canals, LI (2016) Chapter 7. *Addressing biodiversity and ecosystem services in Life cycle assessment*. In Handbook on Biodiversity and Ecosystems Services impact assessment. Davide Geneletti (Ed)
- Chaudhary, A., & Brooks, T. M. (2018). Land Use Intensity-Specific Global Characterization Factors to Assess Product Biodiversity Footprints. *Environmental Science and Technology*,

- 52(9), 5094–5104. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b05570>
- Curran, M., L. de Baan and A.M. de Schryver et al. (2011), 'Toward meaningful end points of biodiversity in life cycle assessment', *Environmental Science & Technology*, 45(1), 70–79.
- DARP (2019). *Superfícies, Rendiments i Produccions Comarcals dels Conreus Agrícoles*. Any 2019. Generalitat de Catalunya. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació. Secretaria General, Gabinet Tècnic.
- EC. (2017). *PEFCR Guidance document, - Guidance for the development of Product Environmental Footprint Category Rules* (PEFCRs), version 6.3.
- FAO. (2020). *Biodiversity and the livestock sector – Guidelines for quantitative assessment*. Version 1. Rome, Livestock Environmental Assessment and Performance Partnership (FAO LEAP). <https://doi.org/10.4060/ca9295en>
- Faostat (2019) Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019. Production: Crops. <http://faostat.fao.org>
- Jolliet, O., Antón, A., Boulay, A., Cherubini, F., Fantke, P., Levasseur, A., McKone, T.E, Michelsen, O., Milà i Canals, L., Motoshita, M., Pfister, S., Verones, F., Vigon, B., Frischknecht, R. (2018) Global guidance on environmental life cycle impact assessment indicators: Impacts of climate change, fine particulate matter formation, water consumption and land use. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 23 (11) 2189-2207 <https://doi.org/10.1007/s11367-018-1443-y>
- Lindeijer, E. (2000), 'Biodiversity and life support impacts of land use in LCA', *Journal of Cleaner Production*, 8(4), 313–19.
- Liquete, C., Cid, N., Lanzanova, D., Grizzetti, B., Reynaud, A., (2016) Perspectives on the link between ecosystem services and biodiversity: The assessment of the nursery function, *Ecological Indicators*, 63, 249-257
- Koellner, T., L. de Baan and T. Beck et al. (2013), 'UNEP-SETAC guideline on global land use impact assessment on biodiversity and ecosystem services in LCA', *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 18(6), 1188–202.
- Knudsen, M.T., Hermansen, J.E., Cederberg, C., Herzog, F., Vale, J., Jeanneret, P., Sarthou, J.P., Friedel, J.K., Balázs, K., Fjellstad, W., Kainz, M., Wolfrum, S., Dennis, P., 2017. Characterization factors for land use impacts on biodiversity in life cycle assessment based on direct measures of plant species richness in European farmland in the 'Temperate Broadleaf and Mixed Forest' biome. *Sci. Total Environ.* <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.11.172>
- Lindeijer, E. (2000), 'Biodiversity and life support impacts of land use in LCA', *Journal of Cleaner Production*, 8(4), 313–19.
- Lüscher, G., Nemecek, T., Arndorfer, M., Balázs, K., Dennis, P., Fjellstad, W., Friedel, J.K., Gaillard, G., Herzog, F., Sarthou, J.P., Stoyanova, S., Wolfrum, S., Jeanneret, P., 2017. Biodiversity assessment in LCA: a validation at field and farm scale in eight European regions. *Int. J. Life Cycle Assess.* <https://doi.org/10.1007/s11367-017-1278-y>
- Milà i Canals, L. and L. de Baan (2015), 'Land use', in M. Hauschild and M. Huijbregts (eds), *Life Cycle Impact Assessment, LCA Compendium – The Complete World of Life Cycle Assessment*, Dordrecht: Springer, pp. 197–222.

- Montemayor, E., Knudsen, M.T., Bonmatí, A., Antón, A. (under review) Life cycle assessment characterization factors for land use impacts on biodiversity in organic and conventional farmland in the European Mediterranean biome. *Journal of Cleaner Production* (submitted)
- Olson, D.; Dinerstein, E.; Wikramanayake, E.; Burgess, N.; Powell, G.; Underwood, E.; D'Amico, J.; Itoua, I.; Strand, H.; Morrison, J.; Loucks, C.; Allnutt, T.; Ricketts, T.; Kura, Y.; Lamoreux, J.; Wettengel, W.; Hedao, P.; Kassem, K. (2001) Terrestrial ecoregions of the worlds: A new map of life on Earth. *BioScience*, 51 (11), 933–938.
- Souza, D.M., R.F.M. Teixeira and O.P. Ostermann (2015), 'Assessing biodiversity loss due to land use with life cycle assessment: are we there yet?', *Global Change Biology*, 21(1), 32–47.
- Taüll, M.; Casals, P.; Baiges, T. (2016). *Tipologies de pastura de les principals formacions arbrades de Catalunya*. Generalitat de Catalunya, Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació - Centre de la Propietat Forestal