

Análisis de ciclo de vida de la carne bovina de exportación de Argentina

Rodolfo Gustavo Bongiovanni¹   Leticia Tuninetti²  Verónica Charlón³   Mariano Minaglia²  

Estación Experimental Agropecuaria Manfredi, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina

Resumen. El objetivo de este estudio fue evaluar el ciclo de vida de la carne vacuna producida en un sistema de cría y recría silvopastoril, con engorde en feedlot, en Santiago del Estero, Argentina y faenada en un frigorífico ubicado en Río Segundo, Córdoba, en base al protocolo Declaración Ambiental de Producto (EPD). La carne se exportó a Miami, Hilden y Santiago de Chile. El EPD evaluó 8 impactos ambientales: 1) Huella de carbono, 2) Agotamiento de recursos materiales, combustibles fósiles, 3) Agotamiento de recursos materiales, 4) Acidificación potencial, 5) Eutrofización potencial, 6) Adelgazamiento de la capa de ozono, 7) Oxidación fotoquímica, 8) Escasez de agua. La unidad declarada fue un kilogramo de carne bovina refrigerada sin hueso, raza europea, envasado y puesta en distribuidor mayorista. El alcance del análisis abarcó desde “la cuna hasta la puerta”, año 2020. La unidad declarada se desglosó en 5 específicas: 1 kg de peso vivo en la tranquera, 1 kg de carne a la salida del frigorífico, y 1 kg de carne en 3 distribuidores mayoristas. La Huella de Carbono fue de 11.91 kgCO₂eq por kg de peso vivo en la tranquera; 28.50 kgCO₂eq por kg carne a la salida del frigorífico; y 31.43 kgCO₂eq, 28.93 kgCO₂eq y 28.60 kgCO₂eq por kg carne en Miami, Hilden y Santiago de Chile, respectivamente. El principal punto crítico en el campo fue la fermentación entérica, seguido por la gestión del estiércol. En el frigorífico, el principal contribuyente fue el consumo de energía. En la logística a EE.UU., el principal impacto fue el flete aéreo (97 %) mientras que, para Alemania, el impacto del flete se repartió en partes iguales entre el terrestre y el marítimo. El flete terrestre a Chile resultó el valor más bajo dentro de los tres destinos estudiados. Los ocho impactos analizados se encontraron dentro de un rango medio con respecto a los valores publicados internacionalmente.

Palabras clave: impactos ambientales, emisiones, Ecoetiquetado, ganadería bovina, huellas

Life cycle analysis of export beef from Argentina

Abstract. The aim of this study was to assess the life cycle of beef cattle produced in a system with breeding and rearing in the field, plus fattening in a feedlot, in Southern Santiago del Estero, Argentina, based upon the protocol Environmental Product Declaration (EPD). The slaughterhouse and packaging facility was located at Río Segundo, Córdoba. The meat was exported to Miami, Hilden and Santiago de Chile. The EPD analyzed 8 environmental impacts: (1) Carbon footprint, (2) Acidification potential, (3) Abiotic depletion of fossil fuels, (4) Abiotic depletion of elements, (5) Eutrophication potential, (6) Ozone layer depletion, (7) Photochemical oxidation, and (8) Water scarcity and. The scope was from cradle to gate for the year 2020, and the declared unit was 1 kg of vacuum-packed beef without bone, fresh and placed at the distributor. The declared unit can be visualized as 1 kg of live weight at the farm, 1 kg of meat at the facility, and 1 kg of meat at the distributors. The carbon footprint was 11.91 kgCO₂eq / kg live weight; 28.50 kgCO₂eq / kg meat at the facility; and 31.43 kgCO₂eq, 28.93 kgCO₂eq and 28.60 kgCO₂eq / kg meat at Miami, Hilden and Santiago de Chile, respectively. The main hotspot in the field was enteric fermentation, followed by manure management. In the slaughterhouse and packaging facility, the main contributor was energy consumption. In logistics to the US, the main impact was air freight (97 %), while for Germany, the impact of freight was divided equally between land and sea. Land freight to Chile was the lowest value among the three destinations studied. The eight impacts analyzed are in an intermediate range with respect to the bibliography.

Keywords: environmental impacts, emissions, ecolabels, beef, footprints

Recibido: 2021-12-31. Aceptado: 2022- 05-29.

¹ Autor para la correspondencia: bongiovanni.rodolfo@inta.gov.ar

² Instituto Nacional de Tecnología Industrial

³ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Rafaela

Análise do ciclo de vida da exportação de carne bovina da Argentina

Resumo. O objetivo deste trabalho foi realizar uma avaliação do ciclo de vida da carne bovina produzida em um sistema silvopastoril de criação com engorda em confinamento na região de Santiago del Estero (Argentina) e abate em um frigorífico localizado em Río Segundo, Córdoba, com base no protocolo da Declaração Ambiental do Produto (DAP). A carne foi exportada para Miami, Hilden e Santiago do Chile. O DAP avalia 8 impactos ambientais: (1) Pegada de carbono, (2) Esgotamento de recursos fósseis, (3) Esgotamento de recursos materiais, (4) Acidificação potencial, (5) Eutrofização potencial, (6) Depleção da camada de ozônio, (7) Oxidação fotoquímica e (8) Escassez de água. A unidade declarada é um quilo de carne bovina desossada refrigerada, oriunda de animais de raça europeia, acondicionada e colocada em atacadista distribuidor. O escopo da análise abrange do "berço à porta", ano de 2020. A unidade declarada pode ser dividida em: 1 kg de peso vivo na fazenda, 1 kg de carne nas instalações do frigorífico e 1 kg de carne em 3 distribuidores atacadistas. A pegada de carbono é de 11.91 kgCO₂eq por kg de peso vivo na porta; 28.50 kgCO₂eq por kg de carne nas instalações do frigorífico; e 31.43 kgCO₂eq, 28.93 kgCO₂eq e 28.60 kgCO₂eq por kg de carne em Miami, Hilden e Santiago do Chile, respectivamente. O principal ponto crítico no campo foi a fermentação entérica, seguida do manejo dos dejetos. No frigorífico, o principal contribuinte foi o consumo de energia. Na logística para os EUA, o principal impacto foi o frete aéreo (97 %) enquanto, para a Alemanha, o impacto do frete foi dividido igualmente entre terrestre e marítimo. O frete terrestre para o Chile foi o de menor valor entre os três destinos estudados. Os oito impactos analisados estavam dentro de uma faixa média com relação aos valores divulgados internacionalmente.

Palavras-chave: impactos ambientais, emissões, rótulo ecológico, gado, pegadas

Introducción

El cambio climático y el calentamiento global son los desafíos ambientales más abrumadores que enfrenta la humanidad, siendo una realidad en la cual se desarrollarán las actividades humanas y los intercambios económicos en los próximos años. Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), generadas principalmente por la actividad humana, contribuyen de manera muy significativa al cambio climático (Field, y otros, 2014). De acuerdo con el inventario nacional de 2018 de GEI de la Argentina, informado por la Dirección Nacional de Cambio Climático, el 51 % de las emisiones del país están vinculadas al sector energético; el 39% a la agricultura, ganadería y silvicultura y otros usos de la tierra; el 6 % a la industria y el 4 % restante a los residuos (MAyDS, 2021).

La producción y el consumo sostenibles y responsables están en el centro del desarrollo sostenible, mencionado explícitamente como uno de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS 12) (ONU, 2015). El Análisis de Ciclo de Vida (ACV), con su enfoque holístico integrado, se considera un método de referencia para la evaluación del impacto ambiental de la producción y el consumo. Cada parte del ciclo de vida de un producto (la extracción de materiales del medio ambiente, la producción del producto, la fase de uso y lo que sucede con el producto después de que ya no se usa) puede tener un impacto en el medio ambiente de muchas maneras. El ACV permite evaluar

los impactos ambientales de un producto o servicio desde la primera etapa del ciclo de vida hasta la última, o cualquier etapa intermedia del ciclo de vida (ISO, 2006).

Las huellas ambientales constituyen una temática dinámica, que se ha ido modificando en el tiempo y que requiere un seguimiento constante de su evolución debido a las distintas consecuencias que podría tener en el sector exportador argentino. El grado de vulnerabilidad de la economía argentina fue estudiado por Lottici (2012), que reportó que la canasta de exportaciones potencialmente afectada por esquemas de medición de huella de carbono de los productos, representa alrededor de un cuarto de las exportaciones argentinas. Este trabajo analizó los impactos ambientales de la carne de bovinos adultos criados y faenados en Argentina y entregada por Logros S.A. en el 2020 a mayoristas que operan en Miami (EE.UU.), Hilden (Alemania), y Santiago de Chile. Los impactos se calcularon teniendo en cuenta toda la cadena de producción desde el nacimiento del animal hasta la distribución de la carne a los mayoristas. No existen muchos antecedentes de este tipo de trabajos en el mundo. Dentro de ellos, se destaca la Declaración Ambiental de Producto (EPD) del frigorífico italiano Coop, que fue realizado bajo los mismos criterios de la misma Regla de Categoría de Producto (PCR) (Coop, 2020), un análisis de ciclo de vida de la carne en Brasil (Rodrigues Teixeira Dias y otros, 2018) y otro análisis

similar en Sudáfrica (Russo y otros, 2018). Las EPD proporcionan parámetros estandarizados indicados en la norma ISO 14025, compuesta por las categorías de impacto mencionadas, obtenidas de un Análisis de ciclo de vida (ACV) el que, a su vez, debe ser conforme con las normas ISO 14040 y 14044.

El objetivo de este estudio fue determinar los impactos ambientales en términos de calentamiento global, agotamiento de recursos abióticos materiales y

combustibles fósiles, acidificación potencial, eutrofización potencial, adelgazamiento de capa de ozono, oxidación fotoquímica y escasez de agua derivados de la producción de carne bovina para exportación, producida en el sistema de cría y recría a campo y engorde en *feedlot*. También se buscó conocer los puntos críticos o hotspots, apuntando a la mejora continua de los procesos productivos a través de mejoras tecnológicas, orientados hacia la sustentabilidad.

Materiales y Métodos

Las unidades declaradas de este estudio fueron cinco y fueron calculadas desde la cuna hasta la puerta del distribuidor mayorista: (1) Un kg de peso vivo, animal bovino, raza europea en la tranquera del campo ubicado en Lavalle, Santiago del Estero; (2) Un kg de carne bovina refrigerada sin hueso, raza europea, envasado en la puerta del frigorífico en Río Segundo, Córdoba; (3) Un kg de carne bovina refrigerada sin hueso, raza europea, envasado y puesto en distribuidor mayorista en Miami (EE.UU.); (4) Un kg de carne bovina refrigerada sin hueso, raza europea, envasado y puesto en distribuidor mayorista en Hilden (Alemania); (5) Un kg de carne bovina refrigerada sin hueso, raza europea, envasado y puesto en distribuidor mayorista en Santiago de Chile. A continuación, se describen los métodos para el cálculo de emisiones por fermentación entérica y gestión del estiércol. Se describe el alcance del trabajo y los criterios para la asignación de cargas ambientales según los protocolos. Se explica cómo se elaboraron los perfiles unitarios, como base para el cálculo de emisiones en la producción agrícola de alimentos: pasturas implantadas, granos y silos. Los valores de digestibilidad y contenido de proteína bruta en la dieta animal fueron provistos por la empresa u obtenidos de la bibliografía. Las emisiones por el uso de fertilizantes nitrogenados y por la deposición de orina y heces se calcularon según los protocolos del IPCC (IPCC, 2019). El cálculo de emisiones y asignación de cargas en la etapa de faena se hizo según la Regla de Categoría de Producto (PCR) (EPD International, 2019). Para el transportes y logística se tomaron los registros provistos por la empresa y se calcularon las emisiones usando perfiles de bases de datos ajustados a la realidad local. El uso del agua fue informado por la empresa.

Sector ganadero bovino de Argentina

Uno de los indicadores de la actividad ganadera en Argentina es el nivel de existencias o stock total, que fue de 54 460.799 de cabezas bovinas a inicios del 2020 (MAGyP, 2021). Por otro lado, el Censo Nacional

Agropecuario relevó al 30 de junio de 2018, una cifra inferior: 40 023.083 de cabezas de ganado bovino en 130.929 establecimientos (INDEC, 2021), extendidos en gran parte del territorio nacional. Se destacan las provincias de Buenos Aires (35 %), Santa Fe (11 %), Corrientes (9 %), Córdoba (9 %) y Entre Ríos (8 %). En la etapa de faena, el sector frigorífico es altamente heterogéneo por las diferencias de escala, la actividad que realizan y por el grado de incorporación tecnológica. Durante 2017 hubo 387 plantas operativas, compuestas en un 77 % por mataderos-frigoríficos y un 23 % de mataderos municipales y rurales (Paolilli y otros, 2019). En cuanto a la demanda de carne, el mercado interno consume casi el 90 % de la producción, mientras que un 10 % o más se destina a la exportación, siendo la carne argentina reconocida en el mundo por su calidad. La cadena ha perdido participación en el mercado internacional, pasando de ocupar el 6° lugar en las exportaciones mundiales en 2006, al puesto 14° en 2016. No obstante, en los últimos años se produjo una significativa mejora de las exportaciones por las medidas adoptadas en materia de comercio exterior y el crecimiento del mercado chino (FADA, 2021). China es el principal destino de las exportaciones de carne argentina. En 2017 incrementó la demanda de carne argentina un 78 %, por encima del crecimiento anual del resto de los destinos (15 %). Otros mercados relevantes son Alemania y Chile, la relevancia del primero está vinculada a la exportación de cortes de alto valor, en el marco de la cuota Hilton. El complejo bovino es el principal exportador dentro de los complejos de carnes y el tercero en importancia en las cadenas agroindustriales, por detrás de soja y maíz. Representó el 8 % de las exportaciones de las cadenas durante el 2020, equivalente a USD 3 126 millones, con un total de 1 millón de toneladas exportadas. Comparativamente con 2019, las exportaciones medidas en toneladas presentaron un crecimiento del 10 %, mientras que en dólares cayeron 13 % interanual. El principal producto exportado es la carne deshuesada congelada, que explica el 62 % del total de las exportaciones durante el período, seguido por otras formas de exportación de

carne bovina (25 %), quedando con menores participaciones los despojos, preparaciones, cueros y harina/pellets. Si bien la carne bovina congelada es la que explica dos tercios de las exportaciones del complejo, en lo que respecta al 2020, el valor FOB de este tipo de carne fue de USD 4 141, en contraposición a la refrigerada que mostro un valor FOB superior de USD 7 356. Ambos productos han presentado una caída interanual del valor por tonelada, del 16 % y 13 %, respectivamente. El complejo cuenta con un indicador de concentración de destinos alto, siendo que, los primeros cinco destinos de las exportaciones argentinas bovinas, explican el 79 % del total. La mayor concentración se ve reflejada cuando se analiza el primer destino de las exportaciones durante 2020, donde China representó el 57 % del total de las exportaciones realizadas por el complejo. Esto muestra una gran dependencia del país asiático para colocar las exportaciones de carne bovina, aun cuando las exportaciones alcanzaron a más de 44 países. En cuanto a los principales exportadores mundiales, Argentina se encontraba en el puesto cinco, compitiendo con Brasil, Australia, India y EE.UU. en el mercado mundial. Particularmente, y debido a que se analizan los principales importadores y exportadores en base al "carne deshuesada congelada", Estados Unidos es tanto uno de los principales exportadores, pero también, de los principales importadores, pudiendo diferir las sub-especificaciones del producto que exporta en relación al que importa. Dentro del top cinco de importadores mundiales, se encuentra China, principal destino argentino, pero también Estados Unidos, Vietnam y Hong Kong que si bien, no están entre los primeros cinco destinos del complejo, si se encuentran en el top 12. Caso contrario sucede con Japón que, siendo un actor de relevancia a nivel mundial, no se encuentra entre los destinos del complejo bovino argentino, para el año 2020.

Sistema de producción: Cría

Los datos para la descripción de las variables productivas fueron obtenidos de los sistemas de registro de la empresa ganadera, en base a valores representativos promedio, correspondientes al año 2020. La cría analizada se realizó en el Establecimiento El Quimil, localidad de Lavalle, departamento Guasayán, provincia de Santiago del Estero (28°11'36.0"S 64°53'11.8"W). Se ubica 98 km al Oeste de la ciudad capital, sobre ruta 64. Este campo cuenta con 45 potreros de 100 hectáreas cada uno, es decir, un total de 4 500 hectáreas ocupadas en la cría. El peso promedio de nacimiento de ternero/a es de 30 kg y el destete se realiza a los 4 meses con 120 kg promedio. Las precipitaciones fueron de 550 mm para el año

2020. Las razas analizadas en este estudio son Braford, Brangus y cruza con raza continental (Limousine, Limangus). Los animales informados para el periodo estudiado en El Quimil (cría) son 810 vacas en servicio, 622 terneros de 80 kg promedio, 132 terneros al pie de la madre, 622 vacas preñadas, 170 vacas vacías, 40 toros de entre 2 y 3 años (700 a 800 kg promedio), 350 vaquillonas de 230 kg promedio, 280 terneras de 180 kg promedio. Total: 2 900 cabezas (sin contar los terneros al pie). La edad de la primera preñez de la vaquillona es de 20 meses, con un peso promedio de 320 kg. El tiempo desde el parto hasta la siguiente preñez (re-preñez) es de 4 meses. La vida útil de la vaca es 7 años, la que tiene 5 crías en su vida útil. El peso promedio de faena de la vaca al final de su vida útil es de 450 kg. La edad del toro en el primer servicio es de 30 meses, con un peso promedio de 700 kg. La cantidad de vacas servidas es de 35 vacas/año. La efectividad del servicio es del 83 %. La vida útil del toro es de 10 años. El peso promedio de faena de toro al final de su vida útil es de 850 kg. La alimentación en la cría es en base a pasturas implantadas (40 % de la superficie) de Gatton Panic, en un monte natural de especies arbustivas leguminosas. Se realiza un mantenimiento y control del renoval en 1 100 hectáreas anuales, pasando un rolo por debajo del monte, esquivando los árboles de manera selectiva. Además, se van resembrando los potreros con semilla de Gatton Panic. Para esto se utilizan 2 personas, 2 tractores de 180 HP, 2 rolos pesados de 3 m de ancho. Esta labor insume 10 litros de combustible por hectárea, y 4 kg semilla de pastura por hectárea. La producción promedio anual fue de 9 700 kg materia seca (MS) por hectárea. Estimando que un vientre necesita aproximadamente 4 000 kg MS aprovechable por año para producir un ternero, y a una tasa de aprovechamiento del 50 %, la carga promedio fue de 1,2 vacas/ha/año. Por otro lado, para la asistencia técnica de la producción, se recorrieron 55 000 km total en camioneta. El traslado de los animales desde el campo de cría al de recria es de 20 km y se realizó con camión. El consumo anual de agua fue de 30 millones litros (en El Quimil). En el inventario se consideró un consumo promedio de agua por animal del 10 % de su peso vivo. El sistema de cría incluye inseminación artificial y repaso con toros, para asegurar la preñez. El impacto asociado a esta práctica se desestimó por su baja incidencia en el total.

Al salir de la etapa de cría, los animales entran a una etapa intermedia denominada "suplemento con balanceado" en la cual se alimentan con 1 kg por día de alimento denominado Núcleo que es comprado a terceros, 2 kg por día de silo maíz y 0.5 kg por día de maíz entero, estos últimos de producción propia. La



etapa dura 60 días y los animales subieron de 120 a 210 kg, todos valores promedio.

Sistema de producción: Recría

La recría analizada en este trabajo se realizó en el Establecimiento Las Flores, en la misma área de la localidad de Lavalle, Santiago del Estero (28°12'06.2"S 64°56'56.2"W). El stock informado en Las Flores (recría y engorde) fue de 334 novillos, entre 350 y 400 kg promedio, en engorde. Por su parte, en recría, próximo ingreso a engorde, se informaron 578 novillitos, entre 300 y 350 kg promedio, como así también 296 vaquillonas y 646 terneros, entre 250 y 300 kg promedio. También se reportaron 89 toritos de 1 año, 58 toros de 2 y 3 años y 53 vacas de descarte, provenientes de rechazo de El Quimil. La superficie ocupada por la recría fue de 3 300 hectáreas. La recría es pastoril, en base a pasturas implantadas (80 % de la superficie) de Gatton Panic, en un monte natural de especies arbustivas leguminosas (20 % restante). El contenido promedio de materia seca (MS) del Gatton Panic fue de 9 700 kg/ha, mientras que la MS del monte se estimó en 6 163,50 kg MS/ha, en base a una publicación de FAO (Galera, 2000). Se hizo además una suplementación con 2 kg por día de grano maíz y 1 kg por día de poroto durante los meses de julio y agosto. Los animales estuvieron en esta etapa de recría entre 8 y 11 meses y su peso se incrementó desde los 180 kg hasta 350/370 kg. En el inventario se consideró un consumo de agua por animal del 10 % de su peso vivo. Todos los valores son promedios para el año 2020.

Sistema de producción: Engorde a corral

El engorde a corral analizado en este trabajo se realizó en el Establecimiento Las Flores, en Lavalle, Santiago del Estero. El corral es de piso de tierra. El estiércol se acumuló en una pila al costado de los corrales y se utilizó una vez al año para la fertilización de potreros. Los animales ingresaron al corral con un peso de 365 kg y salieron con 470 kg. Esta etapa duró 70 días. La alimentación en la etapa se basó en un consumo diario de 6 kg de silo de maíz, 6.5 kg de grano de maíz, 3.5 kg de poroto negro y 0.35 kg de concentrado proteico. El consumo anual de agua en Las Flores fue de 28 000.000 litros. En el inventario se consideró un consumo de agua por animal del 10 % de su peso vivo. Todos los valores son promedios para el año 2020.

Métodos: Emisiones por fermentación entérica y gestión del estiércol.

Los métodos utilizados fueron la norma ISO 14040, ISO 14067, las Guías IPCC 2019, y la Regla de

Categoría de Producto (PCR) carne de mamíferos (Envirodec, 2019). El principal estándar utilizado para análisis de ciclo de vida es la norma ISO 14.040, que contiene principios y directrices para el cálculo de impactos ambientales de productos. Las emisiones derivadas de la fermentación entérica y gestión del estiércol de los bovinos en todas las etapas de su ciclo vida se modelaron de acuerdo a las Guías IPCC, Volumen 4, Capítulo 10, Emisiones de la gestión de ganado y estiércol (IPCC, 2019). Se incluyeron las emisiones en la cría, crecimiento, preñez y madurez de la hembra madre, dividido entre el total de crías que tiene en su vida; la cría, crecimiento y madurez del toro dividido en el total de servicios efectivos que presta en su vida y las emisiones de la cría, recría y engorde de los animales destinados a faena. La etapa de cría se dividió en tres subetapas, en las que el ternero consume: a) solo leche; b) leche y pasto; c) solo pasto. Asimismo, se usaron las guías 2019 del IPCC Volumen 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra: (IPCC, 2019), Capítulo 10 Emisiones de la gestión de ganado y estiércol, para el cálculo de emisiones por fermentación entérica y gestión del estiércol de los bovinos, Capítulo 11 Emisiones de N₂O de suelos gestionados y emisiones de CO₂ de la aplicación de cal y urea, para las emisiones derivadas del uso de fertilizantes nitrogenados y las ocasionadas por los residuos de cosecha (aéreos y subterráneos), y finalmente, el Volumen 5: Residuos: Capítulo 6 Tratamiento y vertido de aguas residuales (IPCC, 2019). También se siguió la Regla de Categoría de Producto (PCR) carne de mamíferos (Meat of Mammals) 2019-09-06, Versión 3.11, válida hasta 2022-02-22 (Envirodec, 2019). La categoría de producto correspondió a UN CPC 2111: Carne de mamífero: fresco o refrigerado. También se utilizó la Guía Pautas metodológicas para el inventario del ciclo de vida de los productos agrícolas (Nemecek y otros, 2019) para el cálculo de las emisiones al aire, al agua superficial y subterránea y al suelo de las distintas sustancias como amoníaco (NH₃), óxidos de nitrógeno (NO_x), óxido nitroso (N₂O), Metano (CH₄), dióxido de carbono, fósforo, fosfatos, nitratos, entre otros. En este estudio se evaluaron los impactos ambientales detallados en PCR mencionada, los que se enumeran a continuación:

Potencial de Calentamiento Global (Global Warming Potential, GWP) es una medida relativa de cuánto calor puede ser atrapado por determinados gases de efecto invernadero (GEI) acumulados en la atmósfera. Los GEI absorben radiación en determinadas longitudes de onda del espectro (radiación infrarroja) emitidas por la superficie de la Tierra y por las nubes. Los gases, a su vez, emiten radiación infrarroja desde un nivel en que la temperatura es más baja que en la superficie. El efecto

neto consiste en que parte de la energía absorbida resulta atrapada localmente y la superficie del planeta tiende a calentarse (Dirección Nacional de Cambio Climático, 2020). En la atmósfera de la Tierra, los gases de efecto invernadero son básicamente: dióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O), metano (CH_4) y ozono (O_3) y se expresa en kg de CO_2 equivalentes. Para su determinación se utiliza la norma ISO 14.067 que describe los principios, requisitos y directrices para la determinación de Huella de carbono (HC) y las guías del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) de 2019.

Acidificación Potencial (Acidification Potential, AP) Ocurre por la liberación de protones a los ecosistemas terrestres o acuáticos, con diversas consecuencias en estos. Los SO_x y NO_x descargados a la atmósfera por fuentes naturales y antropogénicas, retornan a la superficie de la tierra en forma de ácido sulfúrico y nítrico, mediante precipitaciones, originando la lluvia ácida. La acidificación de ríos y lagos provoca el incremento del contenido de iones metálicos como Al, Cd, Zn y Pb, causando efectos nocivos en los ecosistemas. Las altas deposiciones de compuestos de azufre y nitrógeno producen daños sobre suelos y bosques. Las emisiones se contabilizan en kg y son expresadas en dióxido de azufre equivalente (equivalente SO_2) (Heijungs, y otros, 1992).

Eutrofización Potencial (Eutrophication Potential, EP) se define como el enriquecimiento por exceso de nutrientes (nitrógeno, fósforo o sustancias orgánicas degradables) en los ecosistemas acuáticos, debido a la contaminación agropecuaria con fertilizantes inorgánicos y a la contaminación por efluentes urbanos, entre otras causas. La Eutrofización provoca un incremento de la producción de algas plancton y de otras plantas acuáticas y el empobrecimiento de la diversidad. La explosión de algas que acompaña la eutrofización acuática impide que la luz penetre hasta el fondo del ecosistema, agotando el oxígeno y tornando inviable la vida de la mayoría de las especies, lo que lleva a un deterioro de la calidad del agua y a una reducción del valor de uso del ecosistema acuático. Esta categoría se basa en el trabajo de Heijungs (Heijungs, y otros, 1992) y se expresa utilizando la unidad de referencia, kg PO_4^{3-} equivalentes. Los impactos directos e indirectos de los fertilizantes se incluyen en el método. Los impactos directos provienen de la producción de fertilizantes y los indirectos se calculan utilizando el método del IPCC para estimar las emisiones al agua que provocan la eutrofización (Acero, Rodríguez, & Ciroth, 2015).

Formación fotoquímica de Ozono o smog fotoquímico (Photochemical oxidation, PO). La formación fotoquímica de Ozono está causada por la degradación de compuestos orgánicos (NO_x , VOC_s) en presencia de luz solar. El "smog" es el impacto local, mientras que la formación de Ozono troposférico es un impacto regional. El ozono sigue reaccionando con otros contaminantes presentes en el aire y acaba formando un conjunto de sustancias que pueden producir importantes daños en las plantas, irritación ocular y problemas respiratorios. La formación de ozono es un proceso no lineal que depende de la meteorología, condiciones y concentraciones de fondo de NO_x y COVNM; este proceso de formación es más intenso en verano y suele ocurrir en ciudades soleadas y con poco movimiento de masas de aire. Se calcula utilizando la unidad de referencia, kg de etileno (C_2H_4) equivalente (Acero, Rodríguez, & Ciroth, 2015).

Agotamiento de recursos abióticos materiales (Abiotic depletion, elements, AD Mat), se define como la reducción de stock de minerales, que es cuantificado en kg de equivalente de antimonio por kg de extracción, o kg de equivalente de antimonio por MJ para los portadores de energía (Van Oers & Guinée, 2016).

Agotamiento de recursos abióticos fósiles (Abiotic depletion, fossil fuels, AD FF). (Van Oers & Guinée, 2016) sugirieron definir una categoría de impacto separada para los combustibles fósiles, basándose en su función similar a la anterior pero diferenciado por la obtención de energía a partir de su consumo.

Escasez de agua o Water Scarcity (WS) se calcula aplicando el método AWARE conforme a la norma ISO 14.046 para la determinación de la Huella de Agua. La WS es un indicador del uso del agua que representa el agua disponible relativa a un área de una cuenca, luego que se haya satisfecho la demanda de los seres humanos y los ecosistemas acuáticos. Este indicador describe el potencial de la privación de agua, ya sea para los seres humanos o los ecosistemas, partiendo del supuesto que cuanto menos agua quede disponible por área, más probable será que otro usuario sea privado de ello (ISO 14046, 2014) (Boulay, y otros, 2017). Las características de la WS son locales y variables en el tiempo, ya que se relacionan con precipitaciones, drenaje, características climáticas, geográficas eco-ambientales y socioeconómicas específicas siendo apropiado relacionarla con los problemas regionales y globales (ISO 14046, 2014).

Adelgazamiento de la capa de ozono (Ozone layer depletion, OD). Los gases que agotan la capa de ozono causan daños al ozono estratosférico o la "capa de ozono". Existe una gran incertidumbre sobre los efectos combinados de los diferentes gases en la estratosfera, y todos los compuestos clorados y bromados que son lo suficientemente estables como para llegar a la estratosfera pueden tener un efecto. Los CFC, los halones y los HCFC son las principales causas del agotamiento del ozono. El daño a la capa de ozono reduce su capacidad para evitar que la luz ultravioleta (UV) ingrese a la atmósfera terrestre, lo que aumenta la cantidad de luz UVB cancerígena que llega a la superficie de la tierra. El modelo de caracterización ha sido desarrollado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y define el potencial de agotamiento del ozono de diferentes gases en relación con la sustancia de referencia clorofluorocarbono-11 (CFC-11), expresado en kg de equivalente de CFC-11 (Acero, Rodríguez, & Ciroth, 2015).

Alcance. El estudio abarcó desde la cuna hasta la puerta del distribuidor mayorista (Figura 1). En cuanto al alcance temporal de los inventarios, la información del sistema productivo ganadero correspondió a la campaña 2019/2020 y la información del frigorífico al año 2020 (**Ver Figura 1, Material Suplementario**).

En este estudio se incluyeron los insumos requeridos para la producción del alimento de los bovinos: pasturas implantadas, alimentos balanceados, grano de maíz, silo de maíz, poroto negro y el agua de bebida bajo el método ACV. En el caso de los alimentos: grano de maíz, silo de maíz, poroto negro y pasturas implantadas se incluyeron en el estudio las emisiones derivadas de la aplicación de fertilizantes nitrogenados y por la descomposición de residuos aéreos y subterráneos. También se consideraron en el estudio las emisiones derivadas de la fermentación entérica y gestión del estiércol de los bovinos en todas las etapas de su ciclo vida, hasta que son transportados para su faena en frigorífico. Las ecuaciones para el cálculo de estas emisiones fueron tomadas de las Guías IPCC volumen 4, capítulo 10 (2019).

Se sigue el nivel 2 (TIER 2), en el que se usaron las ecuaciones por defecto del IPCC y se calcularon sus propias emisiones para cada cultivo y para cada categoría de animales, en sus distintas etapas de crecimiento, con factores de emisión específicos del país tomados de los Informes Bienales de Actualización de Argentina (SAyDS, 2019). El nivel 2

usó datos de actividad desagregados. En el caso de la faena en frigorífico, se tuvieron en cuenta consumos de energía, combustibles para generar calor, uso de agua, generación de efluentes y sus emisiones derivadas, según las Guías IPCC (2019), Volumen 5: Residuos: Capítulo 6 (IPCC, 2019). Los perfiles ambientales de generación de energía eléctrica de Argentina, producción y quema de combustibles, producción de otros insumos y transportes fueron tomados de bases de datos internacionales como Ecoinvent, Agri-footprint, entre otras. En lo que respecta a logística, para ambos destinos se consideró el embalaje primario, secundario y terciario y los traslados en camión barco y avión, según destino, hasta el distribuidor mayorista, incluyendo su propia red de distribución (Packing box Argentina, 2020). No se incluyeron en el cálculo los siguientes elementos: (a) Variación del stock de carbono en suelos debido a la gestión agrícola, por no contar con información suficiente para realizar la estimación, (b) Emisiones debidas al cambio de uso del suelo, ya que se asumió que la producción de maíz, poroto y pasturas se desarrollan en superficies que se encuentran en uso agrícola desde hace más de 20 años y que, por lo tanto, no hubo cambio de uso de suelo, (c) La captura y liberación de carbono por parte de las plantas y/o cultivos, asumiendo un efecto neutro, (d) Aporte de la aplicación de pesticidas a los impactos estudiados. Si se consideró el impacto de su producción. Las emisiones de plaguicidas se modelan como el 100 % de la sustancia activa emitida al suelo agrícola, (e) Emisiones de metales pesados, por no estar contemplados como aportes a los impactos estudiados (Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Plomo (Pb), Mercurio (Hg), Nickel (Ni) y Zinc (Zn)), (f) Emisiones de fósforo y fosfatos a aguas superficiales, como tampoco de nitratos y fosfatos a aguas subterráneas, debido al bajo riesgo de escorrentía y de lixiviación, por la ubicación geográfica de los campos de cría y recría. Se consultaron a referentes locales del INTA Frías, como así también la carta de suelos (Angueira, 2007), (g) Traslado y disposición final de los envases de agroquímicos usados para la producción de los cultivos, debido a que se informó que son almacenados y reciclados, (h) Impacto generado en la técnica de inseminación artificial, por su baja relevancia en relación a la alta tasa de preñez que genera, (i) Impacto por la construcción y fabricación de infraestructura, corrales, máquinas, edificios, vehículos y espacios de usos comunes ya que, por su extensa vida útil, la participación es poco significativa con respecto al volumen de producción que se maneja, (j) Consumos de energía para el alumbrado de oficinas, talleres o viviendas y limpieza de instalaciones. Tampoco se consideraron las emisiones generadas por

el transporte de los empleados, (k) Consumos de productos químicos utilizados para tratamiento de efluentes del frigorífico. (Ver Figura 2, Material Suplementario).

Asignación de cargas. La asignación de cargas ambientales es un paso obligatorio en los estudios de ACV de un producto, siempre que existen otros subproductos además del objeto de estudio. Tiene como finalidad “dividir” la carga ambiental “aguas arriba” de un proceso, entre las distintas salidas que se obtienen de él. La asignación se realiza definiendo el “valor” (no necesariamente monetario) del producto y de los subproductos, ya sea por su masa, su contenido energético, su precio de venta u otro método que resulte apropiado, de acuerdo al tipo de proceso. En este caso, se utilizó el criterio de asignación de masa o biofísico, según se indica en la PCR de referencia, para adjudicar la correspondencia del impacto derivado de las emisiones de la vaca madre y del toro a los terneros en la etapa de cría. Por otro lado, en la etapa de frigorífico se usó el criterio económico, también de acuerdo a la indicación de la guía PCR, para distribuir la carga ambiental entre el producto objeto de estudio y los subproductos con valor económico que se obtienen en la faena de un bovino. Dado que los subproductos de las actividades del frigorífico son bastante diferentes en los sistemas de producción de carne (por ejemplo, carne, cuero, grasa, etc.) y pueden variar de una especie a otra, la asignación masiva es problemática ya que las salidas (en términos de masa) no están relacionadas linealmente con la masa de las entradas. El método de asignación elegido para esta etapa es la asignación económica. El impacto por cada producto y subproducto cárnico que salió del frigorífico se evaluó considerando su valor económico medio, considerando los precios de los últimos 3 años (EPD International, 2019).

Perfiles unitarios. Una vez armados los inventarios de entradas y salidas de cada operación y etapas, se obtuvieron en la base de datos Ecoinvent las emisiones unitarias asociadas a cada una de esas entradas: insumos, materias primas, energía, etc., referidas a 1 kg, 1 litro, 1 MJ o la unidad que corresponda. Los agroquímicos se contabilizaron por su contenido de principio activo y si no estaban disponibles de ese modo, se incluyeron por su grupo de pertenencia según su acción (herbicida, fungicida, insecticida). Como paso posterior, se asociaron las cantidades usadas de cada “entrada” a sus emisiones unitarias, obteniéndose el impacto para dichas cantidades.

El método utilizado para extraer desde la base de datos Ecoinvent los perfiles ambientales de todos los insumos del proceso productivo fue “EPD (2018)

V1.01”. Los valores de digestibilidad y contenido de proteína bruta en la dieta animal fueron brindados por la empresa u obtenidos de la bibliografía, para cada alimento componente de las dietas, como se muestra en la Tabla suplementar 1. Cuando el ternero consumió solo leche, se consideró una digestibilidad de 95 %, y cuando consumió solo pasto, de 64,7 %. En el periodo en que consumió leche y pasto, se usó un valor promedio del 79,9 %, mientras que, en la etapa balanceado de la cría, el promedio fue de 77,1. Para la etapa de cría, el valor resultó en 60 % y para el engorde en 80,9 %.

Los datos de la pastura natural fueron informados por la empresa: Rebrote primaveral: PB 14 %; digestibilidad 64 %; 30 días entre cortes: PB 11 %; digestibilidad 60 %; 60 días entre cortes: PB 6 %; digestibilidad 56 %; diferido: PB < 4 %; digestibilidad 40 %. La información sobre monte natural se tomó de Silva y otros (2000). El valor nutricional del fruto de *P. chilensis* en la cosecha (febrero) presentó una digestibilidad del 71,18 % y un contenido de proteínas del 11,48 %. Los valores de digestibilidad y proteína bruta del núcleo de la cría y del concentrado proteico del engorde se tomaron de las etiquetas de los productos comerciales. Los valores de proteína bruta contenida en silo y grano de maíz se obtuvieron de Fernández (2002). Los valores de digestibilidad del maíz entero, del silo y del poroto fueron informados por la empresa y tomados de Vargas-Torres y otros, (2006).

Emisiones en la producción agrícola de alimentos: pasturas implantadas, granos y silos.

Para la producción de los cultivos, se modelaron los planteos agrícolas de: Gatton Panic, grano de maíz, silo de maíz, silaje de sorgo, y grano de poroto negro. Para complementar los datos relevados, se usó información de la revista Márgenes Agropecuarios, del INTA (2018) y de universidades (Reginato, 2018). Se incluyeron las emisiones y consumos asociados a la quema de combustibles para las labores agrícolas como siembra, aplicación de fertilizantes y agroquímicos, cosecha, embolsado y extracción de silo bolsa. Para combustibles se adicionaron las emisiones generadas durante el ciclo de vida productivo, contemplando las etapas de extracción, refinado y transporte. También se tuvieron en cuenta las emisiones y consumos asociados al ciclo de producción de los agroquímicos y fertilizantes aplicados durante la producción de los cultivos. Para realizar la estimación se calcularon las cantidades de agroquímicos (expresados en kg de principio activo) aplicados según las fuentes consultadas. La información de principio activo se tomó de las hojas de

seguridad de los productos. También se tuvieron en cuenta las emisiones derivadas de la producción de los envases de los distintos agroquímicos utilizados en la etapa agrícola, teniendo en cuenta su capacidad y material de fabricación. El modelo de cálculo de emisiones por la descomposición de los residuos aéreos y subterráneos surgió de las Guías IPCC, Volumen 4, Capítulo 11 (IPCC, 2019). En el caso de los residuos de cultivo se incluyeron las fuentes de emisiones directas; mientras que las indirectas por lixiviación resultaron en cero.

El modelo de cálculo de emisiones de óxido nitroso por la aplicación de fertilizantes nitrogenados se tomó de las Guías IPCC, Volumen 4, Capítulo 11 para maíz, silaje de maíz y silaje de sorgo, para los cuales se asumió el uso de sulfato de amonio como fertilizante. Se incluyeron las emisiones directas y las indirectas por volatilización. Las indirectas por lixiviación se consideraron cero. Para las pasturas implantadas (Gatton panic) se tuvo en cuenta una duración de 7 años, según se relevó. Los perfiles ambientales de producción de agroquímicos, fertilizantes, combustibles, semillas y del plástico de los silos bolsa se tomaron de las bases de datos Ecoinvent, Agri-Footprint y otras disponibles en el software de cálculo SIMAPRO.

Emisiones por uso de fertilizantes nitrogenados y por la deposición de orina y heces.

Se utilizó la Guía Pautas metodológicas para el inventario del ciclo de vida de los productos agrícolas (Nemecek, y otros, 2019) para el cálculo de las emisiones.

Emisiones en la producción de núcleos proteicos.

Los núcleos son utilizados en la etapa de balanceado de la cría y en el engorde. El impacto generado en la producción de estos alimentos se tomó de la base de datos EcoInvent, seleccionando un perfil basado en harina de soja, componente principal del núcleo para la cría; en el caso del engorde se usó un perfil basado en la urea.

Asignación de cargas en la tranquera del campo.

En el sistema en estudio, se obtuvieron como producto principal a los animales criados en *feedlot*. Como subproductos se obtuvieron las vacas y toros maduros, al final de su vida útil. Para realizar la asignación se tuvo en cuenta el número de crías de una vaca en su vida, y el mismo dato para el toro;

además los pesos de los animales al momento de la venta. Los porcentajes de reposición fueron del 20 % para las hembras y 5 % para los machos. Por lo tanto, la cantidad de crías que van a engorde por cada hembra fueron 4,38. Haciendo el mismo cálculo para toros, el total de sus crías que van a engorde resultó en 188.

Para este estudio y según indicación de la PCR de referencia, se utilizó la asignación biofísica en la tranquera del campo, para asignar las cargas de la vaca madre y del toro.

Frigorífico. El frigorífico Río Segundo de la empresa Logros S.A. está ubicado en la localidad homónima, provincia de Córdoba, Argentina.

Emisiones y asignación de cargas en la etapa de faena: Se relevaron datos de consumos de energía eléctrica, gas natural, fuel oil y gas oil en la planta industrial de faena. Así mismo se consideró el volumen de efluente descargado y su caracterización. Se analizaron los sistemas de packaging para la carne bovina refrigerada sin hueso que va a tres destinos diferentes. El embalaje consistió en una bolsa que envuelve la carne, una bolsa interior a la caja, la caja de cartón, el pallet y film stretch. Para el destino Miami (EE.UU.) el pallet se trasladó en camión desde Río Segundo hasta el aeropuerto Córdoba (sin refrigeración, ya que lleva inercia térmica). Una vez que el pallet llegó al aeropuerto, se le colocó una manta térmica compuesta de aluminio y polietileno, dentro de la cual se incluyó una conservadora con hielo seco. Se sumó el traslado aéreo desde aeropuerto Córdoba a Miami y el traslado terrestre desde el aeropuerto de Miami hasta el distribuidor mayorista. También se contabilizaron las emisiones de CO₂ cuando se descongeló el hielo seco durante el transporte. Para el destino Unión Europea (Hilden, Alemania), en primer lugar, ocurrió un traslado terrestre de los contenedores desde Río Segundo hasta el Puerto de Buenos Aires en forma refrigerada; luego ocurrió el traslado en barco hasta el Puerto de Rotterdam y finalmente el traslado terrestre del contenedor hasta un depósito intermedio y la distribución mayorista. Para el destino Santiago de Chile (Chile) se realizó un traslado terrestre, en camión refrigerado. Los impactos ambientales unitarios de producción y quema de energía y de producción de packaging se tomaron de bases de datos. Como emisiones *in-situ*, se contabilizaron las derivadas de las lagunas de tratamiento de efluentes, provenientes del agua usada en los procesos y en la limpieza permanente de las instalaciones. Los efluentes se

trataron dentro de las instalaciones del frigorífico, en lagunas cumpliendo con la normativa exigida en la jurisdicción; de este modo se asumió que ese efluente no generó impacto en su vertido. En cuanto a los productos y subproductos obtenidos luego de la faena,

se tomaron valores de rendimientos, mermas y porcentajes informados por la empresa, del mismo modo que los precios de referencia para cada corriente. A continuación, se muestran los valores usados en este trabajo.

Tabla 3: Cantidades y precios de productos y subproductos del frigorífico

Corte	Cantidad informada	Unidad de Medida	Cantidad en kg para un animal	Precio en \$	Precio (USD)
Hígado, corazón, riñón, lengua, rabo, molleja, centro entraña, quijada, carne chica, sesos, tráquea, bofe, mondongo, librillo, cuajo, pajarilla, tendón, gañote.			79,1	3,24	x kg gancho USD 0,05
Sangre	4,28	% Peso del Animal	20,1	30	x Kg USD 0,42
Cogotera	0,72	Kg / Animal	0,7	131,68	x Kg USD 1,84
Chinchulin	0,93	Kg / Animal	0,9	87	x Kg USD 1,22
Tripa Gorda	0,26	Kg / Animal	0,3	61,51	x Kg USD 0,86
Dressing faena, hueso	6,8	% Peso del Animal	32,0	250	x Cabeza USD 3,49
Dressing rojo	5,8	Kg / Animal	5,8	250	x Cabeza USD 3,49
Dressing verde	18,5	Kg / Animal	18,5	250	x Cabeza USD 3,49
Contenido ruminal MS	5,61	Kg / Animal	5,6	3	x Kg (Seco) USD 0,04
Contenido ruminal desperdicio	11,39	Kg / Animal	11,4		USD 0,00
Cuero novillo ⁴	7,38	% Peso del Animal	34,7		USD 0,900

La media res también se dividió en sus tres corrientes principales (carne sin hueso, grasa y hueso) según la proporción estándar brindada por INTI Carnes. El precio de la carne sin hueso que se exporta fue tomado

de series históricas publicadas en el sitio del Instituto de Promoción de la Carne Vacuna Argentina (IPCVA, 2021), considerando desde el año 2017 al 2020, tal como se solicita en la PCR de referencia.

Tabla 4: Precios promedio de la carne y subproductos.

Media Res	Cantidad	Unidad	Bibliografía	Cantidad (kg)	Precio en USD
Carne sin hueso			69 %	173,6	USD 8,67
Grasa	251,5	kg/animal	9 %	22,6	USD 0,10
Hueso			22 %	55,3	USD 0,02
Peso de ingreso restando la merma por desbaste				460,6	
Peso vivo en el campo				470,0	

Se calcularon los valores de asignación económica y biofísica (masa) y se usó el tipo de asignación económica, tal como indica la PCR para el producto en estudio en la etapa frigorífica.

Transportes y logística

Se tuvieron en cuenta los transportes de los animales vivos, desde el campo donde se hace la cría (El Quimil), hasta el campo de recría y engorde (Las Flores), con una distancia de 20 km, considerada este

tramo dos veces, ida y vuelta. Luego el traslado desde el campo Las Flores hasta el frigorífico en Río Segundo, Córdoba, recorriendo 451 km, también contabilizándolo dos veces, ida y vuelta en camiones con capacidad de 24 toneladas. Luego el transporte de la carne sin hueso desde el frigorífico hasta el puerto de Buenos Aires y hasta el aeropuerto de Córdoba (ambos ida y vuelta), los traslados marítimo y aéreo y los recorridos en destino para distribución interna. La tabla 6 resume todos los traslados.

⁴ El precio del cuero de novillo se tomó de valores históricos proporcionados por la empresa, desde el año 2009 al 2020, ya que es un producto que sufre mucha distorsión de precios año a año.

Tabla 6: Distancias y medios de transporte.

	Distancia (km)		Vehículo
	Ida	Vuelta	Capacidad (t)
Campo - Frigorífico	451	451	24
Frigorífico - aeropuerto Córdoba	58,1	58,1	16-32 (asumido)
Aeropuerto Córdoba - Miami	6 577	0	avión
Aeropuerto Miami - Distribuidor	50	0	5
Frigorífico - Puerto de Buenos Aires	657	657	16-32 (asumido)
Puerto de Buenos Aires - Puerto Rotterdam	11 375	0	Barco c/ contenedores refrigerados
Puerto Rotterdam - Distribuidor en UE	245	0	30
Distribuidor - Minorista	96,4	0	7,5
Frigorífico - Distribuidor en Santiago de Chile	1 060	1 060	23

La carne sin hueso con destino internacional se envolvió en bolsas de polietileno al vacío, conteniendo 1,8 kg cada una. Luego los cortes se pusieron en otra bolsa más grande y en una caja con capacidad para 22 kg aproximadamente. Se usaron 40 gramos de plástico por cada caja (incluyendo el polietileno de cada corte y la bolsa grande de la caja) y 500 gramos de cartón corrugado y papel Kraft. Los perfiles ambientales de producción del packaging fueron tomados de bases de datos internacionales. En un pallet se ubicaron entre 30 y 35 cajas. Su peso total (armado) rondó los 1.000 kg. Al pallet que viajó en avión hasta EE.UU. se le agregó una manta térmica y una conservadora con hielo seco para que mantuviera el frío, mientras que el pallet que viaja a la Unión Europea se colocó en contenedores refrigerados.

Uso directo de agua

Si bien no se trata de un indicador de impacto de la EPD, en este trabajo se calculó dentro del inventario de ciclo de vida, un uso directo de agua azul de 67 litros por kg de peso vivo en la puerta del campo, es decir, el correspondiente a la unidad declarada de 1 kg de peso vivo. Por otro lado, a la salida del frigorífico, el uso directo de agua azul (total) fue de 196 litros por kg de carne sin hueso. Sin embargo, se recuerda que, para considerar el impacto sobre el agua de acuerdo a la EPD, se consideró el indicador WS, que es el consumo afectado por la disponibilidad del agua en el lugar donde ocurre el proceso.

Resultados

A continuación, se muestra un resumen de los resultados obtenidos para el análisis de ciclo de vida de la unidad funcional o declarada: carne bovina deshuesada y refrigerada, del Frigorífico Logros, y los principales elementos que componen cada uno de los impactos ambientales estudiados. El resultado muestra la unidad funcional o declarada en los dos destinos internacionales indicados por la Compañía como prioritarios, y en la puerta de salida del frigorífico, con el packaging incorporado (Tabla 7).

Para todas las categorías de impacto el mayor aporte ocurrió en la producción primaria del novillo (Tabla 7), con porcentajes que variaron entre el 63,21 % y el 97,24 %, en el caso del Potencial de calentamiento global (Global Warming Potencial, GWP). Para este impacto en el destino Miami, se destaca el consumo de combustible derivado del traslado aéreo, mientras que, en el caso del destino Unión Europea, resultaron con porcentajes similares el traslado terrestre desde el frigorífico hasta el puerto y el traslado en barco desde el puerto de Bs As. hasta el puerto de Rotterdam.

Para el impacto agotamiento de recursos abióticos (combustibles fósiles) Abiotic depletion (Fossil fuels), la etapa producción primaria tuvo el mayor impacto por el uso de los insumos que implican quema de combustibles fósiles como ser fuel oil, gas natural y energía eléctrica de la red argentina. En segundo lugar, se encuentran los impactos vinculados a los traslados que ocurren en el ciclo de vida: desde el campo hasta la industria, desde la industria hacia puerto y aeropuerto, traslados aéreos y marítimo y la logística interna en destino.

En el impacto agotamiento de recursos abióticos (Materiales) Abiotic Depletion se destacó el eslabón de producción primaria y en segundo término, los eslabones de transportes, debido al consumo de elementos escasos plomo y zinc en la producción de los camiones y otros medios de transporte.

Los impactos Acidificación potencial y Eutrofización potencial (Acidification Potential & Eutrophication Potential) mostraron resultados similares, con un alto impacto en la etapa primaria del 94,5 % y 93,6 %,

respectivamente. En el caso de la eutrofización, apareció el impacto en frigorífico derivado de la gestión del efluente, con presencia de fósforo y nitrógeno. Para ambas categorías en las etapas de traslado de la carne hacia los destinos internacionales, los consumos de combustibles en los traslados aéreo y marítimo explicaron la mayor parte de los aportes.

El impacto Adelgazamiento de la capa de ozono (Ozone layer depletion), no mostró valores significativos, ya que la mayoría de las sustancias que destruyen el ozono, como los clorofluorocarbonos (CFC), no se emitieron a la atmósfera. A pesar de tener un impacto menor, aparece la Gestión de estiércol y orina, como así también por la Fermentación entérica.

La Oxidación fotoquímica (Photochemical oxidation) que ocurre por la emisión de óxidos de azufre y de nitrógeno, encontró sus mayores aportes en la producción primaria y en los consumos de combustibles en todas las etapas de transporte.

Por último, el impacto Escasez de agua (Water Scarcity, WS) incluyó el consumo afectado por la disponibilidad del recurso hídrico en el lugar donde ocurrió el proceso. El mayor aporte se encontró en la producción primaria, seguida de los consumos de gas natural y energía eléctrica que utilizaron recursos en sus procesos de producción. En el caso de los traslados internacionales, también se consideró el uso de distintos volúmenes de agua para producir los combustibles, que se afectaron por factores de escasez mayores a los de Argentina.

A los efectos ilustrativos y comparativos también se analizó otra Unidad declarada, que es 1 kilogramo de peso vivo en la tranquera del campo (kg PV). Para llegar a esta unidad declarada se sumaron los aportes de la vaca madre, del toro y del propio novillo, que se muestran en columnas separadas de la Tabla 8.

El impacto potencial Calentamiento global, Global Warming Potential (GWP), mostró aportes similares entre la vaca y el novillo, pero menores que las derivadas del toro. El mayor aporte se observó en las emisiones de metano derivadas de la fermentación entérica, responsables del 84 % del impacto. En segundo lugar, aparecieron las emisiones derivadas de la gestión del estiércol, en especial de nitrógeno, que explicaron el 4 % de las emisiones.

Para el impacto Agotamiento de recursos abióticos (combustibles fósiles), Abiotic depletion (Fossil fuels), existió un alto consumo para producir los alimentos balanceados tanto del engorde, como los suplementos alimenticios de la cría. También aportaron su impacto los consumos de combustibles para bombear el agua que consumen los animales y los traslados en camioneta para asistencia técnica. Cabe destacar que la mayor parte del impacto ocurrió en el engorde.

Los resultados del impacto Agotamiento de recursos abióticos (Materiales), Abiotic depletion (Materials), resultaron similares a la tendencia explicada antes, donde se destacan los aportes del transporte desde la cría a la recría y los movimientos de vehículos por asistencia técnica. Esto se debe al consumo de elementos escasos como plomo y zinc en la producción de los camiones y otros vehículos.

Los impactos Acidificación potencial y Eutrofización potencial, Acidification Potential & Eutrophication Potential, se comportaron de manera similar, en primera instancia en el aporte de las categorías generales con 42 % en la vaca y con 57 % en el novillo. La gestión de estiércol y la orina, con emisión de NH_3 y NO_x aportaron más del 80 % de las emisiones en estas categorías de impacto.

El impacto Oxidación fotoquímica, Photochemical oxidation, ocurrió principalmente por la emisión de óxidos de azufre y de nitrógeno, presentando un alto aporte en la gestión del estiércol, en especial debido a la emisión de NO_x y en segundo lugar por la emisión del CH_4 por fermentación entérica. Influyeron de manera similar el aporte de la vaca y del propio novillo de engorde.

El impacto Adelgazamiento de la capa de ozono, Ozone layer depletion, no tuvo una alta significancia en este análisis, pero dentro de los valores encontrados, el principal punto se encontró en el alimento balanceado que se usa en el engorde / terminación de los animales en *feedlot*.

El impacto Escasez de agua, Water Scarcity, WS, mostró un alto aporte, debido al consumo de agua propio de los animales y en el agua utilizada para producir los alimentos balanceados consumidos en el engorde. El impacto del novillo fue superior al de la vaca y al del toro.

Tabla 7: Resultados del análisis de ciclo de vida de la carne.

Impactos para 1 kg de Carne desmenuada y fresca	Huella de carbono		Agotamiento de recursos materiales		Agotamiento de recursos materiales		Acidificación potencial		Eutrofización potencial		Adeguamiento de la capa de ozono		Oxidación fotoquímica		Escasez de agua	
	GWP	kg CO ₂ eq	AD FF	MJ	AD Mat	g Sb eq	AP	g SO ₂ eq	EP	g PO ₄ ³⁻ eq	OD	g CFC-11 eq	PO	g NMVOC	WS	m ³ eq
Carne sin hueso puesta en el destino UE	28,9	0,4	32,7	6,1	0,1	0,0	103,5	21,5	0,0	0,0	44,8	2,095				
Logística para carne sin hueso: destino UE							5,6	0,7			6,0	0,0				
Puerto Rotterdam - Distribuidor en UE	0,01	2,24 %	0,13	2,12 %	0,00	3,63 %	0,08	1,45 %	0,01	1,79 %	0,00	1,98 %	0,10	1,76 %	0,00	3,49 %
Puerto Bs As - Puerto Rotterdam	0,20	45,30 %	2,56	42,13 %	0,01	57,25 %	4,07	72,98 %	0,49	67,08 %	0,00	44,76 %	4,04	67,86 %	0,01	30,14 %
Frigorífico - Puerto Bs As	0,23	51,67 %	3,34	55,00 %	0,01	37,84 %	1,40	25,05 %	0,22	30,50 %	0,00	52,56 %	1,77	29,77 %	0,01	65,14 %
Distribuidor - Minorista	0,00	0,79 %	0,05	0,75 %	0,00	1,29 %	0,03	0,51 %	0,00	0,63 %	0,00	0,70 %	0,04	0,62 %	0,00	1,23 %
Carne sin hueso en el destino Miami	31,4		67,7		0,1		111,5	22,8		0,0	54,5	2,115				
Logística para la carne sin hueso: destino Miami							13,6	2,1		0,0	5,7	0,0				
Aeropuerto Miami - Distribuidor	0,03	0,92 %	0,39	0,94 %	0,00	32,73 %	0,15	1,14 %	0,02	1,14 %	0,00	0,85 %	0,18	1,18 %	0,00	4,33 %
Aeropuerto Córdoba - Aeropuerto Miami																
Miami	2,85	97,37 %	40,11	97,62 %	0,00	51,66 %	13,17	96,95 %	2,01	97,38 %	0,00	98,33 %	15,24	97,28 %	0,03	79,84 %
Frigorífico - aeropuerto Córdoba	0,02	0,68 %	0,30	0,72 %	0,00	13,63 %	0,12	0,91 %	0,02	0,94 %	0,00	0,67 %	0,16	1,00 %	0,00	2,66 %
Hielo seco	0,01	0,18 %	0,00	0,00 %	0,00	0,00 %	0,00	0,00 %	0,00	0,00 %	0,00	0,00 %	0,00	0,00 %	0,00	0,00 %
Conservadora	0,00	0,02 %	0,02	0,04 %	0,00	0,01 %	0,00	0,02 %	0,00	0,01 %	0,00	0,00 %	0,00	0,01 %	0,00	1,38 %
Manta térmica parte polietileno	0,00	0,09 %	0,08	0,20 %	0,00	0,65 %	0,01	0,08 %	0,00	0,05 %	0,00	0,01 %	0,01	0,08 %	0,00	4,32 %
Manta térmica parte aluminio	0,02	0,73 %	0,20	0,49 %	0,00	1,31 %	0,12	0,90 %	0,01	0,48 %	0,00	0,13 %	0,07	0,45 %	0,00	7,47 %
Carne sin hueso en el destino Santiago de Chile	28,60		28,00		0,06		98,77	20,90		0,00	39,98	2,08				
Logística para la carne sin hueso: destino Santiago de Chile							0,86	0,14		0,00	1,11	0,01				
Carne sin hueso a la salida del frigorífico	0,10		1,37		0,01		97,9	20,8		0,00	38,87	2,078				
Film stretch	0,00	0,00 %	0,00	0,00 %	0,00	0,00 %	0,00	0,00 %	0,00	0,00 %	0,00	0,00 %	0,00	0,00 %	0,00	0,00 %
Pallet madera	0,01	0,03 %	0,14	0,54 %	0,00	0,31 %	0,05	0,05 %	0,01	0,04 %	0,00	0,39 %	0,07	0,17 %	0,00	0,12 %
Caja	0,01	0,05 %	0,18	0,68 %	0,00	0,44 %	0,07	0,07 %	0,02	0,08 %	0,00	0,54 %	0,06	0,15 %	0,01	0,27 %
Bolsa interior caja	0,00	0,01 %	0,09	0,35 %	0,00	0,07 %	0,01	0,01 %	0,00	0,01 %	0,00	0,05 %	0,01	0,04 %	0,00	0,12 %
Bolsa que envuelve la carne	0,03	0,09 %	0,67	2,53 %	0,00	0,51 %	0,10	0,11 %	0,01	0,05 %	0,00	0,39 %	0,11	0,28 %	0,02	0,90 %
Energía eléctrica de Red Argentina	0,14	0,48 %	1,89	7,11 %	0,00	0,74 %	0,52	0,53 %	0,04	0,20 %	0,00	5,83 %	0,32	0,82 %	0,20	9,52 %
Gas Natural en caldera (m ³)	0,07	0,25 %	1,08	4,06 %	0,00	0,00 %	0,07	0,07 %	0,00	0,02 %	0,00	1,48 %	0,08	0,21 %	0,32	15,20 %
Agua	0,02	0,06 %	0,21	0,77 %	0,00	1,11 %	0,08	0,08 %	0,01	0,05 %	0,00	0,53 %	0,06	0,15 %	0,02	1,15 %
Efluente Industrial	0,09	0,32 %	0,00	0,00 %	0,00	0,00 %	0,00	0,00 %	0,97	4,68 %	0,00	0,00 %	0,00	0,00 %	0,00	0,00 %
FUEL OIL+ aceite recuperado (kg)	0,29	1,00 %	3,76	14,11 %	0,00	0,17 %	3,41	3,48 %	0,09	0,45 %	0,00	21,22 %	0,92	2,38 %	0,00	0,00 %
GAS OIL (paño) (Litros)	0,00	0,01 %	0,02	0,08 %	0,00	0,19 %	0,01	0,01 %	0,00	0,01 %	0,00	0,11 %	0,02	0,04 %	0,00	0,00 %
2,708 kg PV para obtener 1 kg carne sin hueso Animal (peso vivo)	27,71	97,24 %	16,83	63,21 %	0,04	80,73 %	92,48	94,46 %	19,42	93,57 %	0,00	60,54 %	35,80	92,11 %	1,50	72,32 %
Transporte Campo - Frigorífico (Ida y vuelta)	0,13	0,47 %	1,75	6,57 %	0,01	15,72 %	1,10	1,13 %	0,18	0,85 %	0,00	8,90 %	1,42	3,66 %	0,01	0,39 %



Tabla 8a: Resultados del análisis de ciclo de vida de la Unidad declarada 1 kg de peso vivo en la tranquera del campo (kg PV)

	GWP		kg CO ₂ eq		AD FF		MJ		AD Mat		Kg Sb eq		AP		Kg SO ₂ eq		
	11,91		7,23		7,23		7,23		1,7E-05		64 %		42 %		0,040		
	VACA	TORO	NOVILLO	VACA	TORO	NOVILLO	VACA	TORO	NOVILLO	VACA	TORO	NOVILLO	VACA	TORO	NOVILLO	VACA	TORO
	49 %	3 %	48 %	22 %	1 %	77 %	34 %	2 %	64 %	42 %	1 %	57 %	0,000	1 %	0,000	0,000	0,000
Fermentación entérica kg CH ₄	5,9	0,32	5,7	1,6	0,1	5,6	5,9E-06	2,8E-07	1,1E-05	0,017	0,000	0,022	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Gestión del estiércol kg CH ₄	5,37	0,30	4,86	0,00	0,00	0,00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Gestión del estiércol kg N ₂ O	0,05	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Gestión estiércol y orina kg NH ₃	0,16	0,01	0,30	0,00	0,00	0,00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,000	0,000	0,016	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Gestión estiércol y orina kg NO _x	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pasturas: Gatton Panic	0,15	0,01	0,07	0,08	0,00	0,04	3,6E-07	1,5E-08	1,7E-07	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Monte Natural	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Balanceado Cría	0,01	0,00	0,07	0,14	0,00	0,73	3,8E-09	1,1E-10	2,0E-08	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Silaje de maíz MS (peso)	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,10	3,9E-08	1,1E-09	2,2E-07	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Maíz grano (peso)	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,21	2,3E-08	6,3E-10	3,9E-07	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Poroto negro (peso)			0,02	0,00	0,22	0,22			3,3E-07								
Balanceado engorde			0,17	0,00	2,72	3,8			3,1E-06								
Agua	0,04	0,00	0,03	0,42	0,03	0,33	1,1E-06	8,8E-08	8,9E-07	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Gasoil (producción y quema) Litros	0,04	0,00	0,06	0,59	0,02	0,85	2,6E-06	1,0E-07	3,8E-06	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Camioneta asesoramiento gasoil	0,02	0,00	0,03	0,30	0,01	0,37	1,7E-06	6,9E-08	2,1E-06	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Transporte 16-32 t EURO 6			0,00	0,00	0,00	0,03			4,7E-08								

Tabla 8b: Resultados del análisis de ciclo de vida de la Unidad declarada 1 kg de peso vivo en la tranquera del campo (kg PV)

	EP		Kg PO ₄ ---eq		OD		Kg CFC-11 eq		PO		Kg NMVOC		WS		m3 eq	
	Vaca	Toro	Vaca	Novillo	Vaca	Novillo	Toro	Novillo	Vaca	Novillo	Toro	Novillo	Vaca	Toro	Vaca	Novillo
	42 %	1 %	24 %	57 %	1.4E-08	4.5E-08	1 %	75 %	43 %	1 %	55 %	13 %	1 %	0.09	1 %	86 %
	0.0035	0.0001	0.0001	0.0048	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Fermentación entrérica kg CH ₄	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Gestión del estiércol kg CH ₄	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Gestión del estiércol kg N ₂ O	0.0002	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Gestión de estiércol y orina kg NH ₃	0.0024	0.0001	0.0000	0.0030	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Gestión de estiércol y orina kg NO _x	0.0006	0.0000	0.0000	0.0007	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Pasturas implantadas : Gatton Panic	0.0002	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Monte Natural	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Balanceado Cría	0.0001	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Silaje de maíz MS (peso)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Maíz grano (peso)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Poroto negro (peso)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Balanceado engorde	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Agua	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Gasoil (producción y quema) Litros	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Camioneta asesoramiento gasoil	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Transporte 16-32 t EURO 6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000



Tabla 9: Resultados comparativos del análisis de ciclo de vida de la Unidad declarada 1 kg de peso vivo en la tranquera del campo (kg PV)

	Huella de carbono	Agotamiento de recursos materiales combustibles fósiles	Agotamiento de recursos materiales	Acidificación potencial	Eutrofización potencial	Adelgazamiento de la capa de ozono	Oxidación fotoquímica	Escasez de agua
	kg CO ₂ eq	MJ	kg Sb eq	kg SO ₂ eq	kg PO ₄ --- eq	kg CFC-11 eq	kg NMVOC	m ³ eq
Brasil (Ecoinvent)	22,31	8,80	0,000368	0,06	0,076	0,00000008	0,02	0,77
Sudáfrica (Ecoinvent)	9,72	10,83	0,000109	0,16	0,074	0,00000010	0,01	3,23
Coop Italia	6,77	16,50	0,01	0,29	0,084	No calcula	0,04	0,88
Logros	11,91	7,23	0,000017	0,04	0,008	0,00000006	0,02	0,65
Logros vs Coop	75,88 %	-56,18 %	-99,78 %	-86,13 %	-90,08 %		-57,01 %	97,91 %

El resultado obtenido para el conjunto de los distintos impactos ambientales estudiados se comparó con dos perfiles ambientales extraídos de la base de datos Ecoinvent y con el estudio de un frigorífico italiano Coop, cuya declaración ambiental de producto fue realizada bajos los criterios de la misma PCR que este estudio.

Los valores obtenidos para el impacto Potencial de calentamiento global (Global Warming Potential, GWP) de Logros estuvieron en el orden de magnitud de los otros estudios analizados. Superó al caso Coop en un 76 %, pero es inferior al caso de Brasil

(Rodrigues Teixeira Dias y otros, 2018). Por otro lado, el caso de Sudáfrica (Russo, y otros, 2018) reportó un valor más cercano al obtenido en este estudio.

En cuanto a los demás impactos ambientales, Agotamiento de recursos abióticos (combustibles fósiles), Agotamiento de recursos abióticos (Materiales), Acidificación potencial, Eutrofización potencial, Adelgazamiento de la capa de ozono, Oxidación fotoquímica y Escasez de agua, este estudio se ubica por debajo de los valores publicados por Coop Italia, Brasil y Sudáfrica.

Discusión

Los ocho impactos analizados para la Declaración Ambiental de Producto de la carne de Logros, Argentina, se encontraron dentro de un rango medio con respecto a los valores internacionales publicados para Sudáfrica, Brasil e Italia. La bibliografía internacional es más abundante para el caso del impacto Potencial de Calentamiento Global (GWP) o Huella de Carbono, donde existen más posibilidades de comparación. Los resultados de nuestro estudio, para el impacto huella de carbono, también se encuentran dentro de un rango medio, aunque la variabilidad de los resultados publicados es muy amplia. El análisis pormenorizado de la bibliografía permite profundizar sobre posibles causas de esas diferencias de impacto.

Uno de los trabajos más conocidos a nivel mundial es el publicado en la revista Science (Poore & Nemecek, 2018). En este meta-análisis los autores analizaron el costo ambiental de los alimentos básicos de los 7 575 millones de habitantes del planeta. Revisaron más de 570 estudios científicos con datos de 38 700 establecimientos ganaderos en 119 países. Dedujeron un valor promedio de 100 kg CO₂ eq / kg de carne a nivel global, que resulta considerablemente alto.

Recientemente, la empresa italiana Coop Italia

publicó la Declaración Ambiental de Producto de 1 kg de carne de vacuna comestible, fresca y deshuesada, de bovinos adultos, lista para ser comprada por los clientes minoristas en envases de plástico, en la carnicería del supermercado (Coop, 2020). La huella de carbono calculada fue de 19,9 kg CO₂ eq / kg de carne con hueso (rendimiento del 60 %) en la puerta de salida del frigorífico. En segundo lugar, estimaron en 24,7 kg CO₂ eq / kg de carne sin hueso (rendimiento del 83 %) en el punto de venta minorista, con una variabilidad que depende de los cortes de carne deseados. En tercer lugar, informaron la huella de carbono de la carne lista para comer, teniendo en cuenta el almacenamiento en frío y la cocción en el hogar. Presentaron un rango, desde la carne cruda (24,9 kg CO₂ eq / kg), hasta con dos horas cocción en la olla (29,1 kg CO₂ eq / kg). Si bien las unidades declaradas no son estrictamente las mismas que las usadas en nuestro estudio, los valores en la puerta de salida del frigorífico de este trabajo resultaron superiores.

Por otro lado, la base de datos Ecoinvent (Russo, y otros, 2018) informaron la Huella de Carbono de 1 kg de peso vivo de animales pesados producidos en *feedlot*. (Cattle for slaughtering, live weight fattening of calves for beef production, feedlot). La Huella de Carbono reportada fue de 9,65 kg CO₂ eq / kg de peso

vivo. Estos datos representaron la producción de 1 kg de peso vivo de ganado de carne en un corral de engorde en Sudáfrica. En el caso de este trabajo, los resultados obtenidos fueron 22 % más altos.

Un meta-análisis sectorial de EE.UU. informó una Huella de Carbono en *feedlot* de 15,23 kg CO₂ eq / kg de peso vivo (Environmental Working Group, 2011) y al mismo tiempo, informaron valores similares de otros autores, 15,9 kg CO₂ eq / kg PV por Williams (DEFRA, 2013); 20 kg CO₂ eq / kg PV por Phetteplace, y otros (US), 14,8 kg CO₂ eq / kg PV por Pelletier y otros (2010) y 15,32 kg CO₂ eq / kg PV por Subak (1999). En este caso, los valores obtenidos por este trabajo fueron inferiores.

Otro artículo científico de EE.UU. que representó la producción, procesamiento y consumo de carne en ese país, analizó datos del sector ganadero, de mataderos-frigoríficos y del consumidor, y reportó una Huella de Carbono de 48,4 kg CO₂ eq / kg de carne consumida, sin hueso (Asem-Hiablíe y otros, 2019). Los resultados de este estudio fueron un 72 % inferiores a este valor. Un trabajo del sur de Brasil indicó una Huella de Carbono entre 18,3 kg CO₂ eq / kg de peso vivo para pastura cultivada y 42,6 kg CO₂ eq / kg de peso vivo para pastos naturales (Favarini Ruviano y otros, 2014). Los resultados de este trabajo fueron inferiores.

En una reciente edición especial de la Revista Argentina de Producción Animal, se realizó una extensa discusión sobre el tema (Faverín y otros, 2019), en la que los autores concluyeron que las estimaciones de huellas de carbono en otros países presentan una gran variabilidad: entre 15,9 a 36,4 CO₂ eq / kg de peso vivo para los planteos de ciclo completo, valores similares a los obtenidos por este estudio.

Dentro de los puntos a destacar del sistema productivo de este trabajo se encontraron menores emisiones relativas generadas en la etapa de engorde en *feedlot*, con alimentación a base de granos y silo de maíz, que tienen factores de emisión de metano por fermentación entérica (Y_m) inferiores a animales alimentados con pasturas, según se desprende de las Guías IPCC (IPCC, 2019).

Dentro del modelo de producción primaria de granos y pasturas, el hecho de no utilizar gran cantidad de fertilizantes nitrogenados en el planteo técnico, representó un beneficio, porque se redujo la emisión de óxido nitroso, amoníaco y óxidos de nitrógeno,

gases con aporte a los impactos calentamiento global, eutrofización, acidificación y formación fotoquímica de Ozono.

Todas las actividades económicas, en la medida en la que utilizan energía a lo largo de sus cadenas de producción, son responsables de una cantidad más o menos significativa de emisiones que generan impactos ambientales. La actividad agrícola y ganadera no son una excepción, al utilizar diversas fuentes energéticas para producir, y al emitir los animales una cantidad considerable de metano por fermentación entérica, que no pueden ser evitadas, pero si disminuidas con un manejo sustentable de las dietas. Por otro lado, existen aditivos dietarios que pueden disminuir hasta un 30 % las emisiones por fermentación entérica.

Dentro de los eslabones de producción, otro punto que generó altos impactos ambientales, o "hotspots", fue la gestión del estiércol en las distintas etapas cría, recría y engorde. En esta última etapa, la acumulación en pilas de estiércol genera altas emisiones de metano, óxido nitroso, amoníaco y óxidos de nitrógeno, que intervienen en los impactos ambientales calentamiento global, acidificación, eutrofización y formación fotoquímica de ozono. En este punto, se podría mejorar el manejo a través de alguna técnica que reduzca dichas emisiones, como podría ser la integración del *feedlot* a un biodigestor que use esos efluentes y los transforme en calor y energía en el mismo predio, generando un sistema de economía circular con beneficios en diferentes eslabones de la cadena. Otra alternativa podría ser el uso del estiércol como abono en los lotes de cultivo.

En lo que refiere a los procesos dentro del frigorífico, toda acción que impulse el uso eficiente de recursos energéticos y de agua, con la consecuente generación de efluentes, redundaría en disminuciones en los impactos ambientales. También el agregado de valor a los subproductos repercutiría en la huella de la carne, ya que la asignación de cargas se realizó por el criterio económico.

Finalmente, en lo que respecta al transporte, se pudo observar que el avión es el medio que mayores impactos generó, superiores a los del barco. Los traslados por carreteras argentinas también influyeron de manera significativa en los impactos calculados. Se sugiere aprovechar al máximo las capacidades de traslado, disminuir los fletes muertos y utilizar vehículos con tecnología de combustibles EURO 4, EURO 5 y EURO 6, con menores emisiones por litro utilizado.

Hacia el futuro se podría incorporar a este estudio el valor de balance de carbono del suelo, el cual requiere mediciones *in situ* del suelo siguiendo el protocolo de FAO (FAO, 2020), información a través de imágenes satelitales; métodos simplificados del

IPCC; o bien modelos de simulación, que actualmente no se llevan a cabo. La finalidad de incorporar ese cálculo es el de estimar la remoción de CO₂ necesaria para llegar al objetivo de un producto carbono neutro.

Conclusiones

Este estudio evaluó el ciclo de vida de la carne vacuna producida en un sistema de cría y recría silvopastoril, con engorde en *feedlot*, en Santiago del Estero, Argentina y que fue faenada en un frigorífico ubicado en Río Segundo, Córdoba. El análisis se hizo en base al método Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y al protocolo Declaración Ambiental de Producto (EPD), en el que se evaluaron 8 impactos ambientales: (1) huella de carbono, (2) acidificación potencial, (3) eutrofización potencial, (4) formación fotoquímica de ozono, (5) agotamiento de recursos materiales, (6) agotamiento de recursos fósiles, (7) escasez de agua, y (8) adelgazamiento de la capa de ozono.

El análisis de los resultados de este estudio permitió extraer beneficios potenciales, que podrían ayudar a mejorar el diseño de sistemas productivos sostenibles y a determinar los aspectos que se necesitan alcanzar para lograr los objetivos de huella de carbono, tanto a nivel de una empresa, como de toda la cadena de carne bovina de Argentina. Los equipos de marketing pueden extraer datos cuantitativos para las comunicaciones de sostenibilidad.

La calidad y la integridad de los datos relevados en todo el ciclo de vida de la carne fueron determinantes para establecer la confiabilidad y la coherencia de la

información, lo que permitió cumplir con el fin previsto de estimar los impactos de la carne, sentando las bases para una posterior certificación. El proceso de aprendizaje durante la etapa del inventario de ciclo de vida realizado en este trabajo permite sugerir que los futuros análisis podrían estar vinculados directamente con los sistemas de gestión empresarios, de forma tal que se puedan generar los indicadores ambientales con la misma facilidad con la que se elaboran los indicadores económicos, financieros y patrimoniales. Esto implica la necesidad del desarrollo de herramientas de registro y análisis de grandes bases de datos.

Este trabajo de investigación apunta a la verificación y registro por parte de un organismo certificador, de forma tal que se convierta en un eco-etiquetado del Tipo III, un documento que comunica información transparente y comparable sobre el impacto ambiental de un producto. El eco-etiquetado debe cumplir con la norma ISO 14025 y constituye una nueva dimensión en el mercado, la del valor agregado ambiental, con la finalidad de generar ventajas competitivas, tanto a las empresas que las promueven, como a los demás actores de la cadena de valor.

Conflicto de intereses: No hay ningún conflicto de intereses que declarar.

Aprobación del Comité de Experimentación Animal: N/C.

Contribuciones de los autores: Los autores contribuyeron de manera igualitaria en todas las etapas del trabajo.

Agradecimientos: José María Roca, Mariano Grimaldi, Diego Quintero, Jacqueline Domínguez, Aldana Pavesio y Maribel Ferranti, quienes aportaron datos técnicos y registros de producción a campo y de frigorífico.

Financiación: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), empresa Logros S.A.

Editado por Argenis Rodas-Gonzalez.

Literatura Citada

- Acero, A. P., Rodríguez, C., & Ciroth, A. 2015. Impact assessment methods in Life Cycle Assessment and their impact categories. Obtenido de OPENLCA Version: 1.5.2: <https://www.openlca.org/wp-content/uploads/2015/11/LCA-METHODS-v.1.5.2.pdf>
- Akerman, C., & Cardin, R. 2018. Informes de cadenas de valor. Cárnica - Vacuna. Obtenido de Ministerio de Hacienda de la Nación - ISSN 2525-0221: <https://www.senado.gov.ar/upload/32029.pdf>
- Angueira, M. C. 2007. Frías, Lavalle y Tapso: Cartas de Suelo y Evaluación de Tierras. Obtenido de INTA Santiago del Estero, Informe Técnico 41, ISSN 1850-4086: https://inta.gov.ar/sites/default/files/inta_carta_de_suelos_frias_lavalle_tapso.pdf
- Asem-Hiablíe, S., Battagliese, T., Stackhouse-Lawson, K. R., & Rotz, C. A. 2019. A life cycle assessment of the environmental impacts of a beef system in the USA. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 2019 24:441-455, 441-455.
- Barretto de Figueiredo, E., Jayasundara, S., de Oliveira Bordonal, R., Berchielli, T. T., Andrade Reis, R., Wagner-Riddle, C., & La Scala, N. J. 2017. Greenhouse gas balance and carbon footprint of beef cattle in three contrasting pasture-management systems in Brazil. Obtenido de *Journal of Cleaner Production*, Volume 142, Part 1, 2017, Pages 420-431, ISSN 0959-6526: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.132>
- Bavera, G. A. 2006. Definición de carne, res, faena, rinde y dressing. Obtenido de Cursos de Producción Bovina de Carne, FAV UNRC: https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/comercializacion/07-definicion_de_carne_y_res.pdf
- Beauchemin, K., & McGinn, S. 2005. Methane emissions from feedlot cattle fed barley or corn diets. Obtenido de *Journal of Animal Science* 83: 653-661: <https://doi.org/10.2527/2005.833653x>
- Bongiovanni, R., & Tuninetti, L. 2021. «Huella de Carbono de la carne. Estudio de caso» *Revista Argentina de Producción Animal* (en revisión). Obtenido de Congreso: "IX International in Life Cycle Conference Latin America: CILCA 2021" Buenos Aires, Argentina, 31 de mayo al 04 de junio de 2021. Trabajo # 147: <https://www.cilcaricv.org/>
- Boulay, A.-M., Bare, J., Benini, L., Berger, M., Lathuilliere, M. J., Manzardo, A., . . . Pfister, S. (8 de June de 2017). The WULCA consensus characterization model for water scarcity footprints: assessing impacts of water consumption based on available water remaining (AWARE). (S. M. Laren, Ed.) *Int. J. Life Cycle Assess*, 23(DOI 10.1007/s11367-017-1333-8), 368 - 378.
- Brunetti, M., Moretto, F., Frossasco, G., & Martinez-Ferrer, J. 2020. Caracterización de co-productos de la industria del etanol. Manfredi: INTA.
- Buratti, C., Fantozzi, F., Barbanera, M., Lascaro, E., BChiorri, M., & Cecchini, L. 2017. Carbon footprint of conventional and organic beef production systems: An Italian case study. Obtenido de *Science of The Total Environment*, Volume 576, 2017, Pages 129-137, ISSN 0048-9697: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969716322410>
- Cavagliatto, C. N. 2007. Comercialización de carne bovina a Dinamarca. Frigorífico Río Segundo. Obtenido de Tesis Licenciatura en Comercio Internacional. Universidad Empresarial Siglo 21: <https://repositorio.uesiglo21.edu.ar/handle/ues21/12510>
- Cerri, C. C., Moreira, C. S., Alves, P. A., Raucci, G. S., Castigioni, B. d., Mello, F. F., Cerri, C. E. 2016. Assessing the carbon footprint of beef cattle in Brazil: a case study with 22 farms in the State of Mato Grosso. Obtenido de *Journal of Cleaner Production*, Volume 112, Part 4, 2016, Pages 2593-2600, ISSN 0959-6526: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615015437>
- Coop. 2020. Environmental Product Declaration of Coop Beef Meat. Obtenido de Coop Italia Life Cycle Assessment of Beef and Veal Meat, detailed Registration number: S-P-00495 CPC 2111, 2113. Registration number: S-P-00495, CPC code: 2111 Product category rules (PCR): PCR 2012:11 Meat of mammals, fresh: The International EPD® System (www.environdec.com). Programme operator: EPD International AB. Number and date of revision : v. 5 - 2020-01-16
- Dämmgen, U., Amon, B., Gyldenkerne, S., Hutchings, N., Klausling, H., Haenel, H.-D., & Roesemann, C. 2011. Reassessment of the calculation procedure for the volatile solids excretion rates of cattle and pigs in the {Austrian}, {Danish} and {German} agricultural emission inventories. Obtenido de *Landbauforschung Volkenrode* 61: 115-126: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/vol4.html>
- DEFRA. 2013. Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA). Obtenido de Farm Practices Survey Autumn 2012 - England (March, 2013):



- https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/181719/defra-stats-foodfarm-environ-fps-statsrelease-autumn2012edition-130328.pdf
- Desjardins, R. L., Worth, D. E., Vergé, X. P., Maxime, D., Dyer, J., & Cerkowniak, D. 2012. Carbon Footprint of Beef Cattle. Obtenido de Sustainability 4, no. 12: 3279-3301: <https://doi.org/10.3390/su4123279>
- Dirección Nacional de Cambio Climático. 2019. ¿Qué es el cambio climático? Obtenido de Secretaría de Cambio Climático y Desarrollo Sustentable de la Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (SAyDS): <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/sustentabilidad/cambioclimatico>
- Dirección Nacional de Cambio Climático. 2020. ¿Qué es el Cambio Climático? Obtenido de Secretaría de Cambio Climático y Desarrollo Sustentable de la Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (SAyDS): <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/sustentabilidad/cambioclimatico>
- Duarte, E. 2020. Uso del Agua en establecimientos agropecuarios. Sistema de abrevadero (Parte I). Obtenido de https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R139/R_139_52.pdf
- EcoInvent. 2020. Database version 3.5. Swiss Centre for Life Cycle Inventories. <http://www.ecoinvent.org/>.
- Environdec. 2019. carne de mamíferos (Meat of Mammals), con fecha 2019-09-06, clasificación del grupo de productos: UN CPC 2111, 2113, 2012:11. Versión 3.11, válida hasta 2022-02-22. Obtenido de <https://portal.environdec.com/api/api/v1/EPDLibrary/Files/740b3a0c-4e51-4c3a-b65e-1ad5c2a7c88a/Data>
- Environmental Working Group. 2011. Meat Eaters Guide. Obtenido de Methodology: <http://www.ewg.org/meateatersguide/>
- EPD International. 2019. MEAT OF MAMMALS PRODUCT GROUP CLASSIFICATION: UN CPC 2111, 2113 2012:11 VERSION 3.11 VALID UNTIL: 2022-02-22. Obtenido de The International EPD® System - Product Category Rules (PCR): <https://environdec.com/pcr-library/with-documents>
- Eurobarometer. 2020. Flash Eurobarometer 367 2013. Attitudes of Europeans towards building the single market for green products. Obtenido de European Commission website: https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/facts_and_figures_en.htm
- FADA. 2021. Monitor de Exportaciones Agroindustriales 2021. Obtenido de Fundación FADA: <https://fundacionfada.org/informes/monitor-de-exportaciones-agroindustriales-lejos-de-ser-el-cuco-el-empleo-consumo-y-desarrollo-que-genera-venderle-al-mundo/>
- FAO. 2020. A protocol for measurement, monitoring, reporting and verification of soil organic carbon in agricultural landscapes - GSOC-MRV Protocol. Obtenido de FAO Rome: <https://doi.org/10.4060/cb0509en>
- Favarini Ruviano, C., de Léis, C. M., Lampert, V. d., & Barcellos, J. 2014. Carbon footprint in different beef production systems on a southern Brazilian farm: A case study. Obtenido de Journal of Cleaner Production 96 DOI: 10.1016/j.jclepro.2014.01.037: https://www.researchgate.net/publication/260058390_Carbon_footprint_in_different_beef_production_systems_on_a_southern_Brazilian_farm_A_case_study
- Faverín, C., Gratton, R., & Machado, C. 2014. EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CARNE VACUNA DE BASE PASTORIL. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA. Obtenido de Revista de la Asociación Argentina de Producción Animal. Vol 34, No 1 2014. ISSN impreso 0326-0550 ISSN en línea 2314-324X.: <http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/rapa/article/view/7634>
- Faverín, C., Tieri, M., & Herrero, M. 2019. Metodologías de cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero en ganadería bovina. Revista Argentina de Producción Animal VOL 39 N° 2, 87-104.
- Fernández, H. H. 2002. Composición de alimentos para rumiantes. Obtenido de Sitio Argentino de Producción Animal - EEA INTA Balcarce. Nutrición Animal: http://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/01-alimentos_rumiantes.pdf
- Field, C., Barros, V., Dokken, D., Mach, K., Mastrandrea, M., Bilir, T., . . . White, L. 2014. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Obtenido de Summary for policymakers in Climate Change. Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5_wgII_spm_en.pdf

- Figueiredo, E. B., Jayasundara, S., Bordonal, R. d., Berchielli, T. T., Reis, R. A., Wagner-Riddle, C., & La Scala, N. 2017. Greenhouse gas balance and carbon footprint of beef cattle in three contrasting pasture-management systems in Brazil. Obtenido de *Journal of Cleaner Production*, Volume 142, Part 1, 2017, Pages 420-431, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.132>: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652616302049>
- Frohmann, A., Herreros, S., Mulder, N., & Olmos, X. 2012. Huella de carbono y exportaciones de alimentos. Guía práctica. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Santiago de Chile: ONU.
- Galera, F. M. 2000. El género prosopis "algarrobos" en América Latina y el Caribe. distribución, bioecología, usos y manejo. Obtenido de FAO - SECYT - FAO UNC - ISBN 987-43-2577-1: <http://www.fao.org/3/AD314S/AD314S04.htm>
- Gerrits, W., Dijkstra, J., & Bannink, A. 2014. Methaanproductie bij witvleeskalveren. *Livestock Research Report 813*. Obtenido de Wageningen, Netherlands: Wageningen UR (University & Research centre) Livestock Research: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/vol4.html>
- Guinée, J. B., Huppes, G., Lankreijer, R. M., Udo de Haes, H. A., & Wegener Sleeswijk, A. (October 1992). *Environmental Life Cycle Assessment of Products - Guide*. (R. Heijungs, Ed.) Utrecht, The Netherlands: R. van Duin - H.P. de Goede. doi:90-5191-064-9
- Heijungs, R., Guinée, J., Huppes, G., Lankreijer, R., Udo de Haes, H., Wegener Sleeswijk, A., . . . Goede, H. d. (1992). *Environmental life cycle assessment of products: guide and backgrounds (Part 1)*. Obtenido de Leiden University: <https://scholarlypublications.universiteitleiden.nl/handle/1887/8061>
- Herron, J., Curran, T., Moloney, A., McGee, M., O'Riordan, E., & O'Brien, D. 2021. Life cycle assessment of pasture-based suckler steer weanling-to-beef production systems: Effect of breed and slaughter age. Obtenido de *Animal*, Volume 15, Issue 7, 2021, 100247, ISSN 1751-7311: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751731121000896>
- IBM. 2020. Meet the 2020 consumers driving change. Obtenido de Los compradores están dispuestos a pagar más por marcas sostenibles y rastreables: <https://www.ibm.com/thought-leadership/institute-business-value/report/consumer-2020>
- INDEC. 2021. Censo Nacional Agropecuario 2018. Resultados definitivos. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC): <https://cna2018.indec.gov.ar/informe-de-resultados.html>
- Infonegocios. 2017. La estrategia de Logros. Obtenido e <https://infonegocios.info/40-de-las-grandes/la-estrategia-de-logros-la-marca-de-la-carne-made-in-cordoba-para-crecer-en-un-mercado-que-recupera-el-terreno-perdido>
- INTA. 2018. Jornada de actualización sobre silaje del Proyecto Regional "Desarrollo sustentable de los sistemas agropecuarios de la Llanura Chaqueña Oeste". Obtenido de https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/maiz_sorgo/157-silaje.pdf
- INTA. 2020. Estudio Integral de Modelos de Producción de Etanol Estudio ambiental y económico de minidestilerías de etanol en modelos agroindustriales integrados (CIGBO). Manfredi: INTA.
- IPCC. 2019. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 5: Waste, Chapter 6: Wastewater Treatment and Discharge. Obtenido de Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/vol5.html>
- IPCC. 2019. Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Revisión 2019. Obtenido de Volumen 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/vol4.html>
- IPCVA. 2021. Exportaciones Argentinas de Carne. Obtenido de Instituto de Promoción de la Carne Vacuna Argentina: http://www.ipcva.com.ar/olap/show_pivot.jsp
- ISO 14046. (2014, 08 01). ISO 14046 Environmental management - Water footprint - Principles, requirements and guidelines. First Edition, 1-33. Vernier, Ginebra, Switzerland: ISO.
- ISO. 2006. ISO 14044: Environmental Management, Life Cycle Assessment Requirements and Guidelines, International Organisation for Standardisation (ISO).
- ISO. 2013. ISO 14067: Carbon footprint of products – Requirements and guidelines for quantification and communication. International Organization for Standardization (ISO).
- Lottici, M. V. 2012. La huella de carbono y su impacto potencial sobre las exportaciones argentinas. 1a ed. (Serie de estudios del CEI; 14). Buenos Aires: Centro de Economía Internacional, ISBN 978-987-23765-6-7.

- MAGyP. 2021. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Obtenido de Bovinos. Serie stock Bovina a Diciembre 2008-2020: https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/bovinos/informacion_interes/informes/
- Márgenes Agropecuarios. 2019. Resultados económicos. Buenos Aires: Margenes Agropecuarios.
- MAyDS. 2021. Cuarto Informe Bial de Actualización. Obtenido de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible: <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/cambio-climatico/cuarto-informe-bial>
- Nemecek, T., Bengoa, X., Lansche, J., Roesch, A., Faist-Emmenegger, M., Rossi, V., & Humbert, S. 2019. World Food LCA Database Methodological Guidelines for the Life Cycle Inventory of Agricultural Products . Obtenido de Simapro: https://simapro.com/wp-content/uploads/2020/11/WFLDB_MethodologicalGuidelines_v3.5.pdf
- Oers, V., de Koning, A., Guinée, J. B., & Huppes, G. 2002. Abiotic Resource Depletion in LCA. Road and Hydraulic Engineering Institute. Netherlands: Ministerie van Verkeer en Waterstaat.
- ONU. 2015. Organización de las Naciones Unidas. 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Packing box Argentina. (1 de 10 de 2020). Cajas para Frigoríficos. Obtenido de 011 5256 0124 contacto@cajas.com.ar: <https://www.cajas.com.ar/cajas-por-industria/cajas-para-frigorificos>
- Paolilli, M. C., Cabrini, S. M., Pagliaricci, L. O., Fillat, F. A., & Bitar, M. V. 2019. Estructura de la cadena de carne bovina argentina. Obtenido de INTA Pergamino RTA / Vol 10 / N°40: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_pergamino_estructura_de_la_cadena_de_carne_bovina_argentina.pdf
- Pelletier, N., Pirog, R., & Rasmussen, R. 2010. Comparative life cycle environmental impacts of three beef production strategies in the Upper Midwestern United States. Obtenido de Agricultural Systems 103: 380-389: <https://www.sciencedirect.com/journal/agricultural-systems/vol/103/issue/1>
- Poore, J., & Nemecek, T. 2018. Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360(6392), 987-992.
- Pordomingo, A. J. 2004. Engorde a corral. Obtenido de Sitio Argentino de Producción Animal: <https://www.produccion-animal.com.ar/>
- Reginatto, J. 2018. Análisis económico-financiero del poroto como alternativa en la rotación de cultivos para la zona norte de la provincia de Córdoba. Universidad Católica de Córdoba [Tesis de Maestría]. Obtenido de <http://pa.bibdigital.uccor.edu.ar/1569/>
- Rodrigues Teixeira Dias, F., Ferreira Picoli, J., Paim RCosta, F., Bungenstab, D. J., & Folegatti Matsuura, M. I. 2018. Life Cycle Inventories of Agriculture, Forestry and Animal Husbandry - Brazil. For the SRI project. Part III - Animal husbandry. 6 Life cycle inventories for beef cattle in Brazil. Obtenido de Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1113475/1/LCI-Agriculture-2018.pdf>
- Romero, L. A. 2004. Silaje de maíz. Calidad en forrajes conservados. Obtenido de Sitio Argentino de Producción Animal: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_silos/05-silaje_maiz.pdf
- Russo, V., de Kock, L., Muir, K., Notten, P., Patel, I., Stucki, M., . . . Wettstein, S. 2018. Life Cycle Inventories of Agriculture and Animal Husbandry - South Africa. Obtenido deecoinvent Association, Zürich, Switzerland: https://www.ecoinvent.org/files/change_report_v3_6_20190912.pdf
- SAyDS. 2019. Tercer Informe Bial de Actualización de Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC). Obtenido de Argentina. Biennial update report (BUR). BUR 3: <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/3er%20Informe%20Bial%20de%20la%20Republica%20Argentina.pdf>
- SILVA, M. P., MARTINEZ, M., COIRINI, R., BRUNETTI, M., BALZARINI, M., & KARLIN, U. 2000. Valoración nutritiva del fruto del "algarrobo blanco" (*Prosopis chilensis*) bajo distintos tipos de almacenamiento - . Pag: 65-74. 2000. Obtenido de INTA: <https://inta.gob.ar/documentos/valoracion-nutritiva-del-fruto-del-algarrobo-blanco-prosopis-chilensis-bajo-distintos-tipos-de-almacenamiento>
- Stackhouse-Lawson, K. R., Rotz, C. A., Oltjen, J. W., & Mitloehner, F. M. 2012. Carbon footprint and ammonia emissions of California beef production systems. Obtenido de Journal of Animal Science, Volume 90, Issue 12, December 2012, Pages 4641-4655: <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4653>

- The International EPD System. 2016. PRODUCT CATEGORY RULES ACCORDING TO ISO 14025. Obtenido de Arable crops v2.0 DATE 2016-06-23: <https://www.environdec.com/PCR/Detail/?Pcr=8804>
- Van Oers, L., & Guinée, J. 2016. The Abiotic Depletion Potential: Background, Updates, and Future. Obtenido de Resources 2016, 5, 16: <https://doi.org/10.3390/resources5010016>
- Vargas-Torres, A., Osorio-Díaz, P., Agama-Acevedo, E., Morales-Franco, L., & Bello-Pérez, L. A. 2006. Digestibilidad del almidón en diferentes variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Obtenido de Interciencia, 31(12), 881-884: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006001200010&lng=es&tlng=es
- Veneciano, J. H., & Frasinelli, C. A. 2014. Cría y recría de bovinos. Obtenido de Sitio Argentino de Producción Animal: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria/177-TextoCriaRecia.pdf
- Vitali, A., Grossi, G., Martino, G., Bernabucci, U., Nardone, A., & Lacetera, N. 2018. Carbon footprint of organic beef meat from farm to fork: a case study of short supply chain. Obtenido de J. Sci. Food Agric., 98: 5518-5524: <https://doi.org/10.1002/jsfa.9098>