

TESIS DE MAESTRÍA
INGENIERÍA AMBIENTAL

Título:

“Impacto ambiental de la industria cárnica bovina y sus derivados. Enfoque de Ciclo de Vida”

Autor: Diego Aníbal Nuñez

Director de Tesis: Dr. Ing. Salvador Enrique Puliafito

Co Director de Tesis: Dra. Ing. Bárbara M. Civit

Buenos Aires - 2018

*“La Tierra no es una herencia de nuestros padres,
sino un préstamo de nuestros hijos”.*

(Proverbio indio)

Agradecimientos

A Julieta (esposa y traductora) por su valiosísimo aporte, incentivo y paciencia.

A Bárbara M. Civit por su contribución, compromiso y dedicación.

A los docentes de la Maestría, quienes en cada seminario se despojaron de sus conocimientos y experiencias, y motivaron aún más mi compromiso con el cuidado del medio ambiente y mi interés por la investigación.

Resumen

De todos los alimentos producidos por el hombre, la carne bovina es el que presenta la mayor huella ambiental, derivado de su gran demanda de recursos, principalmente granos, agua potable, energía eléctrica y combustibles fósiles, y de sus emisiones al ambiente a lo largo de su ciclo de vida. Algunos de los principales impactos negativos vinculados con la producción pecuaria bovina son: eutrofización del agua de superficie, filtración de nitratos y patógenos en los mantos acuíferos, acumulación de nutrientes y metales pesados excedentes en el suelo y el agua, contaminación de los recursos suelo y agua por patógenos, liberación de grandes cantidades de dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, amoníaco y otros gases a la atmósfera, y destrucción de ecosistemas frágiles, como las selvas y bosques nativos, los humedales, los manglares y los arrecifes coralinos. Por otra parte, los cultivos destinados a alimento para el ganado y las actividades de pastoreo demandan cada vez mayores extensiones de tierra, lo que genera una creciente presión sobre los ecosistemas naturales.

Este trabajo de tesis aporta datos sobre el impacto de la industria de la carne bovina a escala territorial y su contribución regional y global, utilizando el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) como metodología de evaluación de impactos.

Palabras clave: Impacto ambiental. Carne bovina. Argentina. Análisis de Ciclo de Vida. ACV. ReCiPe. Residuos sólidos. Efluentes líquidos. Emisiones GEI. Efecto invernadero. Calentamiento global. Recursos. Energía. Transporte. Combustibles fósiles. Agua dulce. Metales pesados. Alternativas vegetales.

Abstract

Regarding food production, cattle meat accounts for the largest ecological footprint as a consequence of its high demand for resources, mainly crops, fresh water, electricity and fossil fuels, and the emissions to the environment throughout its life cycle. The main adverse impacts of livestock production include: surface water eutrophication, nitrates and pathogens groundwater leaching, accumulation of remaining nutrients and heavy metals in soil and water, pollution of soil and water resources by pathogens, release of high levels of carbon dioxide, methane, nitrous oxide, ammonia and other compounds to the atmosphere, and destruction of fragile ecosystems, including native jungles and forests, wetlands, mangroves and coral reefs. Moreover, grazing activities and growing crops to feed livestock demand ever larger extensions of land, thus increasing pressure on natural ecosystems.

This thesis provides inputs regarding the impact of cattle meat industry locally, regionally and globally, using the Life Cycle Assessment (LCA) as an impact evaluation methodology.

Keywords: Environmental impact. Cattle meat. Argentina. Life Cycle Assessment. LCA. ReCiPe. Solid wastes. Liquid effluents. GHG Emissions. Global warming. Resources. Energy. Transport. Fossil fuels. Fresh water. Heavy metals. Vegetable alternatives.

Índice de contenido

AGRADECIMIENTOS	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ACRÓNIMOS / LISTA DE ABREVIATURAS	XII
CAPÍTULO 1	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. PROBLEMÁTICA GENERAL	1
1.2. MARCO TEÓRICO	2
BIBLIOGRAFÍA	4
CAPÍTULO 2	6
DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	6
2.1. PROBLEMÁTICA LOCAL, REGIONAL Y GLOBAL	6
2.2. PROBLEMA OBSERVADO	6
2.3. JUSTIFICACIÓN	9
2.4. HIPÓTESIS	10
2.5. OBJETIVOS	10
2.6. METODOLOGÍA PROPUESTA	11
BIBLIOGRAFÍA	12
CAPÍTULO 3	14
EVALUACIÓN AMBIENTAL. ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA	14
3.1. ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA. GENERALIDADES	14
3.2. APLICACIONES DEL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA	15
3.3. FASES DEL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA	15
3.4. HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS PARA EL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA	16
BIBLIOGRAFÍA	19
CAPÍTULO 4	20
CASO DE ESTUDIO: LA PRODUCCIÓN DE CARNE BOVINA EN ARGENTINA	20
4.1. CONSIDERACIONES INICIALES	20
4.2. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA PRODUCTIVO	20
4.2.1. Producción y consumo	20

4.2.2.	<i>Combustibles fósiles utilizados (uso directo)</i>	24
4.2.3.	<i>Energía consumida</i>	25
4.2.4.	<i>Otros recursos</i>	25
4.3.	IMPACTOS POTENCIALES DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD Y ÁREAS SENSIBLES	26
4.3.1.	<i>Biodiversidad</i>	26
4.3.2.	<i>Cambio climático</i>	26
4.3.3.	<i>Selvas y Bosques nativos y sus ecosistemas</i>	27
4.3.4.	<i>Suelo y sus ecosistemas</i>	28
4.3.5.	<i>Agua y sus ecosistemas</i>	29
4.4.	EMISIONES AL AMBIENTE	32
4.4.1.	<i>Emisiones gaseosas</i>	32
4.4.2.	<i>Material particulado</i>	33
4.4.3.	<i>Efluentes líquidos</i>	34
4.4.4.	<i>Residuos sólidos</i>	35
4.5.	ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA	35
4.5.1.	<i>Definición de Objetivos y Alcance</i>	35
4.5.2.	<i>Análisis de Inventario de Ciclo de Vida (ICV)</i>	41
4.5.3.	<i>Evaluación de Impacto de Ciclo de Vida (EICV)</i>	67
4.5.4.	<i>Interpretación</i>	70
4.6.	ESCENARIO DE APORTE ENERGÉTICO CON LEGUMBRES Y CEREALES	70
4.7.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	73
	BIBLIOGRAFÍA	78
	CAPÍTULO 5	94
	CONCLUSIONES	94
	ANEXOS	99
	NOTA FINAL	102

Índice de tablas

Tabla 4.1 – Clasificación y distribución de existencias bovinas por categorías correspondientes al año 2014.....	22
Tabla 4.2 – Distribución de existencias según método de cría y terminación	22
Tabla 4.3 – Distribución del ganado bovino por provincia y por superficie total del territorio continental correspondientes al año 2014.....	23
Tabla 4.4 – Detalle de faena, consumo local y exportación correspondientes al año 2014.....	24
Tabla 4.5 – Consumo de alimento para bovinos a campo.....	43
Tabla 4.6 – Consumo de alimento para bovinos a corral.....	43
Tabla 4.7 – Consumo de granos y balanceados proteicos para bovinos a campo y a corral	44
Tabla 4.8 – Consumo de granos y balanceados proteicos para bovinos a campo y a corral	45
Tabla 4.9 – Reciclado de subproductos de otras industrias para elaboración de alimento balanceado	45
Tabla 4.10 – Consumo de agua potable y de servicios	46
Tabla 4.11 – Consumo directo de combustibles fósiles.....	47
Tabla 4.12 – Consumo de energía eléctrica	48
Tabla 4.13 – Sales y suplementos minerales incorporados a la dieta	48
Tabla 4.14 – Medicamentos veterinarios consumidos anualmente por el sector.....	49
Tabla 4.15 – Fluidos frigorígenos utilizados por la industria frigorífica de carne bovina.....	50
Tabla 4.16 – Productos químicos empleados en la industria frigorífica	51
Tabla 4.17 – Emisiones de CO ₂ asociadas al consumo directo de combustibles fósiles	51
Tabla 4.18 – Factores de Emisión para combustibles fósiles.....	52
Tabla 4.19 – Fuentes de generación de energía eléctrica y sus porcentajes para el año 2014.....	52

Tabla 4.20 – Consumo de fitosanitarios por cultivo	53
Tabla 4.21 – Consumo de fertilizantes por cultivo	53
Tabla 4.22 – Emisiones de CO ₂ asociadas al consumo de energía eléctrica.....	53
Tabla 4.23 – Combustibles fósiles quemados para obtención de energía eléctrica y su destino	54
Tabla 4.24 – Cambio de uso del suelo y emisiones de CO ₂ asociadas	54
Tabla 4.25 – Emisiones de CH ₄ y su conversión a valores de CO ₂ -eq.....	55
Tabla 4.26 – Emisiones de N ₂ O y su conversión a valores de CO ₂ -eq correspondientes al ganado bovino de carne	56
Tabla 4.27 – Emisiones de N ₂ O y su conversión a valores de CO ₂ -eq correspondientes a los principales cultivos forrajeros (soja, maíz, trigo y sorgo).....	56
Tabla 4.28 – Emisiones de NH ₃ atribuibles al estiércol generado por el sector	57
Tabla 4.29 – Emisiones de NH ₃ atribuibles al uso de fertilizantes sobre pasturas y cultivos forrajeros	58
Tabla 4.30 – Emisiones de NO _x por origen.....	59
Tabla 4.31 – Emisiones de COVDM por origen.....	59
Tabla 4.32 – Emisiones de Material Particulado por origen.....	60
Tabla 4.33 – Efluentes líquidos por origen	61
Tabla 4.34 – Volumen anual de estiércol generado por el sector	62
Tabla 4.35 – Consumo estimado de estiércoles en la producción frutihortícola	62
Tabla 4.36 – Contenido de nitrógeno y fósforo de algunos alimentos y suplementos presentes en la dieta	64
Tabla 4.37 – Volumen anual de nitrógeno y fósforo consumido por el sector como parte de la dieta	64
Tabla 4.38 – Volumen anual de nitrógeno emitido al ambiente bajo la forma de estiércol.....	64
Tabla 4.39 – Volumen anual de nitrógeno emitido al ambiente por la aplicación de fertilizantes sobre pasturas y cultivos forrajeros.....	65
Tabla 4.40 – Volumen anual de fósforo emitido al ambiente bajo la forma de estiércol.....	65

Tabla 4.41 – Volumen anual de fósforo emitido al ambiente por la aplicación de fertilizantes sobre pasturas y cultivos forrajeros.....	65
Tabla 4.42 – Volumen anual de metales pesados emitido al ambiente por el estiércol y la aplicación de fertilizantes minerales sobre pasturas y cultivos forrajeros	66
Tabla 4.43 – Inventario de ciclo de vida del sector “Industria cárnica bovina”	67
Tabla 4.44 – Indicadores de categoría de impacto de punto intermedio, perspectiva Jerárquica para el sector “Industria cárnica bovina”	68
Tabla 4.45 – Indicadores de categoría de impacto de punto final, perspectiva Jerárquica para el sector “Industria cárnica bovina”	69
Tabla 4.46 – Inventario de ciclo de vida del sector “Legumbres y Cereales”	71
Tabla 4.47 – Indicadores de categoría de impacto de punto intermedio, perspectiva Jerárquica para el sector “Legumbres y cereales”.	72
Tabla 4.48 – Indicadores de categoría de impacto de punto final, perspectiva Jerárquica para el sector “Legumbres y cereales”	73
Tabla 4.49 – Análisis comparativo de perfiles ambientales para ambos productos. Categorías de impacto de punto intermedio	74
Tabla 4.50 – Análisis comparativo de perfiles ambientales para ambos productos. Categorías de impacto de punto final	75

Índice de figuras

Figura 2.1 – Estructura de punto intermedio y punto final aplicado en el método ReCiPe	18
Figura 4.1 – Gráfico de consumos de agua potable	46
Figura 4.2 – Gráfico del perfil ambiental correspondiente al “Flujo de referencia A”, indicadores de categoría de impacto de punto intermedio, perspectiva Jerárquica.....	69
Figura 4.3 – Gráfico del perfil ambiental correspondiente al “Flujo de referencia A”, indicadores de categoría de impacto de punto final, perspectiva Jerárquica.....	69
Figura 4.4 – Gráfico del perfil ambiental correspondiente al “Flujo de referencia B”, indicadores de categoría de impacto de punto intermedio, perspectiva Jerárquica.....	72
Figura 4.5 – Gráfico del perfil ambiental correspondiente al “Flujo de referencia B”, indicadores de categoría de impacto de punto final, perspectiva Jerárquica.....	73
Figura 4.6 – Gráfico comparativo de perfiles ambientales para ambos productos. Categorías de impacto de punto intermedio, perspectiva Jerárquica.....	74
Figura 4.7 – Gráfico comparativo de perfiles ambientales para ambos productos. Categorías de impacto de punto final, perspectiva Jerárquica.....	75
Figura 4.8 – Gráfico de consumos de agua potable comparados.....	76
Figura A.1 – Mapa de densidad de distribución del ganado bovino correspondiente al año 2014	99
Figura A.2 – Distribución del ganado bovino por provincia en %	100
Figura A.3 – Diagrama de flujo de la industria cárnica bovina, incluyendo flujos de entradas y salidas de insumos, transportes y emisiones.....	101

Acrónimos / Lista de abreviaturas

ACV: Análisis de Ciclo de Vida

AGV: Ácidos Grasos Volátiles

CH₄: Metano

CO: Monóxido de carbono

CO₂: Dióxido de carbono

COVDM: Compuestos Orgánicos Volátiles Distintos del Metano

DBO₅: Demanda Bioquímica de Oxígeno

DQO: Demanda Química de Oxígeno

EICV: Evaluación de Impacto de Ciclo de Vida

GEI: Gases de efecto invernadero

H₂S: Sulfuro de hidrógeno

ICV: Inventario de Ciclo de Vida

MS: Materia Seca

MV: Materia Verde

N₂O: Óxido nitroso

NH₃: Amoníaco

NO_x: Óxidos de nitrógeno

PM₁₀: Material Particulado con partículas de diámetro inferior a 10 µm

PM_{2,5}: Material Particulado con partículas de diámetro inferior a 2,5 µm

PV: Peso Vivo

UF: Unidad Funcional

Capítulo I

INTRODUCCIÓN

1.1. Problemática general

Al escuchar la palabra “contaminación”, seguramente muchos de nosotros la asociemos con dos o tres imágenes que a través de los años se fueron haciendo cotidianas y que son representativas de los impactos que, en mayor o menor medida, producen en el medio ambiente de nuestro planeta las actividades antropogénicas. Tal vez la imagen más común sea la de una chimenea o un conjunto de ellas de las que se desprende una columna de humo negro que se hace más voluminosa a medida que asciende en la atmósfera; otra probablemente sea la de un embotellamiento de tránsito en una ciudad colapsada cubierta por una nube de smog; y quizás la última sea la de una cañería volcando efluentes líquidos sin tratar en un cuerpo de agua y cientos de peces flotando junto a la orilla. Muchos otros, al buscar un poco más en esa vasta galería de imágenes mentales, quizás visualicemos un derrame de petróleo en cercanías de una plataforma marina, o una explotación minera a cielo abierto en un paisaje de glaciares y picos nevados, o bien un cementerio de chatarra electrónica humeante en algún país lejano. Pero estas imágenes ya conocidas y ampliamente difundidas son solo una parte de lo que representa aquel término: la visible, que es posiblemente la más susceptible de ser controlada.

No obstante, la extensa mayoría de las emisiones analizadas y contabilizadas a lo largo del presente trabajo son originadas por fuentes difusas. Por esta razón, resultan raramente observables a simple vista como las ya descritas y además no cuentan con la adecuada difusión. Sin embargo, a causa de su gigantesca magnitud histórica y actual, sus proyecciones de crecimiento futuro, las características propias de los contaminantes y sus reacciones entre sí y con otros compuestos presentes en el ambiente, sus impactos sobre la biósfera son tanto o más críticos que las anteriores y muy difícilmente controlables.

Si reconociésemos esas imágenes y a qué actividades corresponden, o si contásemos con la información suficiente, podríamos o bien reaccionar con indiferencia

o bien tomar alguna acción desde nuestra posición de consumidores para lograr un cambio en pos del Desarrollo Sustentable que es, según el Informe Brundtland de 1987 y su ratificación en las sucesivas cumbres internacionales, *“el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades”*.

En este sentido, la Constitución de la Nación Argentina en su Artículo 41 establece que: *“Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras”*. Y agrega: *“y tienen el deber de preservarlo. (...) Las autoridades proveerán a la protección de este derecho, a la utilización racional de los recursos naturales, a la preservación del patrimonio natural y cultural y de la diversidad biológica, y a la información y educación ambientales.”*

Esto significa que, como miembros de una Nación, tenemos derechos pero también deberes, y estos últimos implican una gran responsabilidad, principalmente en nuestro rol de consumidores. Así, con las herramientas que nos brindan la información y la educación ambiental, podríamos, por ejemplo, discernir entre dos o más productos que cumplan funciones similares y escoger aquel que presente una menor carga ambiental.

El objetivo principal del presente trabajo de tesis es, precisamente, el de brindar las herramientas necesarias para la toma de decisiones.

1.2. Marco teórico

A nivel mundial se cuenta con numerosos estudios científicos que reflejan una problemática real relacionada con la producción de carne bovina y sus derivados. Entre ellos, podemos listar los siguientes: “La larga sombra del ganado” (FAO, 2006), “Ganadería y deforestación” (FAO, 2006a), “La contaminación por la producción pecuaria industrial” (FAO, 2008), “*Risk Assessment Evaluation for Concentrated Animal Feeding Operations*” (EPA, 2004), “*Ammonia (NH₃) emissions*” (EEA, 2010), “*Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen*” (Carpenter, y otros, 1998), “*Impact of intensive livestock operations on water quality*” (Miller, 2001), “*Ammonia emissions and animal agriculture*” (Gay, y otros, 2009), “*The green, blue*

and grey water footprint of farm animals and animal products” (Mekonnen, y otros, 2010), “*Greenhouse gas emissions from ruminant supply chains*” (Opio, y otros, 2013), “*Livestock production and energy use*” (Pimentel, 2004), y “*Beef Cattle: Manure Management*” (Cole, y otros, 2007). Estos y otros trabajos, elaborados por organismos gubernamentales, reconocidas ONG y prestigiosas universidades, que incluyen *papers*, informes, actas de congresos, tesis, censos, cifras históricas y artículos de acreditadas revistas científicas, servirán como referencia y soporte de lo argumentado y calculado.

En el ámbito local, a la fecha de inicio de esta tesis, no se encontraron antecedentes de publicaciones que hagan extensiva la aplicación del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) para la determinación del perfil ambiental de la carne bovina en Argentina. La bibliografía consultada solo presenta enfoques parciales de una misma problemática, abordando el tema principalmente desde una óptica centrada en el cambio climático. Podemos citar, entre otros, la “Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático” (SAyDS, 2015), que contabiliza los gases de efecto invernadero (GEI) generados a nivel país, incluidos los del sector agropecuario, “Suelos, producción agropecuaria y cambio climático” (MAGyP, 2014), que además incluye el impacto sobre los suelos, “Investigación sobre el sector productivo Frigoríficos” (APrA, 2012), “Emisiones de gases de efecto invernadero; Influencia de la ganadería argentina” (Berra, y otros, 2002), “Engorde intensivo (feedlot), elementos que intervienen y posibles impactos en el medio ambiente” (Gil, 2006).

Bibliografía

APrA. 2012. *Investigación sobre el sector productivo Frigoríficos*. Centro de Economía Verde. Agencia de Protección Ambiental. Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. 2012. Disponible en:

http://www.buenosaires.gob.ar/sites/gcaba/files/informe_sectorial_-_frigorificos.pdf.

Berra, Guillermo y Finster, Laura. 2002. *Emisiones de gases de efecto invernadero; Influencia de la ganadería argentina*. Instituto de Patobiología, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). 2002. págs. 1-4. Disponible en:

http://www.produccion-animal.com.ar/sustentabilidad/50-efecto_invernadero.pdf.

Carpenter, S., y otros. 1998. *Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen*. Ecological Society of America. 1998. págs. 1-11. Disponible en:

<http://www.esa.org/esa/wp-content/uploads/2013/03/issue3.pdf>. ISSN 1092-8987.

Cole, N.A., Brown, M.S. y Varel, V.H. 2007. *Beef Cattle: Manure Management*. United States Department of Agriculture (USDA). 2007. págs. 1-2. Disponible en:

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.494.2511&rep=rep1&type=pdf>.

EEA. 2010. *Ammonia (NH₃) emissions*. European Environment Agency (EEA). 2010. pág. 6. Disponible en: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/eea-32-ammonia-nh3-emissions-1/assessment-1/download.pdf>.

EPA. 2004. *Risk Assessment Evaluation for Concentrated Animal Feeding Operations*. United States Environmental Protection Agency. 2004. págs. 68-69. Disponible en:

<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/901V0100.PDF?Dockey=901V0100.PDF>.

FAO. 2006. *La larga sombra del ganado. Problemas ambientales y opciones*.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2006. págs. XXI, XXIII, 160-164. Disponible en:

<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/a0701s/a0701s00.pdf>.

—. **2006a.** *Políticas Pecuarias N°03. Ganadería y deforestación*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2006a. Disponible en:

<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a0262s/a0262s00.pdf>.

—. **2008.** *La contaminación por la producción pecuaria industrial*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2008. págs. 2-3.

Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a0261s/a0261s00.pdf>.

Gay, S.W. y Knowlton, K.F. 2009. *Ammonia emissions and animal agriculture*.

Virginia State University. 2009. págs. 2-3. Disponible en:

https://pubs.ext.vt.edu/442/442-110/442-110_pdf.pdf.

Gil, Susana B. 2006. *Engorde intensivo (feedlot), elementos que intervienen y posibles impactos en el medio ambiente.* 2006. págs. 6-8. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/overnada_o_engorde_a_corral_o_feedlot/08-feedlot.pdf.

MAGyP. 2014. *Suelos, producción agropecuaria y cambio climático. Avances en la Argentina.* 2014. pág. 211. Disponible en: <http://docplayer.es/storage/46/23484814/1483791718/8nIoX8BAsBCLe9XVjWitBg/23484814.pdf>.

Mekonnen, M.M. y Hoekstra, A.Y. 2010. *The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products. Volume 1: Main Report.* UNESCO-IHE. 2010. pág. 28. Disponible en: <http://waterfootprint.org/media/downloads/Report-48-WaterFootprint-AnimalProducts-Vol1.pdf>.

Miller, Jim J. 2001. *Impact of intensive livestock operations on water quality.* 2001. pág. 410. Disponible en: <http://www.wcds.ca/proc/2001/Manuscripts/Chapter%2031%20Miller.pdf>.

Opio, C., y otros. 2013. *Greenhouse gas emissions from ruminant supply chains – A global life cycle assessment.* Agriculture and Consumer Protection, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome. 2013. pág. 12. Disponible en: <http://www.fao.org/publications/card/en/c/ff905a47-1479-595c-b891-d345ea13c0a0/>. ISBN 97892510794.

Pimentel, David. 2004. *Livestock production and energy use.* College of Agriculture and Life Sciences, Cornell University, Ithaca, NY, USA. 2004. pág. 673. Disponible en: <https://jks-energy.wikispaces.com/file/view/EncycEnergyPimentel2004LivestockProduction.pdf>.

SAyDS. 2015. *Tercera Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.* 2015. Disponible en: <http://unfccc.int/resource/docs/natc/argnc3s.pdf>.

Capítulo 2

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

2.1. Problemática local, regional y global

Algunas de las problemáticas ligadas al sector de producción de carne bovina, objeto de estudio de esta tesis, que se plantean en la actualidad a nivel local, regional y global, y que deberán ser resueltas en el corto plazo con miras al desarrollo sustentable son, entre otras, el calentamiento global, la deforestación, la desertificación, la pérdida de biodiversidad, la contaminación de cuerpos de agua superficial y subterránea, la contaminación atmosférica, la generación de residuos, la eutrofización, la sobreexplotación y el agotamiento de recursos no renovables, la seguridad alimentaria y la salud humana. Es por ello que esta tesis se focaliza en la evaluación ambiental de los impactos derivados del sector como consecuencia de un modelo productivo específico.

2.2. Problema observado

A lo largo de toda la cadena de producción y distribución de carne bovina, se generan cantidades significativas de emisiones gaseosas, además de efluentes y residuos sólidos, los que deben ser tratados en forma adecuada previo al venteo, vuelco o disposición final respectivamente. El conjunto de estos efluentes deberá ser tenido en cuenta con el fin de lograr una reducción en el impacto de la actividad sobre el medio ambiente.

Por otra parte, los cultivos destinados a alimento para el ganado y las actividades de pastoreo demandan cada vez mayores extensiones de tierra, lo que genera una creciente presión sobre los ecosistemas naturales, que junto al exterminio legal e ilegal de especies silvestres acusadas de “competir” con el ganado, ponen en constante peligro la biodiversidad y el equilibrio de los ecosistemas.

En este sentido, el informe de indicadores ambientales “*Environmental indicator report 2013 - Natural resources in human well-being in a green economy*” (EEA, 2013), explica:

“Los alimentos son una de las categorías de consumo doméstico que presentan mayor impacto ambiental, lo que los hace responsables de más de un tercio de las emisiones acidificantes relacionadas al consumo, y de un sexto de las emisiones de gases de efecto invernadero y de precursores de ozono troposférico. Estos impactos se originan a lo largo del ciclo de vida, desde la producción agrícola (por el cambio en el uso de la tierra, emisión de gases de efecto invernadero, eutrofización, otros), pasando por el procesamiento, embalaje, distribución y almacenaje (por el uso de agua, energía y materiales), hasta la producción y manejo de los residuos (por emisión de gases de efecto invernadero y eutrofización), y varían ampliamente entre las diferentes categorías de alimentos. La carne y los productos lácteos presentan la mayor huella global de carbono, material y agua por kilogramo producido que cualquier otro alimento. Alcanzar las necesidades alimentarias humanas mediante carne y lácteos es comparativamente ineficaz, en el sentido que implica un sustancial uso de tierras, provisión de energía y pérdidas de nutrientes en relación a las proteínas producidas. Además, las reses producen metano, un potente gas de efecto invernadero.

La reciente tendencia en Europa apunta al consumo de menos carne (particularmente carne de res) y más frutas y verduras por contar con beneficios ambientales. Sin embargo, a nivel global predomina la tendencia opuesta”. (Traducción a cargo del autor del presente trabajo).

Y según el informe *“Consumption and the environment”* de la misma agencia ambiental (EEA, 2012):

“Si bien no todos los alimentos saludables presentan un menor impacto ambiental y viceversa, varias recomendaciones alimentarias, como incluir una mayor proporción de cereales, papas, verduras y frutas en la dieta, y menos carne, son a la vez beneficiosas para la salud de la persona y del medio ambiente. La ingesta de elevadas calorías combinada con un estilo de vida sedentario no solo tiene efectos adversos en la salud, sino también significa que se deben producir más alimentos, lo que resulta en impactos ambientales más altos a lo largo del ciclo de vida que los de dietas basadas en ingestas de

calorías saludables recomendadas". (Traducción a cargo del autor del presente trabajo).

Estos y otros estudios similares hacen suponer que para un país histórico productor de carne bovina como Argentina la situación no será diferente.

Este trabajo de tesis buscará aportar datos sobre el impacto de la industria de la carne bovina a escala territorial y su contribución global, utilizando el Análisis de Ciclo de Vida como herramienta de análisis. En este aspecto consideramos que sus resultados, además de revelar el impacto de una industria tan arraigada a las costumbres locales, contribuirán a la búsqueda de posibles alternativas, cuyo principal beneficiario será el medio ambiente y por carácter transitivo las especies animales y vegetales que forman parte de la biodiversidad. Y el ser humano, que es en primera instancia el motor del consumo, es quien se beneficiará directamente con un ambiente más limpio no comprometiendo además el de las generaciones futuras, a la vez que mejorará su salud y su calidad de vida. Por último, se contribuirá a los gobiernos y tomadores de decisiones en la legislación y promoción de nuevos productos alimenticios de menor impacto ambiental con el beneficio adicional del cuidado de la salud de la población y la consecuente reducción del costo en los sistemas de salud.

A lo largo del trabajo de tesis, caracterizaremos los sectores involucrados y sus diferentes variables, el consumo histórico, actual y la tendencia a futuro; repasaremos distintas normas aplicables a la gestión y certificación ambiental; estudiaremos la relación entre la producción bovina y los ecosistemas, hábitat, biodiversidad e impacto en los recursos aire, suelo y agua; revelaremos y cuantificaremos las distintas fuentes de residuos, efluentes y emisiones y los gases de efecto invernadero producidos; analizaremos los recursos empleados en esta industria y en las industrias asociadas y el transporte utilizado; calcularemos el impacto mediante el enfoque de ciclo de vida; y finalmente elaboraremos las conclusiones y propondremos acciones.

Por último cabe aclarar que, si bien son aspectos a tener en cuenta, en esta tesis no analizaremos cuestiones relacionadas con los recursos humanos empleados y los recursos económicos utilizados y generados por el sector bajo estudio. Existe bibliografía al respecto que podrá ser consultada en caso de ser necesario.

2.3. Justificación

La industria de la carne bovina en la Argentina data de mediados del siglo XVI con las primeras introducciones de ganado bovino por parte de los colonizadores españoles. Desde ese momento la población bovina fue en progresivo aumento, llegando a su máximo histórico en 1977 con 61,1 millones de ejemplares para luego pasar por un período de contracción y uno actual de estabilización (Basualdo, y otros, 2006), con cifras de alrededor de 50 millones de ejemplares (Rossanigo, 2012) (SENASA, 2014).

La producción de carne, impulsada primero por la aparición del saladero y más tarde por la introducción del frigorífico, que marcó el inicio de la etapa agroexportadora, fue creciendo y se fue concentrando en determinadas regiones aptas para su desarrollo cercanas a los puntos de consumo masivo y de exportación (Carrasco, y otros, 2012). Estos factores, sumados entre otros al cambio de uso de la tierra para destinarla al pastoreo y a la ausencia de legislación ambiental, fueron transformando los ecosistemas primero en forma lenta y luego exponencial siguiendo el crecimiento de la actividad (Viglizzo, y otros, 2007), (Montenegro, y otros, 2004). A causa de este crecimiento carente de controles, los sumideros naturales fueron impactados al recibir sin tratamiento los desechos generados, en su mayoría líquidos y sólidos orgánicos (sangre, grasas, vísceras, pelo, cuero, huesos, restos no comercializables y estiércol) y gaseosos (principalmente metano, dióxido de carbono, óxido nitroso y amoníaco) (Lobo Poblet, 2009).

En consecuencia, los ecosistemas fueron disminuyendo o perdieron totalmente su capacidad de procesar el creciente volumen de residuos generados. Un ejemplo claro y cercano del impacto producido en gran medida por frigoríficos y curtiembres lo constituye la cuenca hidrográfica de los ríos Matanza, Riachuelo y Reconquista en la provincia de Buenos Aires (APrA, 2010), (APrA, 2013), (JGM, 2013), (PNUD-SECyT, 1996), (Greenpeace, 2010).

Este escenario continuó hasta 1993, año en que se promulgó la Ley N° 11.459/93 de Radicación Industrial (LeyN°14.459/93, 1993) y su Decreto Reglamentario N° 1741/96 (DecretoN°1.741/96, 1996), en el que se clasifican las industrias por su impacto ambiental con indicadores que van de 1 a 3, siendo 1 las de más bajo impacto y 3 las de más alto. La industria frigorífica se encuentra en la

categoría 3, compartiendo posiciones con la industria curtidora y de pieles, la industria de la celulosa, la fabricación de explosivos, la industria de los agroquímicos, la industria petroquímica y la de galvanoplastia entre otras.

2.4. Hipótesis

Sobre la base del problema identificado, en el marco de la teoría que sustenta esta investigación, se afirma que el actual sistema de producción de carne bovina en el territorio argentino no es sustentable desde el punto de vista ambiental ya que presenta ineficiencias en diversos puntos de la cadena productiva.

2.5. Objetivos

- Objetivo general:

Para demostrar la hipótesis de trabajo se ha definido como objetivo general *contribuir al desarrollo sustentable a escala local, regional y global mediante el enfoque de ciclo de vida aplicado a la industria cárnica bovina.*

- Objetivos específicos:
 - Caracterizar el sector ganadero bovino de carne
 - Determinar los recursos naturales y económicos
 - Determinar el impacto sobre: ecosistemas naturales, salud humana, flora, fauna, calidad de aire, suelo y agua
 - Contabilizar la energía, agua, granos, combustibles fósiles, fertilizantes, fitosanitarios, medicamentos y productos químicos consumidos, el transporte utilizado, y las emisiones gaseosas, efluentes líquidos y residuos sólidos generados
 - Proyectar la situación a futuro
 - Comparar el impacto ambiental producido por el sector bajo estudio frente al correspondiente a una dieta basada en alimentos de origen vegetal con aporte energético equivalente
 - Plantear soluciones y alternativas

2.6. Metodología propuesta

Como metodología para evaluar los impactos ambientales asociados a la producción de carne bovina, consideramos el Análisis de Ciclo de Vida, en adelante ACV, que se encuentra normalizado por la serie de estándares ISO 14040/14044 (ISO, 2006).

En el capítulo siguiente se describe y explica en qué consiste un estudio de ACV, sus fundamentos y aplicaciones.

Bibliografía

APrA. 2010. *Lo que el río recorrió: historia ambiental del Riachuelo.* 2010.

—. **2013.** Agencia de Protección Ambiental. [En línea] 2013. [Citado el: 13 de 11 de 2013.]

http://www.agenciaambiental.gov.ar/areas/med_ambiente/apra/riachuelo/?seccion=6&pag=4.

Basualdo, E.M. y Arias, N. 2006. *Evolución y situación actual del ciclo ganadero en la en la Argentina.* 2006.

Carrasco, A.E., Sánchez, N.E. y Tamagno, L.E. 2012. *Modelo agrícola e impacto socio-ambiental en la Argentina: monocultivo y agronegocios.* La Plata : SeDiCI, 2012.

DecretoN°1.741/96. 1996. OPDS. [En línea] 1996. [Citado el: 13 de 11 de 2013.]
<http://www.opds.gba.gov.ar/index.php/leyes/ver/220>.

EEA. 2012. *Consumption and the environment.* 2012.

—. **2013.** *Environmental indicator report 2013 – Natural resources in human well-being in a green economy.* 2013.

Greenpeace. 2010. *Riachuelo: 200 años de contaminación.* 2010.

ISO. 2006. *ISO 14040:2006. Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework.* 2006. p. V. Disponible en: <http://www.iso.org>.

JGM. 2013. Secretaría de Comunicación Pública. Presidencia de la Nación. [En línea] 2013. [Citado el: 3 de noviembre de 2013.]

<http://www.prensa.argentina.ar/2011/07/30/22151-curtiembres-y-frigorificos-los-mas-clausurados-por-contaminar-el-riachuelo.php>.

LeyN°14.459/93. 1993. OPDS. [En línea] 1993. [Citado el: 13 de 11 de 2013.]
<http://www.opds.gba.gov.ar/index.php/leyes/ver/215>.

Lobo Poblet, M.S. 2009. *Informe - Aspectos ambientales, sociales y económicos - Industria frigorífica.* s.l. : Unidad de Medio Ambiente - Secretaría de Industria, Comercio y PyME, 2009.

Montenegro, C., y otros. 2004. *Informe sobre deforestación en Argentina.* 2004.

PNUD-SECyT. 1996. *Inventario de GEI y estudios de vulnerabilidad y mitigación frente al cambio climático en Argentina.* 1996.

Rossanigo, C. 2012. *Stock 2012 del ganado bovino. Mapas de existencias e indicadores ganaderos.* s.l. : INTA/SENASA/RIAN, 2012.

SENASA. 2014. *Existencias Bovinas SENASA.* s.l. : Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca - Presidencia de la Nación, 2014.

Viglizzo, E., Corcuera, J. y Martínez Ortiz, U. 2007. *Producción agropecuaria y medio ambiente: propuestas compartidas para su sustentabilidad.* Buenos Aires : Fundación Vida Silvestre Argentina, 2007. ISBN 978-950-9427-17-4.

Capítulo 3

EVALUACIÓN AMBIENTAL. ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

3.1. Análisis de Ciclo de Vida. Generalidades

Uno de los estándares que normaliza el ACV a nivel mundial es la serie ISO 14040. Las normas comprendidas dentro de esta serie y las versiones vigentes son:

- ISO 14040:2006 - *Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework.*
- ISO 14044:2006 - *Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines.*
- ISO 14047:2003 - *Life cycle impact assessment - Examples of application of ISO 14042.*
- ISO 14048:2002 - *Life cycle assessment - Data documentation format.*
- ISO 14049:2012 - *Environmental management - Life cycle assessment - Illustrative examples on how to apply ISO 14044 to goal and scope definition and inventory analysis.*

La norma ISO 14040 (ISO, 2006) define el ACV como “*la técnica que aborda aspectos ambientales y sus potenciales impactos (por ejemplo, el uso de recursos y las consecuencias ambientales de las emisiones) a través del ciclo de vida del producto desde la adquisición de la materia prima, pasando por la producción, uso, tratamiento de fin de vida, reciclado y disposición final, (es decir, de la cuna a la tumba)*”. (Traducción a cargo del autor del presente trabajo).

El alcance de un ACV, incluyendo los límites del sistema y el nivel de detalle, dependerá del tema y del uso previsto del estudio. La profundidad y amplitud del ACV podrá diferir considerablemente dependiendo de su objetivo. Algunos ejemplos son: estudios “de la cuna a la puerta” (cradle-to-gate), “de la puerta a la puerta” (gate-to-gate), etc.

3.2. Aplicaciones del Análisis de Ciclo de Vida

El ACV cuantifica los impactos ambientales potenciales asociados al ciclo de vida de un producto, clasificándolos en categorías de impacto como el cambio climático global, el agotamiento de los recursos naturales, la disminución de la capa de ozono, la acidificación, la eutrofización y la ecotoxicología, y su posible efecto sobre las áreas de protección: salud humana, calidad de los ecosistemas y disponibilidad de los recursos. Esta técnica se diferencia de otras parciales como la Huella de Carbono, que da una medida de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) directas e indirectas asociadas a un determinado sistema o producto; la Huella Ecológica, que mide la superficie de tierra u océano requerido para soportar cierto nivel de consumo de un individuo o población; la Huella de Agua o Huella Hídrica, que mide el volumen de agua dulce utilizada por determinado sistema o producto; o la Huella de Nitrógeno, que mide el nitrógeno reactivo proveniente de actividades antropogénicas.

Además, según la mencionada norma, el ACV puede ayudar a:

- *Identificar oportunidades de mejoras en el desempeño ambiental de productos en varios puntos de su ciclo de vida*
- *Informar a los tomadores de decisiones en la industria, el gobierno u organizaciones no gubernamentales (por ej., para planeamiento estratégico, definición de prioridades, diseño o rediseño de productos o procesos)*
- *Seleccionar indicadores relevantes de desempeño ambiental, incluyendo técnicas de medición*
- *Marketing (por ej., implementar esquemas de eco etiquetado, realizar una reivindicación ambiental o elaborar una declaración ambiental de producto)*

3.3. Fases del Análisis de Ciclo de Vida

Según el estándar ISO 14040, en un estudio ACV existen cuatro fases:

- Fase de definición de objetivos y alcance: se definen los objetivos y el alcance del estudio, incluyendo los límites del sistema y el nivel de detalle.
- Fase de Análisis del Inventario (ICV): se contabilizan las entradas y salidas del sistema. Implica la recopilación de datos necesarios para cumplir los objetivos del estudio definido.

- Fase de Evaluación de Impactos (EICV): proporciona información adicional y relaciona los resultados del inventario con los efectos ambientales observables.
- Fase de interpretación de resultados: se analizan los resultados como base para las conclusiones, recomendaciones y toma de decisiones.

3.4. Herramientas informáticas para el Análisis de Ciclo de Vida

Un estudio de ACV puede hacerse o bien de forma tradicional, cada fase por separado utilizando herramientas informáticas de uso cotidiano como ser planillas de cálculo estándar y bases de datos contrastadas de acceso libre y de formato compatible, o bien utilizando software *ad hoc* para llevar a cabo el estudio completo. Estos últimos en su gran mayoría utilizan bases de datos privadas que requieren el pago de una licencia para ser usados con fines comerciales (o solicitar una gratuita para uso académico) y además su manejo suele exigir capacitación. Algunos otros son gratuitos y están vinculados a bases de datos de acceso libre, pero análogamente su manejo suele demandar capacitación, lo cual excede el propósito de la tesis.

Para el ACV que desarrollaremos en el capítulo siguiente no utilizaremos un software específico como los descritos, siendo parte de la argumentación lo mencionado en el párrafo anterior. Si bien dichos software podrían aportar herramientas gráficas y de modelado, los resultados como tal no deberán diferir sustancialmente al utilizar una u otra alternativa.

Así, para llevar a cabo la fase de ICV emplearemos planillas de cálculo convencionales, mientras que para la EICV utilizaremos el método ReCiPe. Se trata de un método científico ampliamente aceptado y aplicado a nivel mundial (por ejemplo SETAC y UNEP), compatible con la serie de normas ISO 14040, y uno de los más completos en cuanto a número de categorías de impacto alcanzadas. Una de las principales ventajas del método ReCiPe reside en que es de acceso libre, no requiere licencia, los resultados se pueden obtener manualmente o empleando una planilla de cálculo de tipo estándar, lo que lo hace de fácil aplicación e interpretación, y no exige capacitación en el manejo de la herramienta.

El método ReCiPe fue desarrollado en forma conjunta por el Instituto de Ciencias Ambientales de la Universidad de Leiden en Holanda (CML, por sus siglas en

holandés), el Instituto Nacional Holandés para la Salud Pública y el Medio Ambiente (RIVM, por sus siglas en holandés), la empresa PRé Consultants (reconocidos especialistas y desarrolladores de herramientas informáticas para análisis de ciclo de vida) y la Facultad de Ciencias de la Universidad Radboud en la ciudad de Nimega en Holanda. ReCiPe combina las ventajas de los métodos CML2001 y Eco-Indicator99: la ventaja del método CML es su solidez científica, mientras que la del Eco-indicator99 es su facilidad de interpretación. Este método, considerado como el sucesor de los dos anteriores, integra el enfoque orientado al problema ambiental y el orientado al daño, y comprende dos grupos de categorías de impacto: uno de puntos intermedios, que incluye 18 categorías (Cambio climático, Disminución de la capa de ozono, Toxicidad humana, Formación de oxidantes fotoquímicos, Formación de material particulado, Radiación ionizante, Acidificación terrestre, Eutrofización de agua dulce, Eutrofización marina, Ecotoxicidad terrestre, Ecotoxicidad de agua dulce, Ecotoxicidad marina, Ocupación de tierras rurales, Ocupación de tierras urbanas, Transformación de tierras naturales, Agotamiento del agua dulce, Agotamiento de recursos minerales y Agotamiento de combustibles fósiles), y otro de puntos finales que incluye 3 categorías (Salud humana, Ecosistemas y Aumento del costo de recursos) (Figura 2.1) (Goedkoop, y otros, 2013).

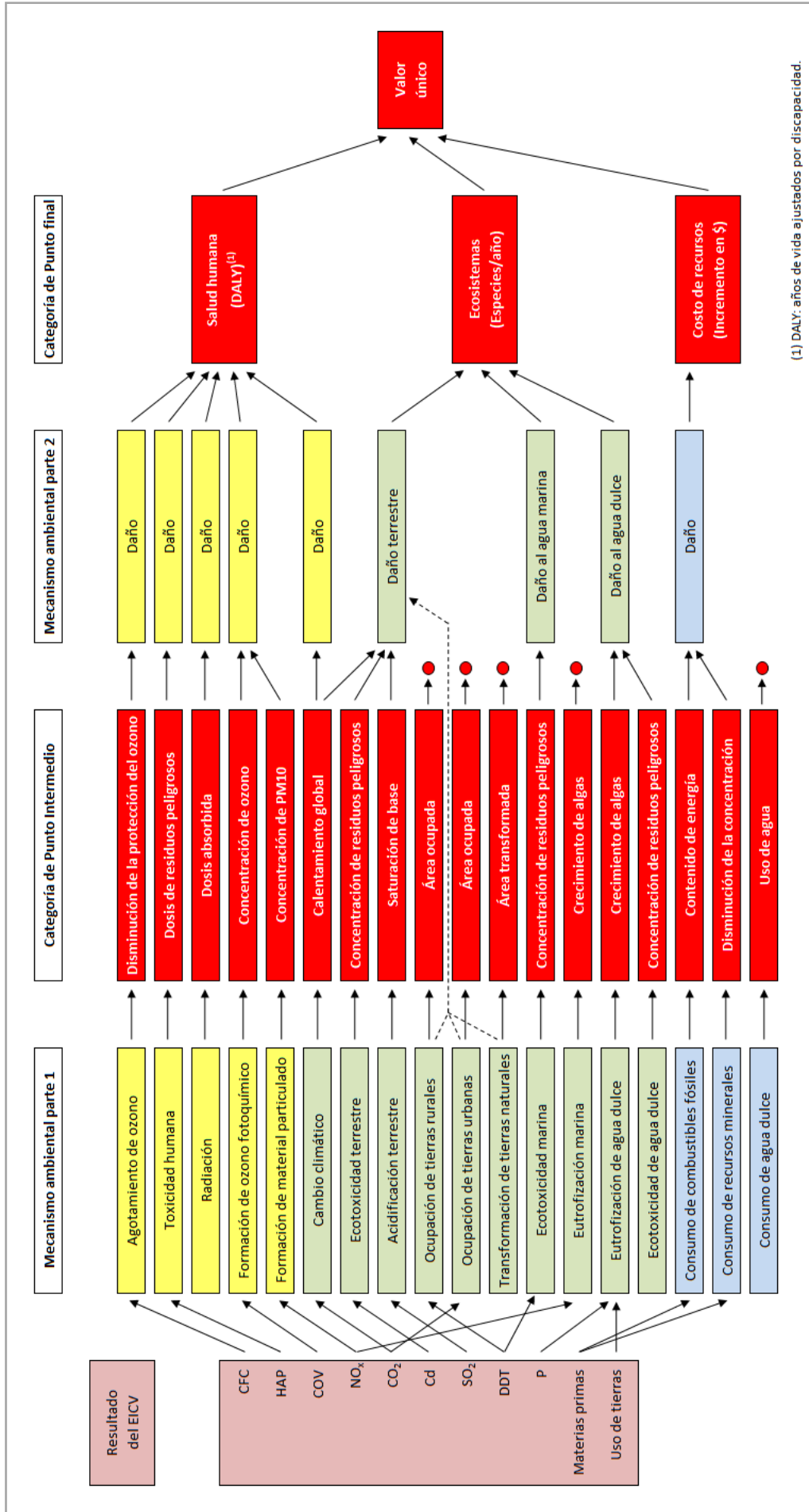


Figura 2.1 – Estructura de punto intermedio y punto final aplicado en el método ReCiPe (Versión 2008, Rev. febrero 2013). Relación entre parámetros del EICV (izq.), indicadores de punto intermedio (medio), e indicadores de punto final (der.). (Adaptado de “ReCiPe 2008: A life cycle impact assessment method. First edition (revised). Report I: Characterisation”).

Bibliografía

Goedkoop, M., et al. 2013. *ReCiPe 2008: A life cycle impact assessment method. First edition (revised). Report I: Characterisation.* 2013. pp. 1-3. Disponible en: http://www.lcia-recipe.net/file-cabinet/ReCiPe_main_report_FEB_2013.pdf.

ISO. 2006. *ISO 14040:2006. Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework.* 2006. p. V. Disponible en: <http://www.iso.org>.

Capítulo 4

CASO DE ESTUDIO: LA PRODUCCIÓN DE CARNE BOVINA EN ARGENTINA

4.1. Consideraciones iniciales

Históricamente la carne fue y sigue siendo el principal producto derivado de la actividad ganadera bovina y por ende su principal motor. Podríamos imaginar que, sin una demanda de carne como alimento, la industria vinculada a ella o bien no existiría o bien no contaría con su actual envergadura, como en el caso de Argentina y otros países, en los que el número de bovinos es superior al número de habitantes.

En un inicio solo se consumía la carne y algunos subproductos, y el resto del animal era tratado como residuo o simplemente abandonado en el mismo lugar de la faena. Más tarde, con el desarrollo de nuevas tecnologías, a estos desechos se les comenzó a dar un uso y así fueron adquiriendo un valor económico. Es el caso de vísceras, cuero, huesos, grasa, sangre, gelatinas y otros restos que no son comercializables como cortes tradicionales pero son la materia prima de otros procesos e industrias, como las de chacinados, embutidos, fiambres, panificados, curtiembres, cosméticos, etcétera.

Por estas razones, y para cumplir con los objetivos de nuestro trabajo, consideramos imprescindible revelar primero las cifras generales imputadas a la ganadería bovina de carne como un todo, luego expresar dichas cifras por cada kilogramo de producto, y por último, hacerlo en función de la unidad funcional elegida.

4.2. Caracterización del sistema productivo

4.2.1. Producción y consumo

La población de bovinos a escala mundial asciende a 1.482.144.415 cabezas, y la República Argentina se encuentra situada en el sexto puesto con 51.646.544 cabezas (SENASA, 2014a), por debajo de Brasil con 212.343.932 cab., India 187.000.000 cab., China 117.409.587 cab., Estados Unidos 88.526.000 cab. y Etiopía 56.706.389 cab. (FAO, 2014).

La cadena de carne bovina en Argentina está constituida por los siguientes sectores (Iglesias, y otros, 2010) (DGCE, 2015):

- Primario: Cabañas¹; Cría, Recría e Invernada²; y *Feedlots*³.
- Secundario: Mataderos y Frigoríficos.
- Terciario: Distribución, Comercialización y Exportación.

Del total de las existencias, 48.124.437 cabezas corresponden a ganado bovino de carne y 3.522.107 cabezas a ganado bovino lechero (SENASA, 2014b). Dichas existencias se encuentran distribuidas en alrededor de 400 mil establecimientos de engorde a corral (*feedlots*), cría, recría e invernada, y cerca de 13 mil tambos (SENASA, 2016a). Para el período bajo estudio, del total del ganado destinado a la producción de carne, se considera un número promedio anual constante de 46.879.000 cabezas en etapa de cría, recría e invernada y 1.245.437 cabezas en etapa de engorde a corral (SENASA, 2013).

En lo referente a las técnicas de producción, existen actualmente dos métodos que se complementan en forma parcial: la cría a campo y el engorde a corral (también llamado *feedlot*, por su nombre en inglés). Así, los animales pueden ser o bien criados totalmente a campo mediante el sistema pastoril puro o pastoril suplementado, o bien criados a campo y luego terminados en *feedlot* (Iglesias, y otros, 2010) (Otaño, 2005). En el período bajo estudio, un 71,8% del total de los animales con destino a faena fueron criados totalmente en campo y el restante 28,2% fue proveniente de *feedlots*; y en promedio entre 2008 y 2014 los porcentajes fueron de 74,2% y 25,8% respectivamente (SENASA, 2016b).

La clasificación y distribución de las existencias por categorías de edad, peso y sector (carne o leche) es la mostrada en la siguiente tabla (Zeballos, 2009) (SENASA, 2014a) (SENASA, 2015):

¹ Cabaña: establecimiento que provee animales reproductores de calidad genética superior.

² Cría, Recría e Invernada: etapas de crianza y engorde del ganado mediante un sistema que puede ser extensivo (pastoril puro), semi extensivo (baja suplementación), o semi intensivo (alta suplementación).

³ Feedlot: establecimiento de engorde a corral.

Denominación	Descripción	Edad [meses]	Peso [kg]	Ganado bovino de carne [cabezas]	Ganado bovino de leche [cabezas]	Totales país [cabezas]
Tenera	Crias hembras	de 7 a 12	hasta 250	20.464.242	1.800.667	22.264.909
Vaquillona	Hembras que no han tenido ninguna parición	de 12 a 30	de 250 a 350	6.714.511	748.177	7.462.688
Vaca	Hembras que han tenido por lo menos un parto	> 30	> 350	6.510.954	486.031	6.996.985
Ternero	Crias machos	de 7 a 12	hasta 250	6.445.939	274.589	6.720.528
Novillito	Machos castrados a temprana edad	de 12 a 18	de 250 a 350	3.903.289	135.144	4.038.433
Novillo	Machos castrados	> 18	> 350	2.897.475	46.940	2.944.415
Buey	Machos castrados	de 18 a 24	de 350 a 500	1.043.379	29.827	1.073.206
Torito	Machos enteros sin castrar	de 18 a 24	de 350 a 500	132.330	676	133.006
Toro	Machos enteros sin castrar	> 24	de 500 a 1000 ⁽¹⁾	12.318	56	12.374
Total Bovinos				48.124.437	3.522.107	51.646.544

⁽¹⁾ El peso puede ser mayor dependiendo de razas y edades.

Tabla 4.1 – Clasificación y distribución de existencias bovinas por categorías correspondientes al año 2014. (Elaboración propia basada en datos de fuentes citadas).

Para nuestros cálculos, del total de las existencias tomaremos solo los valores del ganado bovino de carne, al cual lo dividiremos según se trate de cría a campo o cría a corral (SENASA, 2013):

Denominación	Bovinos de carne [cabezas]	Bovinos a campo [cabezas]	Bovinos a corral [cabezas]
Vaca	20.464.242	20.380.311	83.931
Vaquillona	6.714.511	6.571.179	143.332
Novillo	6.510.954	6.421.559	89.395
Novillito	6.445.939	6.252.092	193.847
Ternero	3.903.289	3.609.381	293.908
Tenera	2.897.475	2.464.301	433.174
Toro	1.043.379	1.036.376	7.003
Torito	132.330	131.483	847
Buey	12.318	12.318	0
Total	48.124.437	46.879.000	1.245.437

Tabla 4.2 – Distribución de existencias según método de cría y terminación. (Elaboración propia basada en datos de fuentes citadas).

En lo que respecta a la distribución geográfica de los animales en el territorio argentino, la misma no es homogénea sino que se encuentra concentrada mayormente

en la Región Pampeana y en la Región Noreste. Según esta distribución, aproximadamente el 95% de las existencias habitan el 52% del territorio (Tabla 4.3 y Figuras A.1 y A.2) (SENASA, 2014a) (IGN, 2016).

Provincia	Total bovinos [cabezas]	Bovinos [% acum.]	Superficie [km ²]	Superficie [% acum.]
Buenos Aires	17.476.258	33,8382%	307.571	11,0621%
Santa Fe	6.566.999	46,5535%	133.007	15,8458%
Corrientes	5.143.498	56,5125%	88.199	19,0180%
Córdoba	4.453.904	65,1363%	165.321	24,9640%
Entre Ríos	4.401.053	73,6578%	78.781	27,7974%
La Pampa	2.783.117	79,0466%	143.440	32,9564%
Chaco	2.610.335	84,1008%	99.633	36,5398%
Formosa	1.785.515	87,5580%	72.066	39,1317%
San Luis	1.482.971	90,4294%	76.748	41,8920%
Santiago del Estero	1.293.633	92,9342%	136.351	46,7960%
Salta	1.076.441	95,0184%	155.488	52,3883%
Río Negro	504.197	95,9947%	203.013	59,6899%
Misiones	454.794	96,8752%	29.801	60,7617%
Mendoza	392.593	97,6354%	148.827	66,1144%
Catamarca	240.209	98,1005%	102.602	69,8046%
Chubut	233.879	98,5533%	224.686	77,8857%
Neuquén	185.363	98,9123%	94.078	81,2693%
Tucumán	153.187	99,2089%	22.524	82,0794%
La Rioja	144.471	99,4886%	89.680	85,3048%
Jujuy	104.396	99,6907%	53.219	87,2189%
Santa Cruz	83.121	99,8517%	243.943	95,9926%
Tierra del Fuego	41.205	99,9314%	21.571	96,7684%
San Juan	35.379	99,9999%	89.651	99,9928%
Capital Federal	26	100%	200	100%
Totales	51.646.544	100%	2.780.400	100%

Tabla 4.3 – Distribución del ganado bovino por provincia y por superficie total del territorio continental correspondientes al año 2014. (Elaboración propia basada en datos de fuentes citadas).

Actualmente existen registrados en Argentina para el sector bovino de carne: 426 mataderos-frigoríficos, 157 mataderos municipales, 13 mataderos rurales y 1682 *feedlots*.

El número de animales faenados en 2014 fue de 12.100.978 cabezas (MAGyP, 2014a) totalizando un peso de 2.674.095 tn (res con hueso). De este total, 2.462.466 tn fueron destinadas al mercado interno y 211.629 tn fueron exportadas. Según estos valores, el consumo local de res con hueso per cápita llegó a los 57,71 kg, y si consideramos lo realmente aprovechable como alimento (Garriz, 2012), es decir de

carne sin hueso, el consumo per cápita fue de 44,90 kg. Estos valores se muestran en la Tabla 4.4 y serán utilizados como base de cálculo más adelante cuando definamos la Unidad Funcional.

Denominación	Faena anual [cab]	Peso promedio res con hueso [kg/res]	Peso total promedio res con hueso ⁽¹⁾ [kg/res]	Rendimiento promedio de faena ⁽²⁾ [%]	Subproductos + residuos promedio [%]	Producción de res con hueso [tn/año]
Vacas	2.235.418	239	221	57,8%	42,2%	2.674.095
Vaquillonas	924.383	209				
Novillos	2.166.477	281				
Novillitos	2.524.003	219				
Terneros	1.773.754	178				
Terneras	2.282.085	175				
Toros	194.858	352				
Total	12.100.978					

(1) Promedio ponderado
(2) Diferencia entre el peso vivo en frigorífico y el peso de la res

(Continúa debajo)

Consumo interno de res con hueso [tn/año]	Exportación de res con hueso [tn/año]	Consumo interno de res con hueso per cápita [kg/hab/año]	Músculo + grasa interna (res) [%]	Consumo interno de carne sin hueso [tn/año]	Peso promedio de carne sin hueso [kg/res]	Consumo per cápita de carne de res sin hueso [kg/hab/año]
2.462.466	211.629	57,71	77,8%	1.915.798	172	44,90

Tabla 4.4 – Detalle de faena, consumo local y exportación correspondientes al año 2014. (Elaboración propia basada en datos de fuentes citadas).

4.2.2. Combustibles fósiles utilizados (uso directo)

Los combustibles fósiles más empleados en forma directa en el sector ganadero bovino de carne son:

- Gasoil: bombas con motor diésel empleadas para el bombeo de agua (riego, bebida, limpieza y otros usos), maquinaria agrícola, transporte de forrajes, transporte de ganado en pie y secado de granos.
- Gas natural: secado de granos, frigoríficos.
- Gas licuado de petróleo (GLP): secado de granos.

Fuente: (IPEC, 2014), (Bengoa, y otros, 2015)

4.2.3. Energía eléctrica consumida

El Sistema Argentino de Interconexión (SADI) recibe energía eléctrica generada por distintas fuentes: Térmica Fósil, Nuclear e Hidráulica, y aún con baja participación Eólica y Fotovoltaica. Para el análisis y cálculos del presente trabajo solo tomaremos la Térmica Fósil, teniendo presente que esta tecnología opera a partir de la quema de combustibles fósiles (no renovables), que este proceso emite al ambiente CO₂ entre otros contaminantes, y que además tiene una participación del 64,8% en el Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) seguido de la Hidráulica con 30,4%, la Nuclear con 4,3% y otras renovables con 0,5% (CNEA, 2014).

En la generación de energía a partir de fuentes fósiles se emplean los siguientes combustibles:

- Gas natural
- Fuel oil
- Gasoil
- Carbón mineral

Fuente: (MEyM, 2014)

Los principales consumos de energía eléctrica para el sector ganadero son:

- Producción de fertilizantes
- Producción de pesticidas
- Bombas con motor eléctrico empleadas para el bombeo de agua (riego, bebida, limpieza y otros usos)
- Frigoríficos

Fuente: (Silva-Failde, 3013)

4.2.4. Otros recursos

Además de los ya mencionados podemos agregar:

- Agua dulce: superficial y subterránea
- Selvas y Bosques nativos
- Suelos

4.3. Impactos potenciales derivados de la actividad y áreas sensibles

Algunas de las principales formas de contaminación asociadas a la producción pecuaria pueden sintetizarse en los siguientes puntos (FAO, 2008):

- Eutrofización del agua de superficie
- Filtración de nitratos y patógenos en los mantos acuíferos
- Acumulación de nutrientes y metales pesados excedentes en el suelo
- Contaminación de los recursos de tierras y agua por patógenos
- Liberación de dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, amoníaco y otros gases a la atmósfera
- Destrucción de los ecosistemas frágiles, como los humedales, los manglares y los arrecifes coralinos, reservas insustituibles de biodiversidad

4.3.1. Biodiversidad

La *World Wide Fund For Nature* (WWF) elabora cada año su informe “Planeta vivo” y el “Índice Planeta Vivo”, y en su versión 2016 revela que, en promedio, entre 1970 y 2012, la abundancia de especies decayó un 58%. Las presiones provenientes de la agricultura insostenible, entre otras actividades humanas, afectan cada vez más a las especies monitoreadas como consecuencia de la pérdida y degradación de los hábitats, la sobreexplotación, el cambio climático y la contaminación. Para 2020, la disminución podría llegar al 67%, es decir que en solo 50 años se habrían extinguido dos tercios de las especies de mamíferos, aves, reptiles, anfibios y peces de nuestro planeta (WWF, 2016).

4.3.2. Cambio climático

Para el año 2014, del total de emisiones a escala global, un 24% corresponden en forma directa al sector Agricultura, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura (AFOLU, por sus siglas en inglés). A ese porcentaje se deben sumar las emisiones indirectas correspondientes a los sectores Industria, Energía y Transporte vinculados al sector (IPCC, 2014b).

Del total de las explotaciones animales para consumo humano, el ganado bovino es el que presenta la mayor emisión de GEI (FAO, 2016a). A nivel global, en 2014, de

las emisiones de CO₂-equivalente provenientes de la agricultura, el 66,2% corresponden a la ganadería bovina en forma directa (fermentación entérica y manejo del estiércol). A estas emisiones se les deben sumar las indirectas correspondientes a los cultivos destinados a alimento del ganado (fertilizantes sintéticos y agroquímicos, manejo de residuos de cosechas y cultivos en suelos orgánicos); y al igual que en el informe del IPCC, se deben sumar las emisiones indirectas correspondientes a los sectores Industria, Energía y Transporte vinculados al sector (FAO, 2016b).

De acuerdo a inventarios recientes, el ganado aporta más del 30% de las emisiones totales producidas en Argentina por actividades antropogénicas, principalmente a través del metano y el óxido nitroso provenientes de la fermentación entérica y el manejo del estiércol. Los bovinos productores de carne y de leche son responsables de aproximadamente el 95% de estas emisiones, y el 5% restante es atribuible a todas las demás especies de producción (ovinos, caprinos, porcinos, equinos, aves, búfalos, asnales, mulares y camélidos sudamericanos) (MAGyP, 2014b).

Los actuales efectos globales del cambio climático y sus proyecciones son de naturaleza compleja y afectan los ecosistemas y a sus individuos de forma particular. Según el IPCC: *“Durante el siglo XXI y posteriores, un alto porcentaje de especies terrestres y de agua dulce enfrentará el riesgo incrementado de extinción debido al cambio climático proyectado, en especial si este cambio interactúa con otros factores de estrés, como ser modificaciones en el hábitat, sobreexplotación, contaminación y especies invasoras”* (Traducción a cargo del autor de la tesis). Los ecosistemas polares, marinos, costeros, insulares, de arrecifes y de zonas bajas también se verán afectados por el derretimiento de los hielos, la sobreexplotación y el aumento del nivel de los océanos, lo que comprometerá además los sistemas de producción de alimentos y la seguridad alimentaria (IPCC, 2014c).

4.3.3. Selvas y Bosques nativos y sus ecosistemas

La extensión de la frontera agropecuaria ha sido y sigue siendo la principal causa de destrucción de bosques a nivel global. Según la FAO: *“La deforestación libera miles de millones de toneladas de dióxido de carbono y otros gases que producen el efecto de invernadero en la atmósfera y causan la extinción de decenas de miles de especies todos los años. La producción pecuaria agrava estos daños. En unos cuantos años, el*

exceso de pastoreo, la compactación de la tierra y la pérdida de nutrientes convierten las tierras forestales en páramos erosionados” (FAO, 2006a).

El sector pecuario, sumado a los grandes cultivos (en su mayoría forrajeros), podría ser el primer responsable de la pérdida de biodiversidad dado que es la primera causa de deforestación. Además, tiene una alta participación en la degradación del suelo, la contaminación, el cambio climático, la sobreexplotación de recursos pesqueros, la sedimentación de zonas costeras y la propagación de especies invasivas exóticas (FAO, 2006b) (FAO, 2016b) (WWF, 2016).

En Argentina, los bosques nativos se encuentran severamente degradados. Según estudios recientes, una de las regiones donde el proceso de degradación es notable es el Bosque Chaqueño. En esta región, del total del terreno relevado, el 93% presentaba signos de intervención antrópica, del cual un 47% era debido a la ganadería (Montenegro, y otros, 2004).

Por último, la desaparición de los bosques y selvas naturales es causa de desertificación, escorrentía, inundaciones y deslaves, ya que impide la normal infiltración del agua de lluvia que recarga los acuíferos.

4.3.4. Suelo y sus ecosistemas

El exceso de nutrientes, los medicamentos veterinarios, metales pesados y gérmenes patógenos provenientes del estiércol del ganado bovino en zonas de pastoreo extensivo e intensivo y en las proximidades de los *feedlots*, sumado a los fertilizantes, herbicidas y pesticidas utilizados en los cultivos forrajeros, son algunas de las principales causas de los impactos que sufren los suelos (Pinos-Rodríguez, y otros, 2012) (FAO, 2008) (FAO, 2006b).

Los medicamentos veterinarios como la Ivermectina, que llegan al suelo a través de las heces y la orina del ganado, tienen un impacto negativo en los insectos, el ecosistema del pastizal y los factores edáficos. Los insectos coleópteros, dípteros coprófagos y lombrices pueden resultar intoxicados hasta 40 días después del tratamiento del animal con este fármaco por su alta eficacia insecticida. Entre los dípteros se encuentran las moscas que se encargan en parte de la descomposición de los animales muertos y los insectos polinizadores que entran en contacto con residuos del

medicamento en pastos y cursos de agua. Las lombrices por su parte, al alimentarse de la tierra, reciclan la materia orgánica y la enriquecen fijando nutrientes y oxígeno. Si este ciclo no se cumple, la materia orgánica no se degradará y se inmovilizarán los elementos minerales; tampoco se cumplirán las condiciones necesarias para la retención de humedad de los suelos ni se asegurará la disponibilidad de agua para la vegetación. Esto finalmente afectará los factores edáficos por la modificación de la composición química del suelo (Aparicio-Medina, y otros, 2011) (Foster, y otros, 2014).

Otros medicamentos veterinarios suministrados al ganado son el Diclofenac y el Etinilestradiol. El primero afecta severamente a las aves que se alimentan de carroña y es responsable de la muerte de decenas de millones de buitres en Asia. El segundo, en concentraciones de solo algunos nanogramos por litro, es responsable de la feminización de peces, ocasionando una merma o la anulación de los procesos reproductivos y como consecuencia el colapso de la población (EEA, 2010a).

Muchos de los antibióticos y vacunas utilizados en el ganado son similares o idénticos a los de uso en medicina humana (AMI, 2011), lo que acarrea riesgos potenciales del desarrollo de resistencia antimicrobiana por parte de patógenos y bacterias, como *Salmonella*, *Escherichia coli* y *Enterococcus*. Estos y otros organismos afectan no solo a los seres humanos sino también a otras especies animales. Del 60 al 80% de los antibióticos suministrados rutinariamente al ganado ya sea a través del alimento y el agua, de la inoculación o de tratamientos externos no tienen propósito medicinal, sino que son usados para mejorar la eficiencia en la alimentación y promover el crecimiento (USEPA, 2013).

Otro signo del impacto que se presenta en zonas de pastoreo intensivo es la salinización de los suelos y la compactación de los horizontes superficiales por el pisoteo de los animales (Imbellone, y otros, 2010).

4.3.5. Agua y sus ecosistemas

Los desechos ganaderos, heces y orina, y con ellos la materia orgánica, nutrientes, medicamentos, patógenos, metales pesados, etc., pueden llegar a los cuerpos de agua dulce a través de diversas vías: deposición directa de los animales, escorrentía, lixiviación, precipitaciones, desborde de lagunas de oxidación, aplicación de estiércoles a cultivos, descarga de efluentes tratados y no tratados, abandono de envases de

agroquímicos y de medicamentos veterinarios, etcétera (FAO, 2008) (EEA, 2010b) (Cole, y otros, 2007).

Los procesos agropecuarios son la principal fuente de fósforo y nitrógeno que llegan por escorrentía y lixiviación a los cuerpos de agua dulce, mares y zonas costeras. La lluvia ácida y los contaminantes gaseosos que produce el sector también incorporan nitrógeno a las aguas superficiales. En los ecosistemas acuáticos, este exceso de nutrientes provoca diferentes grados de eutrofización caracterizado por la proliferación de algas tóxicas, disminución del oxígeno disuelto, variación del pH, mortandad de peces, extinción de otra vegetación acuática, degradación de los arrecifes, pérdida de biodiversidad y finalmente la pérdida total del recurso (Carpenter, y otros, 1998).

El fósforo eliminado por el ganado en las heces y la orina y el que se agrega a los cultivos forrajeros en forma de fertilizantes fosforados puede alcanzar los cursos de agua por las vías antes descritas y, en su carácter de nutriente, constituye uno de los principales responsables de la eutrofización de los cuerpos de agua dulce superficiales (Pinos-Rodríguez, y otros, 2012). Con la disminución de oxígeno resultante de este proceso, los organismos aeróbicos mueren, y su descomposición, al consumir oxígeno, agrava aún más la situación. Así el sistema pasa a ser anaeróbico, lo que favorece el crecimiento masivo de cianobacterias y ocasiona problemas de salud en seres humanos y la intoxicación o muerte de animales que beben de esas aguas (Elizondo-Salazar, 2007) (FAO, 2008).

La orina del ganado en pastoreo es la mayor fuente de lixiviación de nitrógeno en el medioambiente (Betteridge, y otros, 2013). La fracción inorgánica de este nitrógeno en su forma de nitrato presenta una gran movilidad en el suelo y su lixiviación se produce fácilmente (FAO, 2006b). Vehiculizado de este modo, puede llegar a los acuíferos y, a través de ellos, a las aguas superficiales, afectando estas reservas de agua potable (FAO, 2013). Un ejemplo de ello es un estudio realizado en Estados Unidos en 1600 pozos de agua en las cercanías de una zona de ganadería industrial intensiva, donde el 34% de estos pozos de extracción resultaron estar contaminados con nitratos y el 10% superaba los límites para el agua potable (FAO, 2008).

Otra fuente de nitrógeno que llega a los cursos de agua superficiales es la que se produce cuando el NH_3 (amoníaco) y los NO_x (óxidos de nitrógeno) generados por las explotaciones ganaderas se depositan luego de ser arrastrados por el agua de lluvia. El

sector agropecuario es la principal fuente de amoníaco a nivel global: alcanza valores del 95% del total emitido de origen antropogénico (EEA, 2010c), de los cuales cerca del 50% es imputable al ganado bovino, alrededor de un 35% al resto de los sectores ganaderos (aviar, porcino y ovino) y un 10% a la aplicación de fertilizantes sintéticos (Gay, y otros, 2009) (Pain, y otros, 1999).

Algunos medicamentos veterinarios como las hormonas (estrógenos, andrógenos y progesterona) actúan como disruptores endocrinos incluso en muy bajas concentraciones (algunos nanogramos por litro). Un disruptor endocrino es una sustancia natural o sintética capaz de interferir en la actividad estrogénica y androgénica (hormonas sexuales), lo que no solo altera la capacidad reproductiva y aumenta el riesgo de aborto y malformaciones en el feto en el caso de hembras gestantes, sino que también puede provocar alteraciones neurológicas, inmunológicas, psicológicas y hormonales o aumentar el riesgo de desarrollo de tumores. Las hormonas suelen ser compuestos lipofílicos que tienden a acumularse en el tejido graso (bioacumulación). El ganado excreta hormonas naturales y sintéticas, y estas pueden fácilmente ingresar en los cursos de agua vía escorrentía, aplicación del estiércol, filtraciones o desborde de lagunas de oxidación (USEPA, 2013). En monitoreos de cursos de agua superficiales fueron detectados una amplia variedad de medicamentos utilizados en el ganado (FDA, 2013) (Boxall, y otros, 2002) (Boxall, 2004).

Por otra parte, los diferentes tipos de ganado son portadores de patógenos zoonóticos. El ganado bovino en particular puede ser portador de *E. coli* O157:H7, *Cryptosporidium parvum*, *Giardia lamblia*, *Campylobacter*, *Leptospira*, y varios enterovirus, norovirus, *Listeria monocytogenes*, y *Salmonella*. Estos microorganismos, que pueden llegar a afectar en algunos casos al 80% de las existencias, pueden ser transmitidos a otros animales incluidos los seres humanos y ser causa de infecciones y enfermedades. Además, por ser endémicos al tipo de animal, los patógenos zoonóticos no se pueden eliminar fácilmente y presentan la resistencia suficiente para sobrevivir en varios medios, como ser el estiércol, el suelo, los sedimentos, las aguas subterráneas y las aguas superficiales, por lo que pueden ser ingeridos en alimentos o aguas contaminadas (USEPA, 2013).

4.4. Emisiones al ambiente

4.4.1. Emisiones gaseosas

La industria cárnica bovina a lo largo de su ciclo de vida genera considerables emisiones de gases que podemos clasificar en dos grandes grupos: los que presentan potencial de efecto invernadero (GEI) y aquellos cuyo potencial de efecto invernadero es despreciable o nulo (No-GEI) pero que, al ser liberados en el ambiente, provocan otros efectos importantes de ser considerados. Entre los GEI emitidos, identificamos: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), y gases frigorígenos (HFC-134a, HCFC-125) (Opio, y otros, 2013) (Powers, y otros, 2014). Entre los No-GEI, encontramos: amoníaco (NH₃), óxidos de nitrógeno (NO_x), sulfuro de hidrógeno (H₂S), compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (COVDM) (Jacobson, y otros, 2011) (EEA, 2013) y ácidos grasos volátiles (AGV) (Guzmán, y otros, 2014).

Fuentes de emisión de GEI

- CO₂: transporte de ganado en pie, transporte de forrajes (granos, pasturas, piensos, balanceados, rastrojos, residuos de otras industrias, sales, suplementos minerales, etc.), transporte refrigerado de carne, otros transportes, maquinaria agrícola, generación de energía eléctrica a partir de combustibles fósiles, deforestación, producción de fertilizantes y fitosanitarios (herbicidas, pesticidas y fungicidas), producción de medicamentos veterinarios, bombeo de agua para riego (bombas eléctricas y con motor de combustión), lagunas de tratamiento de efluentes, cambio en el uso del suelo, suelos sometidos a agricultura permanente, quema de biomasa.
- CH₄: fermentación entérica de los bovinos en pastoreo y en *feedlots*, manejo del estiércol, lagunas anaeróbicas de tratamiento de efluentes, quema de biomasa.
- N₂O: manejo del estiércol, ganado en pastoreo (emisiones directas), suelos con estiércol en zonas de pastoreo (emisiones indirectas), quema de biomasa, fertilización mediante el uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos y mediante estiércol. Para estas dos últimas fuentes, las emisiones se producen por procesos de nitrificación y desnitrificación (ciclo del nitrógeno en los agrosistemas).
- Gases frigorígenos: HFC-134a y HCFC-125 son los actualmente aprobados para su uso en la cadena de frío (mataderos, frigoríficos, transporte).

Fuentes de emisión de No-GEI

- NH₃: orina y heces sólidas en zonas de pastoreo y *feedlots*, manejo del estiércol, fertilización mediante el uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos y mediante estiércol, lagunas de tratamiento de efluentes, y su uso creciente como fluido frigorígeno.
- NO_x: transporte de ganado en pie, transporte de forrajes, transporte refrigerado de carne, otros transportes, quema de combustibles fósiles en transporte y generación de energía eléctrica, fertilizantes nitrogenados, quema de biomasa, manejo del estiércol, procesos de nitrificación y denitrificación (ciclo del nitrógeno en los agrosistemas).
- CO: quema de combustibles fósiles en transporte y generación de energía eléctrica.
- H₂S: en *feedlots*, mediante procesos bacterianos anaeróbicos que involucran materia orgánica y proteínas con azufre.
- COVDM: bovinos en pastoreo, manejo del estiércol, fertilización con estiércol, quema de biomasa.
- AGV: corrales y lagunas anaeróbicas de tratamiento de efluentes líquidos en *feedlots*.

Algunos de estos gases emitidos desde *feedlots* generan olores desagradables que son percibidos a varios kilómetros de distancia. Estos olores son generados por la combinación de entre 80 y 200 sustancias que reaccionan entre sí (O'Neill, y otros, 1992), se adhieren a las partículas de polvo y son transportados mediante los procesos de dispersión atmosférica (Bottcher, 2001). Algunas de estas sustancias son: amoníaco (NH₃), compuestos sulfurados, aminas, AGV, indoles, fenoles, mercaptanos, alcoholes y carbonilos (Gay, y otros, 2009) (Guzmán, y otros, 2014).

4.4.2. Material particulado

Otra emisión a la atmósfera desde los establecimientos ganaderos bovinos es el material particulado (PM, por sus siglas en inglés) (USEPA, 2004). En este trabajo nos referiremos en especial a PM₁₀ y PM_{2,5}, que presentan un alto impacto tanto en el ambiente como en la salud.

Las PM_{10} (primarias) se forman principalmente por el pisoteo de los animales en los corrales, el almacenamiento del estiércol y su aplicación sobre cultivos, y son suspendidas por el mismo pisoteo y por efecto de los vientos. Estas partículas que están compuestas por polvo del alimento (y su contenido de hormonas y antibióticos adicionados), materia fecal, restos de células de piel y pelo, aeroalergenos, virus, bacterias con sus esporas y productos, y hongos con sus esporas y productos (University of Iowa, 2002) presentan severos riesgos para la salud, principalmente efectos respiratorios y cardiovasculares (WHO, 2013).

Las $PM_{2,5}$ (secundarias) se forman principalmente a partir de precursores gaseosos como el NH_3 , los NO_x , y los COVDM con otros compuestos presentes en la atmósfera (Gay, y otros, 2009) (Jacobson, y otros, 2011). Como la ganadería constituye la mayor fuente de NH_3 a escala global, existirá una marcada tendencia a la formación de este tipo de partículas.

En el caso de PM_{10} y $PM_{2,5}$, el riesgo aumenta con la exposición, y no existen evidencias de un nivel seguro de exposición o un umbral (límite de “no efecto”) por debajo del cual no existan efectos adversos en la salud (WHO, 2013).

Por último, los olores y PM_{10} presentan efectos a escala local; los gases peligrosos como el NH_3 y el H_2S , y las $PM_{2,5}$ tienen efectos a nivel regional y nacional con serios efectos ambientales y en la salud (WHO, 2003); y los GEI impactan a escala global (Jacobson, y otros, 2011).

4.4.3. Efluentes líquidos

Entre los efluentes líquidos, podemos mencionar: orina del ganado en pastoreo y en *feedlots* (Rodríguez, 2002), líquidos provenientes de lagunas de oxidación de *feedlots*, desbordes eventuales de estas lagunas durante fuertes lluvias e inundaciones (FAO, 2006c), efluentes de mataderos y frigoríficos (Lobo-Poblet, 2009) (APrA, 2012), líquidos resultantes del lavado del transporte, escorrentía y lixiviación del agua de lluvia y de riego al entrar en contacto con fertilizantes y fitosanitarios en cultivos forrajeros, líquidos provenientes del tratamiento del ganado con antiparasitarios externos (Junquera, 2015) y los provenientes del lavado de envases de fertilizantes, fitosanitarios y productos veterinarios (INTA, 2014).

En los efluentes líquidos encontramos además metales pesados provenientes tanto de los fitosanitarios y fertilizantes agregados a los cultivos forrajeros, como de los suplementos dietarios que se suministran al ganado como promotores del crecimiento y se eliminan al ambiente a través de la orina.

4.4.4. Residuos sólidos

El estiércol bovino es el mayor desecho producido en los agrosistemas. En él encontramos, al igual que en la orina, metales pesados provenientes de los suplementos alimenticios ingeridos.

Entre otros residuos sólidos, podemos mencionar: envases de fertilizantes, fitosanitarios y medicamentos veterinarios (Rodríguez, 2002) (INTA, 2014) (Pórfido, 2014).

4.5. Análisis de Ciclo de Vida

4.5.1. Definición de Objetivos y Alcance

4.5.1.1. Objetivos del estudio

Este estudio de ACV tiene por objetivo determinar el perfil ambiental de la producción de carne bovina en Argentina; identificar y evaluar los impactos más significativos de los procesos involucrados a lo largo del ciclo de vida en su totalidad y para la unidad funcional definida; evidenciar los impactos del sector sobre los recursos renovables y no renovables, la biodiversidad, y aquellos derivados de sus emisiones al ambiente; brindar cifras sobre el impacto del sector a nivel local para el cual no existen antecedentes a la fecha de inicio del presente trabajo; y establecer un punto de partida para la realización de nuevos estudios con el fin de profundizar sobre los impactos del sector en general y sobre cada una de sus etapas.

Son también objetivos, contrastar las cifras obtenidas con las correspondientes a sustitutos de origen vegetal que cubran requerimientos de energía equivalentes y que presenten una menor huella ecológica; divulgar los resultados en el ámbito académico, al público en general, a los tomadores de decisiones en la industria, el gobierno y organizaciones no gubernamentales con el objeto de proveer al desarrollo sostenible y al cuidado de los recursos no renovables; y, como objetivos primordiales, crear conciencia

en el consumidor y brindar información sobre alternativas de menor impacto y sus beneficios a la salud pública, los recursos y el ambiente.

4.5.1.2. Alcance del estudio

Definimos el alcance de nuestro estudio como “de la cuna a la puerta” (*cradle-to-gate*), siendo “la cuna” la obtención de materias primas y productos requeridos por el sector bovino de carne, y “la puerta” el final del proceso productivo del subsector Matadero/Frigorífico previo a la distribución minorista, exportación y distribución a otras industrias.

4.5.1.3. Sistema de producto

Comprende los procesos unitarios involucrados en las distintas etapas de cría y engorde de los animales, su sacrificio, faena, procesos de conversión a productos de consumo y subproductos, conservación por refrigeración y movilización por transporte terrestre según corresponda.

4.5.1.4. Funciones del sistema de producto

Satisfacer requerimientos alimenticios específicos del consumidor a nivel local.

4.5.1.5. Unidad funcional

Definimos la unidad funcional (UF) como la energía proveniente de los alimentos ingeridos y fijamos su valor de referencia en 100 kcal.

La energía que los seres humanos utilizamos para llevar a cabo las funciones metabólicas y fisiológicas deriva de la energía química que se encuentra vinculada a los alimentos y sus macronutrientes, como ser: carbohidratos, grasas y proteínas. Si bien los carbohidratos y las grasas son las principales fuentes de energía aportada a la dieta, las proteínas también aportan una suma considerable. Así, luego de ser ingerido, el alimento libera su energía química, que se convierte en energía térmica, energía mecánica y otras formas de energía (FAO/WHO/UNU, 2001).

Para nuestro trabajo no haremos distinción del porcentaje de cada uno de los macronutrientes que entrega cada alimento, ya que asumimos que los requerimientos son cubiertos mediante una dieta saludable y balanceada adecuadamente que satisface las necesidades de energía y nutrientes esenciales. Esto cumple además con las actuales recomendaciones de la OMS y la FAO, que indican los siguientes rangos de porcentajes en la ingesta diaria: 10-15% de proteínas, 15-30% de grasas y 55-75% de carbohidratos (Nishida, y otros, 2004).

4.5.1.6. Flujo de referencia

El análisis comparativo con productos alternativos que cumplan funciones equivalentes implica la definición de flujos de referencia para cada uno de los productos. Definimos entonces:

Flujo de referencia A: porción de carne bovina en cortes tradicionales sin hueso que cubre los valores de energía de la UF. Peso de la porción: 0,081 kg (calculado sobre la base de 123,0 kcal por cada 100 g de producto) (Burgess, y otros, 2006).

Los productos alternativos que definiremos más adelante en el punto 4.6 contarán con su flujo de referencia particular.

4.5.1.7. Límites del sistema

Los límites del sistema, Figura A.3 del Anexo, incluyen todos los procesos actualmente empleados y las emisiones, efluentes y residuos generados durante las etapas de “Cabañas”, “Cría, recria e invernada”, “*Feedlots*”, y “Mataderos y Frigoríficos”. En estos límites se incluyen materias primas, procesos, productos y transporte relacionados con la provisión de alimentos, suplementos dietarios, agua, energía, combustibles, medicamentos veterinarios, productos químicos y gases frigorígenos. Para nuestro trabajo consideraremos el uso de estos últimos tres grupos de productos y las emisiones derivadas de dicho uso, pero quedan excluidos del alcance sus procesos productivos. Además, se indican pero no se incluyen: la distribución interna minorista, el mercado externo, el transporte en y entre estas etapas, el uso del producto y subproductos, el fraccionamiento, el envasado, los procesos de cocción para transformar el producto en comestible, la disposición final de los residuos y las respectivas

emisiones al ambiente. Si bien entendemos que estas últimas etapas pueden aportar datos relevantes para el análisis tanto por su consumo de energía (refrigeración), combustibles (transporte), gases frigorígenos, materiales para envasado, etc., como por sus emisiones, a la vez presentan características muy dispersas, por ende complejas, por lo que podrán ser objeto de trabajos complementarios específicos. Quedan también fuera del límite de estudio los productos no catalogados como cortes de carne tradicionales y los subproductos comestibles y no comestibles.

Por lo anteriormente expuesto, caracterizamos el trabajo de tesis como un Análisis de Ciclo de Vida acotado “de la cuna a la puerta” (ISO, 2006).

4.5.1.8. Procedimiento de asignación

Elegimos utilizar como base de la asignación la masa, por ser ésta una propiedad física común a productos, subproductos y residuos, independientemente de si su destino es como alimento humano o como materia prima para otras industrias, pudiendo ser estas alimenticias o no alimenticias.

Del animal en pie, con un peso de 329 kg de promedio ponderado, 172 kg (52,3%) corresponden a cortes tradicionales de carne compuestos por músculo y grasa interna sin hueso, y 157 kg (47,7%) corresponden a subproductos y residuos (Garriz, 2012).

4.5.1.9. Categorías de impacto y metodología de evaluación de impacto

Seleccionamos el método ReCiPe y las categorías de impacto que este propone (Goedkoop, y otros, 2013):

- Categorías de impacto de punto intermedio
 - Agotamiento de ozono
 - Toxicidad humana
 - Radiación
 - Formación de ozono fotoquímico
 - Formación de material particulado
 - Cambio climático
 - Ecotoxicidad terrestre

- Acidificación terrestre
- Ocupación de tierras rurales
- Ocupación de tierras urbanas
- Transformación de tierras naturales
- Ecotoxicidad marina
- Eutrofización marina
- Eutrofización de agua dulce
- Ecotoxicidad de agua dulce
- Consumo de combustibles fósiles
- Consumo de recursos minerales
- Consumo de agua dulce
- Categorías de impacto de punto final
 - Daño a la salud humana
 - Daño a la disponibilidad de recursos
 - Daño a la diversidad ecosistémica

En lo que respecta a la selección del horizonte de tiempo, y de acuerdo con la “Teoría Cultural” (Thompson, y otros, 1990), existen tres perspectivas culturales: la Individualista, que tiene en cuenta un horizonte de tiempo de 20 años; la Jerárquica, 100 años; y la Igualitaria, 500 años. Para nuestro análisis utilizaremos la Jerárquica ya que presenta mayor consenso en el ámbito científico. Según esta perspectiva, los impactos pueden ser evitados mediante un manejo apropiado y se acepta un nivel medio de adaptación y de riesgo.

4.5.1.10. Requisitos relativos a los datos

Los datos para la elaboración del inventario de ciclo de vida provienen de bases de datos gubernamentales y de organizaciones reconocidas y aceptadas a nivel local y mundial, de fuentes bibliográficas locales e internacionales contrastadas, de guías, procedimientos de producción y prácticas actuales, y de fichas técnicas de productos.

Evitamos el uso de datos provenientes de organizaciones ambientalistas porque algunos de ellos pueden carecer del rigor científico necesario para la obtención de resultados confiables.

4.5.1.11. Suposiciones, simplificaciones y limitaciones

El sector bajo estudio se presenta heterogéneo, con un gran número de variables, desarrollado en un entorno territorial muy extenso, y con condiciones geográficas y climáticas disímiles. Es por esto que para la elaboración de los cálculos realizamos algunas simplificaciones, entre ellas:

- El número de existencias por tipo de animal y los totales se consideran constantes a lo largo del período estudiado.
- La distribución física de los animales se considera constante y distribuida de manera uniforme en el territorio oportunamente delimitado.
- El peso vivo de los animales se toma como promedio entre los valores extremos de cada categoría.
- El alimento consumido se calcula sobre la base del peso vivo promedio del punto anterior.
- La dieta basada en pasturas, granos, balanceados proteicos y subproductos de otras industrias es una generalización a escala país, pero pueden existir diferencias entre las distintas regiones o provincias de acuerdo con su disponibilidad.
- Los medicamentos veterinarios se calculan sobre la base de una dosis mínima y para todas las existencias.
- En el transporte de animales en pie se considera un promedio entre los diferentes tipos de vehículos utilizados, las variantes de motorización, los modelos (antigüedad) y el estado de los mismos.
- Los metales pesados presentes en los fertilizantes se calculan sobre la base del porcentaje promedio del nutriente para los diferentes grupos químicos empleados.
- Para los casos puntuales en los que no se encontraron datos actualizados, estos se aproximan mediante modelos matemáticos adecuados, los que se detallan en cada caso.
- En los casos en que existen rangos de valores se toma el promedio, el promedio ponderado o el menor valor como base, según se considera conveniente y se aclara en cada caso.

- Por ausencia de datos a nivel país, se considera el porcentaje de frigoríficos bovinos de la provincia de Santa Fe respecto de otros (porcino, caprino, avícola, etc.) como representativo, y se lo extrapola al resto del país.
- Las precipitaciones anuales y los consumos de agua de riego se calculan sobre la base de datos de cultivos en el partido de Junín, ubicado en la provincia de Buenos Aires, Argentina.
- En la bibliografía correspondiente al período estudiado no se encuentra declarado el ítem “Conversión de bosques a pasturas” que computamos en el punto 4.5.2.2.1 y que por su valor presenta significativa incidencia. Por no contar con datos actualizados se asume que esta cifra no varía para el período analizado

4.5.2. Análisis de Inventario de Ciclo de Vida (ICV)

Esta fase del ACV está dedicada a la recopilación y la cuantificación de entradas y salidas de un sistema de producto durante su ciclo de vida (ISO 14040).

4.5.2.1. Entradas al sistema

4.5.2.1.1. Alimento

Las dietas del ganado bovino de carne son variadas y en general están compuestas por:

- Forrajes: pasturas perennes anuales, henos, silajes, henolajes, rastrojos.
- Concentrados: granos de cereales y oleaginosas, grasas y aceites, nitrógeno no proteico.
- Subproductos y residuos de la agroindustria:
 - de origen vegetal: industria aceitera, molinera, frutihortícola, cervecera, etcétera.
 - de origen animal: industria láctea, pesquera, frigorífica y avícola.
- Suplementos minerales.
- Suplementos vitamínicos.
- Aditivos: *buffers*, antibióticos, saborizantes, antioxidantes, conservantes.

Dentro de los subproductos y residuos de origen animal utilizados en la alimentación de estos herbívoros rumiantes se encuentran: harinas de pescado, grasas y aceites animales, harina de sangre, estiércol porcino, cama de pollos (fecas y orina de aves, restos de alimentos, plumas, huevos, materiales absorbentes), restos de aves provenientes de plantas de faenamiento (cabezas, patas, intestinos), harinas de plumas y restos de plantas de incubación (cascarones, huevos fértiles y de pollitos no nacidos, pollitos de segunda y pollitos machos) (Parsi, y otros, 2001). El uso de estos subproductos es de práctica habitual, ya sea en explotaciones con limitaciones para la producción de pasturas o en casos de disponibilidad abundante y consecuente bajo costo (Saddy, y otros, 2002). Por esta razón, estos datos son de carácter informativo y no serán incluidos en los cálculos.

El consumo de pasturas y rastrojos se puede medir en “materia seca” (MS) o “materia verde” (MV). El consumo de materia seca representa entre 2,5 y 3% del peso vivo (PV) y el de materia verde entre 10 y 12% del PV. Para los cálculos tomaremos el promedio de esos porcentajes y utilizaremos un valor u otro según sea necesario, aclarándolo en cada caso.

Para la etapa de cría, recría e internada consideramos una dieta compuesta, basada en pasturas según los porcentajes del PV mencionados, más una suplementación de entre 1% y 1,5% del PV con granos y balanceados proteicos solo en otoño e invierno (época de pasturas pobres) (Pordomingo, 2003). Por esto último, en la columna “Total granos/balanceado” de la Tabla 4.5 se muestra el 50% de los consumos.

Para la etapa de terminación en corral la dieta se basa en granos y balanceados proteicos (90%) y henos (10%), que sumados alcanzan el 3% del PV (Barra, 2005). En ambos casos, a campo y a corral, se suministra una ración de sal gruesa común del 0,5 al 3% del peso del alimento consumido (Pordomingo, 2003), lo que representa entre 0,015 y 0,090% del PV. El detalle para cada categoría se muestra en las tablas 4.5 y 4.6:

Denominación	Peso vivo promedio [kg]	Consumo Materia Verde [kg/cab/día]	Total Materia Verde [tn/año]	Consumo Materia Seca [kg/cab/día]	Total Materia Seca [tn/año]	Consumo granos/balanceado [kg/cab/día]	Total granos/balanc. (50%) [tn/año]	Consumo sal gruesa común [kg/día]	Total sal gruesa común [tn/año]
Vaca	500	55,00	409.134.743	10,00	85.546.355	5,00	18.597.034	0,27	1.971.286
Vaquillona	300	33,00	79.149.851	6,00	16.549.514	3,00	3.597.721	0,16	381.358
Novillo	400	44,00	103.130.238	8,00	21.563.595	4,00	4.687.738	0,21	496.900
Novillito	300	33,00	75.306.448	6,00	15.745.894	3,00	3.423.020	0,16	362.840
Ternero	200	22,00	28.983.329	4,00	6.060.151	2,00	1.317.424	0,11	139.647
Tenera	200	22,00	19.788.337	4,00	4.137.561	2,00	899.470	0,11	95.344
Toro	750	82,50	31.207.872	15,00	6.525.282	7,50	1.418.540	0,40	150.365
Torito	400	44,00	2.111.617	8,00	441.520	4,00	95.983	0,21	10.174
Buey	400	44,00	197.827	8,00	41.364	4,00	8.992	0,21	953
Total			749.010.263		156.611.237		34.045.921		3.608.868

Tabla 4.5 – Consumo de alimento para bovinos a campo. (Elaboración propia basada en datos de fuentes citadas).

Denominación	Peso vivo promedio [kg]	Total heno (MS) + granos/balanceado [kg/cab/día]	Consumo heno (MS) [kg/cab/día]	Total heno (MS) [tn/año]	Consumo granos/balanceado [kg/cab/día]	Total granos/balanceado [tn/año]	Consumo sal gruesa común [kg/cab/día]	Total sal gruesa común [tn/año]
Vaca	500	15,00	1,50	45.952	13,50	413.570	0,27	8.118
Vaquillona	300	9,00	0,90	47.085	8,10	423.761	0,16	8.318
Novillo	400	12,00	1,20	39.155	10,80	352.395	0,21	6.917
Novillito	300	9,00	0,90	63.679	8,10	573.109	0,16	11.250
Ternero	200	6,00	0,60	64.366	5,40	579.293	0,11	11.371
Tenera	200	6,00	0,60	94.865	5,40	853.786	0,11	16.760
Toro	750	22,50	2,25	5.751	20,25	51.761	0,40	1.016
Torito	400	12,00	1,20	371	10,80	3.339	0,21	66
Buey	400	12,00	1,20	0	10,80	0	0,21	0
Total				361.224		3.251.013		63.816

Tabla 4.6 – Consumo de alimento para bovinos a corral. (Elaboración propia basada en datos de fuentes citadas).

Entre las pasturas perennes más utilizadas para la alimentación bovina extensiva (consumo directo en pastoreo) e intensiva (bajo la forma de heno), se encuentran la alfalfa (*Medicago sativa*) y la festuca alta (*Festuca arundinacea*). Según la diferente bibliografía consultada, el rinde promedio anual de estas pasturas está entre 15,5 y 25,1 tn MS/ha/año (Gonella, 2000) (Bertín, y otros, 2005) (Scheneiter, y otros, 2009). Si tomamos un valor intermedio, obtenemos que la superficie a cultivar necesaria para abastecer de pasturas al total de las existencias asciende a 8.190.569 hectáreas. Si tenemos en cuenta que en Argentina, del total del territorio continental, solo un 14,5% de las tierras son cultivables (Grupo-Banco-Mundial, 2016), el porcentaje dedicado a pasturas asciende al 25,1%.

Para el cálculo del consumo de granos y balanceados proteicos mostrados en la Tabla 4.7, al no existir una única dieta, ni datos específicos de las dietas elegidas por los productores de las distintas regiones, o de volúmenes de producción destinados para

alimento animal, realizamos una aproximación basada entre otros factores en: consumos expresados como % del PV (Kucsevsa, y otros, 2012) (Pordomingo, 2003), dietas recomendadas (Pordomingo, 2003) (Elizalde, 2003) (Peruchena, 1999), volúmenes de producción de granos (cereales y oleaginosas) (MAGyP, 2014c) y volúmenes de subproductos de otras industrias (pellets/expellers provenientes de la industria aceitera) (Fernández-Mayer, 2014) (MAGyP, 2014d) (MAGyP, 2014e).

Grano	Cosecha 2013/2014 [tn/año]	Ganado bovino a campo			Ganado bovino a corral		
		Consumo de grano entero/molido (30%) [tn/año]	Consumo de pellets/expellers (70%) [tn/año]	Total grano entero/molido + pellets/expellers [tn/año]	Consumo de grano entero/molido (30%) [tn/año]	Consumo de pellets/expellers (70%) [tn/año]	Total grano entero/molido + pellets/expellers [tn/año]
Soja	53.397.715	5.334.713	12.447.665	17.782.378	509.407	1.188.616	1.698.023
Maiz	33.087.165	3.305.582	7.713.025	11.018.608	315.647	736.510	1.052.157
Trigo	9.188.339	917.964	2.141.915	3.059.878	87.655	204.529	292.185
Sorgo	3.466.410	346.313	808.063	1.154.375	33.069	77.161	110.230
Girasol	2.063.410	0	687.152	687.152	0	65.615	65.615
Semilla de Algodón	509.827	50.934	118.847	169.781	4.864	11.349	16.212
Avena	444.820	148.133	0	148.133	14.145	0	14.145
Centeno	52.130	17.360	0	17.360	1.658	0	1.658
Cebada forrajera	24.790	8.256	0	8.256	788	0	788
Total	102.234.606	10.129.255	23.916.666	34.045.921	967.233	2.283.780	3.251.013

Tabla 4.7 – Consumo de granos y balanceados proteicos para bovinos a campo y a corral. (Continúa en Tabla 4.8). (Elaboración propia basada en datos de fuentes citadas).

Del total de consumo de granos y balanceados proteicos, estimamos conservativamente que, en promedio, el 30% se incorpora a la dieta en forma de grano entero o molido y el 70% bajo la forma de pellets/expellers. Los valores en cero de la tabla corresponden a los casos en que el grano se incorpora solo en una de las formas, por ejemplo, el 100% del girasol consumido se da bajo la forma de pellets/expellers provenientes de la industria aceitera. Lo opuesto ocurre con la avena, el centeno y la cebada forrajera que se incorporan únicamente como grano.

En la Tabla 4.8 se muestran datos estadísticos relacionados con las cosechas del período analizado (MAGyP, 2014f) (MINAGRI, 2014a) (Bolsa-de-Cereales, 2014), que usaremos para futuros cálculos a lo largo del inventario:

Grano	Rinde de cosechas 2013-2014 [tn/ha]	Superficie necesaria para el cultivo de granos ⁽¹⁾ [ha]	Exportación de granos enteros [tn/año]	Industrialización (aceites + harinas + otros) [tn/año]	Diponible localmente para consumo humano y otros usos ⁽²⁾ [tn/año]
Soja	2,70	2.164.732	7.360.900	37.927.683	2.265.012
Maiz	5,41	669.379	15.649.293	4.436.943	9.379.700
Trigo	2,66	378.052	1.850.207	5.502.068	830.445
Sorgo	3,48	109.004	1.098.206	133.748	1.855.074
Girasol	1,54	0	67.862	2.216.591	-221.043
Semilla de Algodón ⁽³⁾	1,00	56.078	0	22.085	431.943
Avena	1,97	82.375	0	15.882	266.660
Centeno	1,63	11.667	0	409	32.703
Cebada forrajera	1,91	4.735	0	0	15.746
Total		3.476.022	26.026.468	50.255.409	14.856.241

(1) Se considera solo la superficie necesaria para el cultivo de granos enteros. El balanceado se considera en su totalidad un subproducto proveniente de otras industrias (ej: aceiteras).

(2) Consumo humano directo, alimento otros animales, obtención de otros subproductos y otros usos.

(3) La semilla representa aproximadamente la mitad del peso del algodón en bruto.

Tabla 4.8 – Consumo de granos y balanceados proteicos para bovinos a campo y a corral. (Continúa de Tabla 4.7). (Elaboración propia basada en datos de fuentes citadas).

Los volúmenes de balanceados proteicos (pellets y expellers) que se obtienen de la industria aceitera y de otras industrias son suficientes para abastecer la demanda del sector bovino según se muestra en la Tabla 4.9 (MINAGRI, 2014b) (MINAGRI, 2104c). La demanda de balanceados por parte de otros sectores, entre los que podemos mencionar el porcino, el avícola y los tambos, representa también volúmenes significativos, cuyas cifras quedan fuera del alcance del presente trabajo. Consideramos entonces que, si la demanda total de balanceado excediera el volumen generado, sería necesario obtenerlo en el mercado externo o evaluar en cada caso la estrategia más conveniente.

Pellets / expellers	Volumen necesario [tn/año]	Volumen generado [tn/año]
Soja	13.636.280	29.133.779
Maiz	8.449.535	2.898.940
Girasol	752.767	945.931
Trigo	2.346.444	1.372.211
Otros ⁽¹⁾	1.015.419	114.911
Total	26.200.446	34.465.772

(1) Lino, maní, cártamo, canola.

Tabla 4.9 – Reciclado de subproductos de otras industrias para elaboración de alimento balanceado. (Elaboración propia basada en datos de fuentes citadas).

4.5.2.1.2. Agua dulce

El agua dulce consumida por cada kilogramo de carne en 2014 fue de 42,36 m³, lo cual totaliza para la ganadería bovina de carne y los sectores asociados en el período bajo análisis más de 168 mil millones de m³/año, que se distribuyen de la siguiente forma (Ayerza, 2002) (FAO-AQUASTAT, 2011) (Fernández-Reynoso, y otros, 2012):

Usos	Origen	Volumen [m ³ /año]	Volumen total [m ³ /año]
Riego (pasturas + granos)	Precipitaciones	139.303.771.515	167.398.090.984
	Superficial	7.023.579.867	
	Subterránea	21.070.739.602	
	Red	0	
Bebida ganado bovino de carne	Superficial	250.307.228	1.001.228.912
	Subterránea	750.921.684	
	Red	0	
Mataderos/Frigoríficos (Proceso y limpieza de instalaciones + transportes)	Superficial	0	18.151.467
	Subterránea	16.336.320	
	Red	1.815.147	
Total			168.417.471.363

Tabla 4.10 – Consumo de agua potable y de servicios. (Elaboración propia basada en datos de fuentes citadas).

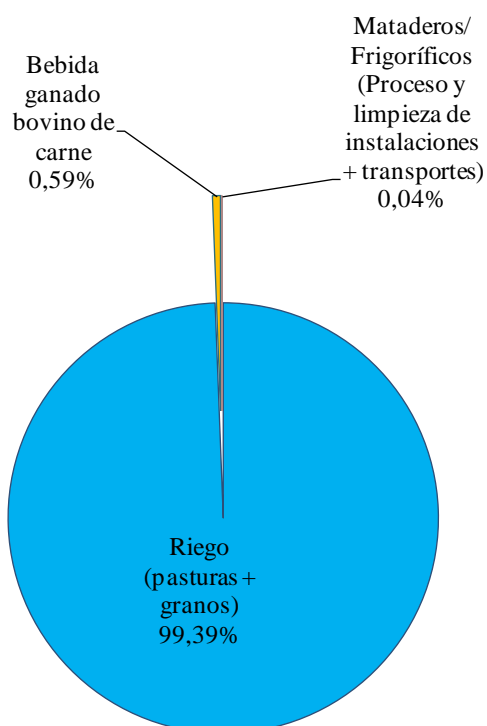


Figura 4.1 – Gráfico de consumos de agua potable. (Elaboración propia basada en datos de fuentes citadas).

Según otros estudios, este consumo se encuentra en el rango que va desde los 15,40 m³/kg (Mekonnen, y otros, 2010) hasta los 43,00 m³/kg (Pimentel, 2004).

Los cálculos para este rubro se basan en datos de precipitaciones y riego del partido de Junín, provincia de Buenos Aires. Esta zona, ubicada en el corazón de la Pampa Húmeda, presenta un clima beneficioso y de abundantes lluvias. Se estima que en otras zonas del país esta situación no es tan beneficiosa, por lo que la demanda extra de agua de los cultivos deberá ser abastecida mediante un incremento del riego artificial.

4.5.2.1.3. Combustibles fósiles

Los combustibles fósiles consumidos por el sector y sus usos para el período estudiado incluyen: bombeo de agua para riego, bebida del ganado y otros usos (Nemecek, y otros, 2015), maquinaria agrícola y transporte de forrajes (Donato, 2011), secado de granos (Torre, y otros, 2013) (Donato, 2011), transporte de ganado en pie (SENASA, 2016c) (Albrieu, y otros, 2009) (Herráez-Ortega, y otros, 1997), y frigoríficos (ENARGAS, 2014). Sus valores se detallan en la siguiente tabla:

Destino	Combustible	Consumo	
		[m ³ /año]	[tn/año]
Bombeo de agua para riego, bebida y otros usos ⁽¹⁾	Gasoil	1.287.478	1.081.482
Maquinaria agrícola y transporte de forrajes	Gasoil	167.127	140.386
Secado de granos	Gasoil	1.929	1.620
	Gas natural	15.760.411	-
	GLP	8.363	-
Transporte de ganado en pie	Gasoil	44.012	52.371
Frigoríficos ⁽²⁾	Gas natural	48.313.298	-

(1) Se considera 25% de bombas eléctricas y 75% de bombas diésel.
(2) Se considera el porcentaje de frigoríficos bovinos de la provincia de Santa Fe como representativo y extrapolado al resto del país.

Tabla 4.11 – Consumo directo de combustibles fósiles. (Elaboración propia basada en datos de fuentes citadas).

4.5.2.1.4. Energía eléctrica

Los consumos de energía eléctrica del sector para el período estudiado incluyen: producción de agroquímicos (Baht, y otros, 1994), bombeo de agua para riego, bebida del ganado y otros usos (Nemecek, y otros, 2015), y frigoríficos (IPEC, 2014) (MAGyP, 2014g). Sus valores se resumen en la siguiente tabla:

Destino	Consumo [MWh/año]	Fuentes no renovables [MWh/año]	Fuentes renovables [MWh/año]	Fuentes fósiles [MWh/año]
Producción de fitosanitarios	14.678.893	10.143.115	4.535.778	9.511.923
Producción de fertilizantes	5.796.193	4.005.170	1.791.024	3.755.933
Bombeo de agua para riego, bebida y otros usos ⁽¹⁾	1.738.459	1.201.275	537.184	1.126.521
Frigoríficos ⁽²⁾	1.617.570	1.117.741	499.829	1.048.186
Total	23.831.116	16.467.301	7.363.815	15.442.563
(1) Se considera 25% de bombas eléctricas y 75% de bombas diésel.				
(2) Se considera el porcentaje de frigoríficos bovinos de la provincia de Santa Fe como representativo y extrapolado al resto del país.				

Tabla 4.12 – Consumo de energía eléctrica. (Elaboración propia basada en datos de fuentes citadas).

4.5.2.1.5. Sales minerales y suplementos

A la dieta del ganado bovino de carne se incorporan además otros suplementos minerales que proveen macronutrientes: calcio (Ca), magnesio (Mg), fósforo (P), potasio (K), sodio (Na), cloro (Cl) y azufre (S), y micronutrientes: cromo (Cr), cobalto (Co), cobre (Cu), iodo (I), hierro (Fe), manganeso (Mn), selenio (Se) y zinc (Zn) (Bauer, y otros, 2009). Los volúmenes totales consumidos de algunos de estos nutrientes (Pordomingo, 2003) (FACyT, 2016) se muestran en la tabla a continuación:

Sales minerales	Peso de mineral por kg de producto [kg]	Peso de mineral total consumido [tn/año]
Cloruro de sodio (Sal gruesa común)	1,0000	3.672.684
Cinc (óxido/sulfato)	0,1100	268
Hierro (sulfato)	0,0960	234
Magnesio (óxido)	0,0960	234
Manganeso (óxido/carbonato)	0,0750	183
Cobre (óxido/sulfato)	0,0200	49
Cobalto (carbonato)	0,0010	2,44
Iodo (iodato de calcio)	0,0010	2,44
Selenio (selenito de sodio)	0,0002	0,49

Tabla 4.13 – Sales y suplementos minerales incorporados a la dieta. (Elaboración propia basada en datos de fuentes citadas).

4.5.2.1.6. Medicamentos veterinarios

En el sector pecuario se utilizan grandes cantidades de fármacos, principalmente antimicrobianos y hormonas, en su gran mayoría con fines no terapéuticos. Un estudio llevado a cabo por el Instituto de Medicina de los Estados Unidos de América estima

que cerca del 80% de los antibióticos administrados al ganado en ese país se suministran en la profilaxis de enfermedades y como promotores del crecimiento.

Una porción importante de los medicamentos utilizados no se degrada en el cuerpo del animal y se elimina en las heces y la orina. Algunos de ellos pueden permanecer en el ambiente por largos períodos y pueden provocar impactos negativos en la fauna silvestre al actuar como disruptores endocrinos u ocasionar alteraciones neurológicas. Con respecto a los disruptores, existen estudios que muestran un aumento de casos de feminización y masculinización de peces, el incremento de la incidencia de cáncer testicular y de pecho, y alteraciones en el tracto genital masculino en mamíferos (FAO, 2006d) (Impact of intensive livestock operations on water quality, 2001) (Impacto de la Ivermectina sobre el ambiente, 2011).

Para el período estudiado se listan a continuación los volúmenes consumidos, calculados sobre la base de una dosis mínima (Parsi, y otros, 2001) (Gil, 2006) (Loerch, 1998):

Tipo	Volumen unitario	Volumen Total [tn/año]
Antibióticos (Teraciclina es el más empleado)	50 g/tn alim.	39.333
Antiparasitarios (Ivermectina es el más empleado)	0,2 mg/kg de P.V.	3.731
Ionóforos	200 mg/cab./día	3.513
Probióticos	15 g/cab./día	263.481
Supresores del celo (Progesterona)	75 mg/cab.	922
Total		310.981

Tabla 4.14 – Medicamentos veterinarios consumidos anualmente por el sector. (Elaboración propia basada en datos de fuentes citadas).

La producción de medicamentos insuere recursos (materias primas, agua, energía, etc.) y genera emisiones gaseosas, efluentes líquidos y residuos sólidos a ser tratados. Su determinación queda fuera del alcance del presente trabajo.

4.5.2.1.7. Fluidos frigorígenos

Las muy bajas temperaturas a las que operan las cámaras frigoríficas para la conservación de carne bovina por enfriamiento o congelamiento transforman estos fluidos en insumos críticos dentro de la industria.

Como no contamos con datos de calidad actualizados, consideramos para el cálculo las proyecciones realizadas para el año 2012 (MDSyMA, 1999), estimando que la industria frigorífica consume aproximadamente el 10% del volumen proyectado. La siguiente tabla detalla los consumos estimados para el período analizado, sus respectivos potenciales de calentamiento global (GWP_{100}) (ReCiPe, 2014) y algunos de sus impactos asociados (NRL, 2012) (NRI, 2015) (Airgas, 2016) (NRL, 2013):

Denominación	%	Volumen [tn/año]	$GWP_{100}^{(1)}$	Otros impactos	Hoja de seguridad del producto (MSDS)
HFC-134a	81,00	72,88	1.430	No conocido	Puede causar efectos adversos a largo plazo en el medioambiente. Contiene gases fluorinados considerados de efecto invernadero por el Protocolo de Kyoto. No debe ser liberado a la atmósfera.
HFC-125	0,66	0,28	3.500	No conocido	Contiene Pentafluoroetano, considerado gas de efecto invernadero que contribuye al calentamiento global.
HCFC-22	S/D	S/D	1.810	No conocido	Daño a la salud pública y el medioambiente por destrucción del ozono en las capas altas de la atmósfera.
R-717 (Amoníaco)	S/D	S/D	0	Eutrofización	Muy tóxico para organismos acuáticos. Tóxico por inhalación.
(1) Potencial de Calentamiento Global, bajo una perspectiva Jerárquica, considerando efectos de "Punto Intermedio" (<i>Midpoint</i>), y con un horizonte de tiempo de 100 años. S/D: sin datos					

Tabla 4.15 – Fluidos frigorígenos utilizados por la industria frigorífica de carne bovina. (Elaboración propia basada en datos de fuentes citadas).

En función de su $GWP_{100}=0$, existe una tendencia a nivel mundial de utilizar el amoníaco como fluido frigorígeno en reemplazo de los empleados actualmente. La desventaja de este gas es su alto efecto eutrofizante.

4.5.2.1.8. Productos químicos

La industria frigorífica utiliza productos químicos específicos para la desinfección y blanqueado de subproductos, además de otros destinados a la limpieza de instalaciones y equipos (Álvarez-Chávez, y otros, 2011). A continuación detallamos los volúmenes consumidos:

Producto químico y aplicación	Volumen unitario		Volumen total	
	[kg/res]	[lts/res]	[tn/año]	[m ³ /año]
Desinfección y blanqueado de subproductos				
Hidróxido de sodio	0,090	-	1.089	-
Tripe wash	-	0,045	-	545
Peróxido de hidrógeno	-	0,045	-	545
Limpieza de instalaciones y equipos				
Hipoclorito de sodio	0,040	-	484	-
Hipoclorito de sodio 5%	0,003	-	35	-
Hipoclorito de sodio 13 %	-	0,020	-	242
Hidróxido de potasio 14%	0,040	-	484	-
Detergente alcalino	0,035	-	424	-
Detergente neutro	-	0,020	-	242
Detergente base cuaternario	-	0,150	-	1.815
Det-Excel	0,020	-	242	-
Detergente multiusos	0,020	-	242	-
Total	0,248	0,280	3.000	3.388

Tabla 4.16 – Productos químicos empleados en la industria frigorífica.
(Elaboración propia basada en datos de fuentes citadas).

4.5.2.2. Emisiones al ambiente

4.5.2.2.1. Dióxido de carbono (CO₂)

Las fuentes de emisión de CO₂ que se muestran en las Tablas 4.17, 4.22 y 4.23 incluyen el consumo directo de combustibles fósiles, el consumo de energía eléctrica y los cambios de uso del suelo:

- **Emisiones de CO₂ asociadas al consumo directo de combustibles fósiles:**

Destino	Combustible	Consumo		Emisión de CO ₂ [tn/año]
		[m ³ /año]	[tn/año]	
Bombeo de agua para riego, bebida y otros usos ⁽¹⁾	Gasoil	1.287.478	1.081.482	3.434.785
Maquinaria agrícola y transporte de forrajes	Gasoil	167.127	140.386	445.867
Secado de granos	Gasoil	1.929	1.620	5.146
	Gas natural	15.760.411	-	30.749
	GLP	8.363	-	24.252
Transporte de ganado en pie	Gasoil	44.012	52.371	166.330
Frigoríficos ⁽²⁾	Gas natural	48.313.298	-	94.259
Total Combustibles Fósiles				4.201.388

(1) Se considera 25% de bombas eléctricas y 75% de bombas diésel.

(2) Se considera el porcentaje de frigoríficos bovinos de la provincia de Santa Fe como representativo y extrapolado al resto del país.

Tabla 4.17 – Emisiones de CO₂ asociadas al consumo directo de combustibles fósiles. (Elaboración propia basada en fuentes citadas en el punto 4.5.2.1.3)

Para el cálculo usamos los siguientes factores de emisión correspondientes a 2014 (MEyM, 2015):

Fósil	Factor de Emisión	
Gas Natural	1,951	tnCO ₂ /dam ³
Fuel Oil	3,197	tnCO ₂ /tn
Gasoil	3,176	tnCO ₂ /tn
Gas Licuado de Petróleo	2,900	tnCO ₂ /tn
Carbón Mineral Nacional	2,335	tnCO ₂ /tn
Carbón Mineral Importado	2,803	tnCO ₂ /tn

Tabla 4.18 – Factores de Emisión para combustibles fósiles.

- **Emisiones de CO₂ asociadas al consumo de energía eléctrica:**

El Sistema Argentino de Interconexión (SADI) recibe energía eléctrica de distintas fuentes renovables y no renovables. Para nuestro análisis solo tomaremos las no renovables de origen fósil, emisoras netas de CO₂.

En 2014 la generación eléctrica total fue de 124.338.105 MWh (MEyM, 2014), según los porcentajes que se muestran en la Tabla 4.19. Del total generado, 80.571.092 MWh fueron de origen fósil. (CNEA, 2014).

Fuente	Participación	Recurso
Fósil	64,8%	No renovable
Hidráulica	30,4%	Renovable
Nuclear	4,3%	No renovable
Renovables ⁽¹⁾	0,5%	Renovable
Total	100,0%	

(1) Solar, eólica, geotérmica y bioenergía.

Tabla 4.19 – Fuentes de generación de energía eléctrica y sus porcentajes para el año 2014.

El proceso productivo de agroquímicos lleva asociado un alto consumo de energía eléctrica (MINCyT, 2013). Durante el año 2014, los volúmenes de fitosanitarios (CASAFE, 2012) y fertilizantes (FERTILIZAR, 2015) consumidos por el sector se muestran en las tablas 4.20 y 4.21. Los volúmenes correspondientes al año 2014 se calcularon sobre la base de los volúmenes de 2012 (disponibles en la bibliografía) en forma proporcional a las cosechas de ambos períodos.

Grupo	Soja [tn/año]	Maíz [tn/año]	Trigo [tn/año]	Girasol [tn/año]	Sorgo [tn/año]	Pasturas [tn/año]	Barbecho químico ⁽¹⁾ [tn/año]	Total [tn/año]
Fungicidas	21.231	2.518	3.599	0	600	0	0	27.948
Herbicidas	14.717	21.283	3.200	0	3.836	17.344	13.584	73.964
Insecticidas	33.578	5.771	479	0	1.283	3.454	131	44.697
Glifosato	57.675	10.857	246	0	52	2.556	60.890	132.276

(1) El barbecho químico es el periodo de tiempo entre cosecha y siembra y en el cual se agregan herbicidas al suelo pelado. Se lo computa aprox. como 3/4 Glifosato + 1/4 otros herbicidas.

Tabla 4.20 – Consumo de fitosanitarios por cultivo. (Elaboración propia basada en datos de fuentes citadas).

Grupo Químico	Subgrupo	Soja [tn/año]	Maíz [tn/año]	Trigo [tn/año]	Girasol [tn/año]	Sorgo [tn/año]	Cebada [tn/año]	Pasturas [tn/año]	Total [tn/año]
Nitrogenados	Urea ⁽¹⁾	0	47.385	26.313	0	4.385	24.124	111.035	213.242
	Otros nitrogenados	0	17.526	9.732	0	1.622	8.922	41.068	78.870
Fosforados	Todos	71.247	20.676	21.995	0	3.523	24.441	46.143	188.025
Potásicos	Todos	0	0	0	0	0	0	0	0
Azufrados	Todos	4.613	3.511	4.541	0	367	1.505	1.320	15.855
Otros ⁽²⁾	Todos	4.687	946	591	0	0	0	0	6.224
Total por cultivo		80.547	90.043	63.172	0	9.897	58.992	199.566	502.217

(1) Incluye Urea en todas sus formas: Urea granulada + Urea perlada + UAN (nitrato de amonio + urea + agua)
(2) Otros fertilizantes: incluye productos que por su composición química no tipifican para ninguno de los Grupos Químicos anteriores.

Tabla 4.21 – Consumo de fertilizantes por cultivo. (Elaboración propia basada en datos de fuentes citadas).

En consecuencia, las emisiones de CO₂ correspondientes al consumo de energía eléctrica del sector fueron las siguientes:

Destino	Consumo [MWh/año]	Fuentes no renovables [MWh/año]	Fuentes fósiles [MWh/año]	Emisión de CO ₂ [tn/año]
Producción de fitosanitarios	14.678.893	10.143.115	9.511.923	5.062.342
Producción de fertilizantes	5.796.193	4.005.170	3.755.933	1.998.946
Bombeo de agua para riego, bebida y otros usos ⁽¹⁾	1.738.459	1.201.275	1.126.521	599.546
Frigoríficos ⁽²⁾	1.617.570	1.117.741	1.048.186	557.855
Totales				8.218.689

(1) Se considera 25% de bombas eléctricas y 75% de bombas diésel.
(2) Se considera el porcentaje de frigoríficos bovinos de la provincia de Santa Fe como representativo y extrapolado al resto del país.

Tabla 4.22 – Emisiones de CO₂ asociadas al consumo de energía eléctrica. (Elaboración propia basada en datos de fuentes citadas en el punto 4.5.2.1.4)

Los combustibles fósiles quemados en las centrales térmicas para la obtención de la energía eléctrica consumida por el sector bovino de carne se resumen en la siguiente tabla:

Destino	CM [tn/año]	BD ⁽¹⁾ [tn/año]	FO [tn/año]	GN [dam ³ /año]	GO [tn/año]	ULE ⁽¹⁾ [tn/año]	UN ⁽¹⁾ [tn/año]
Producción de fitosanitarios	146.372	55,2	395.711	2.000.822	222.066	5,1	4,4
Producción de fertilizantes	46.814	17,7	126.561	639.925	71.024	1,6	1,4
Bombeo agua para riego, bebida y otros usos	14.041	5,3	37.959	191.934	21.302	0,5	0,4
Frigoríficos	13.065	4,9	35.320	178.587	19.821	0,5	0,4
Total	73.920	27,9	199.840	1.010.446	112.147	7,6	6,7

(1) Se considera que no aporta emisiones significativas de CO₂ y por lo tanto no presenta incidencia en el cálculo.
CM: Carbón Mineral; **BD:** Biodiésel; **FO:** Fuel Oil; **GN:** Gas Natural; **GO:** Gasoil; **ULE:** Uranio Levemente Enriquecido; **UN:** Uranio Natural

Tabla 4.23 – Combustibles fósiles quemados para obtención de energía eléctrica y su destino. (Elaboración propia basada en datos de fuentes citadas).

- **Emisiones de CO₂ asociadas a cambio de uso del suelo:**

Los valores mostrados en la siguiente tabla corresponden a datos del año 2010 (Gaspari, y otros, 2015a) ya que, en la bibliografía más reciente, no se encuentra declarado el ítem “Conversión de bosques a pasturas”, que presenta significativa incidencia. Se asume que esta cifra no varía para el período analizado.

Fuente	Emisión CO ₂ Total [tn/año]	Emisión de CO ₂ Ganadería bovina [tn/año]
Conversión de bosques a pasturas	43.415.000	43.415.000
Conversión de bosques a tierras agrícolas	36.769.000	3.990.887
Cambios en el contenido de carbono de suelos sometidos a agricultura permanente	23.973.450	2.602.065
Total Cambio de Uso del Suelo		50.007.952

Tabla 4.24 – Cambio de uso del suelo y emisiones de CO₂ asociadas. (Elaboración propia basada en datos de fuentes citadas).

4.5.2.2.2. Metano (CH₄)

La principal fuente de CH₄ del sector bovino de carne la constituye la fermentación entérica seguida por el manejo del estiércol (FAO, 2006e) (IPCC, 2014a) (Gaspari, y otros, 2015b) (Berra, y otros, 2002).

Las emisiones de CH₄ y su equivalente en CO₂-eq para el período estudiado se resumen en la siguiente tabla:

Origen	Bovinos totales [cab.]	Factor de emisión [kg/cab./año]	Emisión de CH ₄ [tn/año]	CO ₂ -eq. [tn/año]
Fermentación entérica				
Vaca	20.464.242	60,79	1.244.021	26.124.447
Vaquillona	6.714.511	60,80	408.220	8.572.618
Novillo	6.510.954	57,05	371.450	7.800.448
Novillito	6.445.939	46,58	300.252	6.305.289
Ternero	3.903.289	27,44	107.106	2.249.231
Tenera	2.897.475	27,44	79.507	1.669.641
Toro	1.043.379	80,10	83.575	1.755.068
Torito	132.330	27,44	3.631	76.254
Buey	12.318	80,10	987	20.720
Subtotal Fermentación Entérica	48.124.437		2.598.748	54.573.715
Manejo del estiércol				
Subtotal Manejo del Estiércol	48.124.437	1,00	48.124	1.010.613
Total			2.646.873	55.584.329

Tabla 4.25 – Emisiones de CH₄ y su conversión a valores de CO₂-eq. (Elaboración propia basada en datos de fuentes citadas).

4.5.2.2.3. Óxido nitroso (N₂O)

En Argentina, la agricultura y la ganadería en conjunto son las principales fuentes de emisión de N₂O de origen antropogénico (MAGyP, 2014b).

El óxido nitroso es uno de los más potentes GEI provenientes del sector bovino de carne; se produce naturalmente en los suelos a través del proceso microbiano de nitrificación y desnitrificación. Varias actividades agropecuarias adicionan nitrógeno a los suelos, incrementando así la cantidad de este elemento naturalmente disponible para dicho proceso microbiano y, por lo tanto, la cantidad de óxido nitroso emitido aumenta.

La deposición de estiércol del ganado bovino sobre praderas y pastizales es la vía directa más importante de incorporación de nitrógeno a los suelos ya que no recibe ningún tipo de tratamiento. Al ganado bovino se le adjudica el mayor aporte con más del 80% de las emisiones ganaderas totales de N₂O, cuya principal fuente son los llamados “parches de orina”. El uso de fertilizantes nitrogenados, el enterramiento de los residuos de cultivos y la utilización del estiércol como abono constituyen otras fuentes de emisión por incorporación de nitrógeno a los suelos, tanto en forma directa como indirecta (Hristov, y otros, 2013) (Marsden, y otros, 2016).

Las adiciones indirectas, que también dan origen a emisiones de N₂O, ocurren por dos mecanismos: la volatilización y subsiguiente deposición atmosférica de una parte del nitrógeno excretado, en forma de amoníaco y óxidos de nitrógeno, y la

lixiviación y el escurrimiento superficial de otra parte del nitrógeno excretado (MAGyP, 2014h).

Las emisiones de N₂O correspondientes al sector en el período analizado son las siguientes (Fundación-Bariloche, 2007):

Origen	Emisión de N ₂ O [tn/año]	CO ₂ -eq. [tn/año]
Directas		
Del ganado en pastoreo	45.370	14.064.725
Subtotal directas	45.370	14.064.725
Indirectas		
Del suelo por el estiércol del ganado	21.554	6.681.617
Del manejo del estiércol	51	15.871
Subtotal indirectas	21.605	6.697.488
Total	66.975	20.762.213

Tabla 4.26 – Emisiones de N₂O y su conversión a valores de CO₂-eq correspondientes al ganado bovino de carne. (Elaboración propia basada en datos de fuentes citadas).

Origen	Emisión de N ₂ O [tn/año]	CO ₂ -eq. [tn/año]
Directas		
Fertilizantes	2.309	715.757
Fijación biológica de N	9.382	2.908.288
Residuos agrícolas	8.083	2.505.884
Subtotal directas	19.774	6.129.929
Indirectas		
Volatilización	135	41.857
Lixiviación	1.080	334.857
Subtotal indirectas	1.215	376.714
Total	20.989	6.506.643

Tabla 4.27 – Emisiones de N₂O y su conversión a valores de CO₂-eq correspondientes a los principales cultivos forrajeros (soja, maíz, trigo y sorgo). (Elaboración propia basada en datos de fuentes citadas).

4.5.2.2.4. Amoníaco (NH₃)

El amoníaco es un compuesto inorgánico de nitrógeno que se volatiliza fácilmente a la atmósfera y en grandes cantidades como consecuencia de la descomposición aeróbica y anaeróbica de la materia orgánica y su contenido de nitrógeno. La volatilización del amoníaco es la vía más importante de pérdida de

nitrógeno del estiércol animal hacia el aire y cuerpos de agua; su principal fuente es la urea contenida en la orina (USEPA, 2004).

Si bien no es considerado un gas de efecto invernadero, el amoníaco es un precursor indirecto de N_2O . Además es responsable de otros daños al medioambiente, como la acidificación de los ecosistemas, la eutrofización y la formación de material particulado $PM_{2,5}$, y daños a la salud pública y de otros seres vivos, como los daños en garganta, nariz y oídos y los derivados de su toxicidad a determinadas concentraciones (Jacobson, y otros, 2011).

La ganadería y la agricultura en su conjunto son la principal fuente de emisión de este gas a escala global, que alcanza por ejemplo en Europa valores de hasta 94% del total emitido de origen antropogénico (EEA, 2010d) y en Estados Unidos de hasta 85% con más del 43% atribuible al ganado bovino (Gay, y otros, 2009).

A continuación se detallan las emisiones directas de NH_3 provenientes del estiércol generado por el sector a nivel local (Laubach, y otros, 2012) y de la aplicación de fertilizantes nitrogenados sobre pasturas y cultivos forrajeros (Bouwman, y otros, 2013) (Nemecek, y otros, 2015):

Origen	NH_3 [tn/año]
NH_3 volatilizado en campo (19,8%)	
Heces (2,3%)	467.709
Orina (17,5%)	3.558.657
Subtotal volatilizado en campo	4.026.366
NH_3 volatilizado en corral (19,8%)	
Heces (2,3%)	12.193
Orina (17,5%)	92.770
Subtotal volatilizado en corral	104.962
Total	4.131.328

Tabla 4.28 – Emisiones de NH_3 atribuibles al estiércol generado por el sector. (Elaboración propia basada en datos de fuentes citadas).

Origen	Consumo total [tn/año]	Fracción para pasturas/forrajes [tn/año]	Emisión NH ₃ [tn/año]
Fertilizantes nitrogenados sintéticos	1.264.407	292.112	9.385
Fertilización con estiércol ^{(1) (2)}	3.818.000	-	-
Total			9.385
(1) A nivel local la fertilización con estiércol se emplea mayormente en la producción frutihortícola, por ende no presenta valores significativos en la alimentación del ganado.			
(2) Las emisiones de NH ₃ se computan en la Tabla 4.28 como parte del total producido.			

Tabla 4.29 – Emisiones de NH₃ atribuibles al uso de fertilizantes sobre pasturas y cultivos forrajeros. (Elaboración propia basada en datos de fuentes citadas).

4.5.2.2.5. Óxidos de nitrógeno (NO_x)

Los óxidos de nitrógeno (NO_x) son una de las formas de nitrógeno reactivo que se liberan a la atmósfera en forma de gas, provenientes de varios procesos que forman parte de las actividades del sector. Incluyen el monóxido de nitrógeno (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO₂).

Las fuentes antropogénicas vinculadas al sector bajo estudio son: quema de combustibles fósiles (energía, transporte, maquinaria rural, secado de granos, etc.), fertilización nitrogenada (química y orgánica), manejo del estiércol, y deposiciones directas de los animales en pastoreo (Leip, y otros, 2010).

Los efectos más conocidos del exceso de nitrógeno reactivo en el aire son aquellos vinculados a su relación con el ozono en las capas bajas de la atmósfera. En estas condiciones, el nitrógeno reactivo en la forma de NO_x (gas) es un contaminante que promueve la formación de ozono y smog, los cuales generan como consecuencia cuadros respiratorios que van desde asma hasta la muerte por exposiciones crónicas cuando entran en contacto con el recubrimiento de los pulmones. Asimismo, el nitrógeno reactivo en el aire y sus productos de reacción pueden agravar enfermedades cardiopulmonares y, como sucede en el caso del agua potable contaminada con este compuesto, existe una creciente evidencia de su conexión con varios tipos de cáncer. Los NO_x contribuyen además a la eutrofización y acidificación cuando retornan al suelo y a los cuerpos de agua tras ser arrastrados por las precipitaciones (Braun, 2007).

El volumen de NO_x calculado para el sector en el período analizado se detalla en la siguiente tabla (Haenel, y otros, 2014) (EEA, 2016):

Origen	Emisión de NO _x [tn/año]
Consumo directo de combustibles fósiles	44.775
Aplicación de fertilizantes nitrogenados	11.684
Generación de energía eléctrica	16.624
Estiércol (deposiciones y manejo)	4.042
Total	77.125

Tabla 4.30 – Emisiones de NO_x por origen. (Elaboración propia basada en datos de fuentes citadas).

4.5.2.2.6. Compuestos Orgánicos Volátiles Distintos del Metano (COVDM)

Los COVDM son una serie de compuestos orgánicos que difieren ampliamente en su composición química pero que muestran similares comportamientos cuando son liberados a la atmósfera. Una de las características de estos compuestos es que contribuyen a la formación de ozono a nivel del suelo (ozono troposférico), considerado un contaminante atmosférico de importancia por sus impactos adversos sobre la salud humana y la de otros seres vivos (EEA, 2017).

El volumen de COVDM calculado para el sector en el período analizado se detalla en la siguiente tabla (EEA, 2016) (Haenel, y otros, 2014):

Origen	COVDM [tn/año]	COVDM-eq [tn/año]
Consumo directo de combustibles fósiles	4.216	-
Generación de energía eléctrica	387	-
Estiércol (deposiciones y manejo)	428.531	-
Potencial de formación de ozono troposférico	-	447.131
Total	433.134	447.131

Tabla 4.31 – Emisiones de COVDM por origen. (Elaboración propia basada en datos de fuentes citadas).

4.5.2.2.7. Material particulado (PM)

El material particulado es un contaminante atmosférico que se encuentra ampliamente esparcido en el aire y está constituido por una mezcla de partículas sólidas y líquidas en suspensión. Para el sector bajo estudio también se incluyen los bioaerosoles formados por hongos, bacterias y endotoxinas (Jacobson, y otros, 2011). De estas partículas, las de relevancia para la salud son las PM₁₀ (diámetro menor a 10 µm), y las PM_{2,5} (diámetro menor a 2,5 µm), también llamadas partículas finas, que comprenden a las partículas ultrafinas con diámetros menores a 0,1 µm. Las partículas

cuyo diámetro se encuentra entre 0,1 y 1 μm pueden permanecer en suspensión en el aire durante semanas y pueden transportarse más allá de los límites de países, regiones o continentes como consecuencia de efectos atmosféricos. En la mayor parte de Europa, por ejemplo, las $\text{PM}_{2,5}$ constituyen del 50 al 70% de las PM_{10} , lo que nos permite visualizar la proporción de cada una de estas partículas en el aire.

En lo que respecta a las fuentes, el material particulado puede ser emitido al aire en forma directa (partículas primarias) o se puede formar en la atmósfera a partir de precursores gaseosos, como el SO_2 , los NO_x , el NH_3 y los COVDM (partículas secundarias).

No hay evidencias de un nivel seguro de exposición o un umbral por debajo del cual no ocurran efectos adversos en la salud. Estos efectos van desde morbilidad respiratoria y cardiovascular, reducción crónica del crecimiento de los pulmones en infantes y déficit en la función de los pulmones a largo plazo, hasta mortalidad por enfermedades respiratorias y cardiopulmonares, y cáncer de pulmón (WHO, 2013).

El volumen de PM calculado para el sector en el período analizado se detalla en la siguiente tabla (Goedkoop, y otros, 2013) (Haenel, y otros, 2014):

Origen	PM_{10} [tn/año]	$\text{PM}_{2,5}$ [tn/año]	$\text{PM}_{10}\text{-eq}$ [tn/año]
Consumo directo de combustibles fósiles	2.180	2.180	-
Generación de energía eléctrica	820	611	-
Estiércol (deposiciones y manejo)	10.708	7.026	-
Potencial de formación de PM	-	-	1.287.527
Total	13.708	9.817	1.287.527

Tabla 4.32 – Emisiones de Material Particulado por origen. (Elaboración propia basada en datos de fuentes citadas).

4.5.2.2.8. Efluentes líquidos

La mayor parte del agua potable (incluidas las precipitaciones) y agua de servicios consumida por el sector retorna al ambiente en forma de estiércol y aguas residuales. Estos efluentes alcanzan los cuerpos de agua superficial y subterránea a través de mecanismos directos e indirectos. Entre los directos encontramos: escurrimiento de establos, corrales y zonas de pastoreo, vuelco intencional de antiparasitarios externos (organofosforados, piretroides, etc.) de los baños de inmersión

directamente sobre el terreno o cuerpos de agua superficiales, filtraciones de las instalaciones de almacenamiento y tratamiento, deposición de las heces directamente en los cuerpos de agua, inundaciones ocasionales y consecuentes desbordes de lagunas de estabilización y tratamiento, y percolación profunda y transporte a través de las capas del suelo mediante las aguas de drenaje. Entre los indirectos podemos mencionar los efectos de las escorrentías y flujos superficiales procedentes de tierras de cultivo (FAO, 2006f).

Para el sector de cría y engorde, los efluentes contienen además residuos de fertilizantes y fitosanitarios provenientes de las tierras cultivadas. En lo que respecta al presente trabajo, solo consideraremos la porción correspondiente a pasturas y cultivos forrajeros que abastecen al sector.

Para el sector Mataderos y Frigoríficos los efluentes son ligeramente ácidos, con color, turbiedad y olor, ya que contienen sangre como principal contaminante, aguas de lavado del animal, faenado y vísceras, vómito de los animales, alto contenido graso, materia orgánica, restos verdes, residuos sólidos con restos de animales (cueros, pelos, etc.), estiércol y orín de los animales, alta carga de DBO₅ y DQO, sólidos gruesos, sólidos suspendidos, sólidos sedimentables, sulfuros, detergentes, microorganismos patógenos, bacterias coliformes, bacterias aeróbicas y potencialmente salmonella (MDSyMA).

Origen	Efluentes líquidos [m³/año]
Riego (pasturas + forrajes)	167.398.090.984
Mataderos/Frigoríficos (Proceso + limpieza de instalaciones y vehículos)	18.151.467
Orina (campo + corrales)	353.409.197
Total	167.769.651.648

Tabla 4.33 – Efluentes líquidos por origen. (Elaboración propia basada en datos de fuentes citadas).

4.5.2.2.9. Estiércol

El estiércol bovino es el mayor desecho producido en los agrosistemas. En promedio, un vacuno excreta por día entre 5 y 6% de su peso vivo, de los cuales 80 a 85% es orina y los restantes 15 a 20% son sólidos secos (Gil, 2006).

Al sector bajo análisis en el período estudiado se le imputan las siguientes cifras:

Denominación	Orina en campo [tn]	Orina en corral [tn]	Sólidos secos en campo [tn]	Sólidos secos en corral [tn]
Vaca	189.689.745	781.188	33.474.661	137.857
Vaquillona	36.696.749	800.438	6.475.897	141.254
Novillo	47.814.928	665.635	8.437.929	117.465
Novillito	34.914.808	1.082.539	6.161.437	191.036
Ternero	13.437.725	1.094.219	2.371.363	193.098
Ternera	9.174.593	1.612.707	1.619.046	284.595
Toro	14.469.104	97.771	2.553.371	17.254
Torito	979.022	6.307	172.769	1.113
Buey	91.720	0	16.186	0
Subtotal	347.268.395	6.140.803	61.282.658	1.083.671
Total	353.409.197		62.366.329	

Tabla 4.34 – Volumen anual de estiércol generado por el sector. (Elaboración propia basada en datos de fuentes citadas).

Un ejemplo de la tasa de acumulación de estiércol de un *feedlot* es que se necesitaría un área mil veces mayor que la de su propia superficie para la apropiada distribución de nutrientes a niveles que el suelo pudiera aprovecharlo como fertilizante. Si ese volumen de estiércol fuese aplicado en áreas menores, entonces el exceso permanecería en el terreno para ir incrementándose con las sucesivas aplicaciones, y estaría así disponible para la escorrentía, o se lixiviaría hasta alcanzar los cursos de agua subterráneos (Carpenter, y otros, 1998).

En Argentina el estiércol proveniente de distintas procedencias (bovinos, porcinos, equinos, aves, etc.) se utiliza como fertilizante solo en la producción frutihortícola, en muy bajo porcentaje respecto del generado. Los respectivos volúmenes se detallan en la siguiente tabla (FAO, 2004):

Cultivo	Área [ha]	Dosis [tn/ha]	Fertilizado [%]	Consumo [tn/año]
Frutales deciduos	156.500	15	30	704.250
Viña	199.700	10	25	499.250
Citrus	148.000	7	15	155.400
Cultivos horticolas	246.000	20	50	2.460.000
Total				3.818.900

Tabla 4.35 – Consumo estimado de estiércoles en la producción frutihortícola. (Elaboración propia basada en datos de fuentes citadas).

Si comparamos ambos volúmenes, observamos que el consumo no sobrepasa el 1% del total generado solo por el ganado bovino de carne.

4.5.2.2.10. Nutrientes: fósforo y nitrógeno

La escorrentía de los campos es, junto con la de las ciudades, la mayor fuente de fósforo (P) y nitrógeno (N) de origen antropogénico que ingresa a los cuerpos de agua dulce superficiales y, a través de ellos, a las costas de mares y océanos. El exceso de estos nutrientes constituye la principal causa del proceso de eutrofización. Este proceso se caracteriza por: rápido crecimiento de algas, disminución del oxígeno disuelto en el agua, aumento de la turbiedad, olor y sabor del agua, aumento de la toxicidad del agua para los organismos que viven en ella (peces, anfibios, insectos, corales, etc.) y para los que se sirven de ella (mamíferos incluidos los seres humanos, aves, reptiles, insectos, etc.), mortandad de dichos organismos y finalmente la desaparición del recurso en un breve lapso de tiempo con la consecuente pérdida del hábitat y la biodiversidad. Para los ecosistemas de agua dulce el fósforo es el elemento limitante de eutrofización, mientras que el nitrógeno lo es para los ecosistemas marinos (Carpenter, y otros, 1998) (Bouwman, y otros, 2013).

Por otra parte, el nitrógeno orgánico que se incorpora a los suelos es rápidamente transformado por bacterias a nitritos (NO_2^-) y nitratos (NO_3^-) muy solubles en agua, que alcanzan por lixiviación los cuerpos de agua subterráneos. Estos compuestos resultan tóxicos en determinadas concentraciones para los seres humanos y los mamíferos en general (Rodríguez, 2002).

Para el sector bajo estudio, la aplicación de fertilizantes nitrogenados y fosforados sintéticos sobre pasturas y cultivos forrajeros, el uso de estiércol en exceso sobre otros cultivos, así como las deposiciones directas del ganado bovino en campos y corrales, constituyen fuentes importantes de estos elementos, ya que un alto porcentaje del N y el P consumido por el ganado bovino como alimento y suplementos dietarios no es aprovechado por los animales y se excreta tal cual se consume (Laubach, y otros, 2012), (Gil, 2006).

A continuación se detallan los volúmenes de N y P obtenidos en la dieta (alimentos + suplementos) (Ciampitti, y otros, 2011) (Ciampitti, y otros, 2012) y los

emitidos al ambiente en forma directa por el estiércol y por el uso de fertilizantes sintéticos sobre pasturas y cultivos forrajeros:

Alimento	N [kg/tn]	P [kg/tn]
Alfalfa	27,0	2,8
Festuca alta	25,0	3,0
Soja	55,0	6,0
Maiz	15,0	3,0
Trigo	21,0	4,0
Sorgo	20,0	4,0
Girasol	24,0	7,0
Semillas de Algodón	70,0	13,0
Avena	20,0	3,0
Centeno	15,0	3,0
Cebada	15,0	3,0
Úrea	460,0	0,0

Tabla 4.36 – Contenido de nitrógeno y fósforo de algunos alimentos y suplementos presentes en la dieta. (Elaboración propia basada en datos de fuentes citadas).

Total consumido	N [tn/año]	P [tn/año]
Cria a campo	20.335.181	2.220.295
Engorde a corral	530.112	5.647

Tabla 4.37 – Volumen anual de nitrógeno y fósforo consumido por el sector como parte de la dieta. (Elaboración propia basada en datos de fuentes citadas).

Origen	% de lo consumido que es excretado [%]	Emisión de N [tn/año]	N incorporado al ecosistema / cultivo [tn/año]	N disponible escorrentía / lixiviación [tn/año]
Total excretado en campo	88,5	17.996.635	2.937.468	1.522.142
Heces	19,7	4.006.031	S/D	S/D
Orina	68,8	13.990.605	S/D	S/D
Total excretado en corral	88,5	469.149	76.576	39.680
Heces	19,7	104.432	S/D	S/D
Orina	68,8	364.717	S/D	S/D
Total		18.465.784		1.561.823
S/D: sin datos				

Tabla 4.38 – Volumen anual de nitrógeno emitido al ambiente bajo la forma de estiércol. (Elaboración propia basada en datos de fuentes citadas).

Fuente	Consumo total [tn/año]	Porción alimento para ganado [tn/año]	Emisión N [tn/año]	N incorporado al cultivo [tn/año]	N disponible escorrentía / lixiviación [tn/año]
Fertilizantes nitrogenados sintéticos	1.264.407	292.112	116.784	Variable s/cultivo	8.911
Fertilización con estiércol ⁽¹⁾	3.818.000	-	En Tabla 4.38	Variable s/cultivo	En Tabla 4.38
Total			116.784		8.911

(1) A nivel local la fertilización con estiércol se emplea mayormente en la producción frutihortícola, por ende no presenta valores significativos en la alimentación del ganado.

Tabla 4.39 – Volumen anual de nitrógeno emitido al ambiente por la aplicación de fertilizantes sobre pasturas y cultivos forrajeros. (Elaboración propia basada en datos de fuentes citadas).

Origen	% de lo consumido que es excretado [%]	Emisión de P [tn/año]	P incorporado al ecosistema / cultivo [tn/año]	P disponible escorrentía / lixiviación [tn/año]
Total excretado en campo	90,0	1.998.266	671.634	141.397
Heces	S/D	S/D	S/D	S/D
Orina	S/D	S/D	S/D	S/D
Total excretado en corral	90,0	5.082	1.708	360
Heces	S/D	S/D	S/D	S/D
Orina	S/D	S/D	S/D	S/D
Total		2.003.348		141.756

S/D: sin datos

Tabla 4.40 – Volumen anual de fósforo emitido al ambiente bajo la forma de estiércol. (Elaboración propia basada en datos de fuentes citadas).

Fuente	Consumo total [tn/año]	Porción alimento para ganado [tn/año]	Emisión P [tn/año]	P incorporado al cultivo [tn/año]	P disponible escorrentía / lixiviación [tn/año]
Fertilizantes fosforados sintéticos	1.215.684	188.025	50.297	Variable s/cultivo	2.931
Fertilización con estiércol ⁽¹⁾	3.818.000	-	En Tabla 4.40	Variable s/cultivo	En Tabla 4.40
Total			50.297		2.931

(1) A nivel local la fertilización con estiércol se emplea mayormente en la producción frutihortícola, por ende no presenta valores significativos en la alimentación del ganado.

Tabla 4.41 – Volumen anual de fósforo emitido al ambiente por la aplicación de fertilizantes sobre pasturas y cultivos forrajeros. (Elaboración propia basada en datos de fuentes citadas).

4.5.2.2.11. Metales pesados

Los metales pesados producto de la actividad pecuaria llegan al ambiente a través de distintas fuentes, entre las cuales podemos mencionar: el agregado en la dieta del ganado como suplemento a concentraciones muy bajas ya sea por salud o como promotores del crecimiento y el posterior uso del estiércol como fertilizante orgánico, y

el uso de fertilizantes minerales y productos fitosanitarios con contenidos variables de estos elementos sobre pasturas y cultivos forrajeros. Dentro de este grupo químico podemos listar, entre otros: cadmio (Cd), cobre (Cu), cinc (Zn), plomo (Pb), níquel (Ni), cromo (Cr) y mercurio (Hg) (Nemecek, y otros, 2015). A continuación detallamos los volúmenes emitidos al ambiente en el período bajo análisis:

Origen	Cd [kg]	Cu [kg]	Zn [kg]	Pb [kg]	Ni [kg]	Cr [kg]	Hg [kg]
Estiércol							
Sólidos secos en campo	10,11	1.564.240	7.573.004	203.305	245.131	211.425	27.577
Sólidos secos en corral	179	27.661	133.915	3.595	4.335	3.739	488
Subtotal estiércol	10.290	1.591.901	7.706.919	206.900	249.465	215.164	28.065
Fertilizantes							
Urea	11	1.279	9.382	234	427	427	0
Mercado Nitrogenados (sin Urea)	5	597	2.198	104	615	159	0
Mercado Fosforados	2.701	7.066	36.157	7.392	5.063	144.080	0
Mercado Potásicos	0	0	0	0	0	0	0
Subtotal fertilizantes	2.717	8.943	47.737	7.730	6.104	144.665	0
Total	13.007	1.600.844	7.754.656	214.630	255.570	359.829	28.065

Tabla 4.42 – Volumen anual de metales pesados emitido al ambiente por el estiércol y la aplicación de fertilizantes minerales sobre pasturas y cultivos forrajeros. (Elaboración propia basada en datos de fuentes citadas).

Los metales pesados, una vez emitidos al ambiente, tienden a ser absorbidos por la materia orgánica del suelo y las partículas de polvo. De esta forma, son más susceptibles de ser transportados por la escorrentía o el viento y pueden impactar sobre los cursos de agua superficiales y su vida acuática, para la que resultan altamente tóxicos (Miller, 2001).

4.5.2.2.12. Envases de agroquímicos y de medicamentos veterinarios

Para el período bajo estudio, del total de las 7000 toneladas anuales de envases vacíos de agroquímicos (León, 2014), al sector ganadero bovino de carne se le imputan 619 toneladas de envases plásticos y 141 toneladas de envases de vidrio, lata y cartón.

El tratamiento inadecuado de estos envases presenta riesgos a la salud pública, la fauna y otros seres vivos y constituye un potencial contaminante del suelo, el aire y el agua. Estos envases suelen abandonarse, quemarse a cielo abierto, enterrarse, reciclarse en la fabricación de juguetes, cotillón, etc., o reutilizarse como envases para distintos usos.

El correcto tratamiento incluye el triple lavado, la inutilización por perforado, almacenamientos provisorios seguros y su eliminación definitiva. Estos procesos insumen recursos (agua, energía, combustibles, etc.) y generan emisiones gaseosas, efluentes líquidos y residuos sólidos que deben ser tratados. Su determinación queda fuera del alcance del presente trabajo.

4.5.2.3. Sumario

Los valores del ICV hasta aquí presentados se agrupan en la siguiente tabla resumen, la cual incluye además las cifras correspondientes a 1 kg y al “Flujo de referencia A”:

Sector: industria cárnica bovina	Totales del sector		Totales para 1 kg		Totales para el "Flujo de ref. A"	
	Unidad	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad	Cantidad
Entradas						
Alimento	tn MS	194.269.395	kg MS	48,86	kg MS	3,97E+00
Agua	m ³	168.417.471.363	lts	42.357,17	lts	3,44E+03
Combustibles fósiles	tn	5.480.600	kg	1,378	kg	1,12E-01
Energía eléctrica	MWh	27.274.894	kWh	6,86	kWh	5,58E-01
Sales minerales y suplementos	tn	3.673.657	kg	0,92	kg	7,51E-02
Medicamentos veterinarios	tn	310.981	kg	0,078	kg	6,36E-03
Fluidos frigorígenos	tn	73	kg	0,000018	kg	1,50E-06
Productos químicos	tn	6.388	kg	0,00161	kg	1,31E-04
Salidas						
Dióxido de carbono (CO ₂)	tn	63.615.692	kg	16,00	kg	1,30E+00
Metano (CH ₄)	tn	2.646.873	kg	0,67	kg	5,41E-02
Óxido nitroso (N ₂ O)	tn	87.964	kg	0,0221	kg	1,80E-03
CO ₂ -eq	tn	146.468.877	kg	36,84	kg	2,99E+00
Amoníaco (NH ₃)	tn	4.140.713	kg	1,04	kg	8,47E-02
Monóxido de carbono (CO)	tn	19.196	kg	0,0048	kg	3,93E-04
Óxidos de nitrógeno (NO _x)	tn	77.125	kg	0,0194	kg	1,58E-03
Comp. Org. Volát. Distintos del Metano (COVDM)	tn	433.134	kg	0,109	kg	8,85E-03
Potencial de formación de ozono troposférico	tn	447.131	kg	0,112	kg	9,14E-03
Material particulado PM ₁₀	tn	10.807	kg	0,00272	kg	2,21E-04
Material particulado PM _{2,5}	tn	7.113	kg	0,00179	kg	1,45E-04
Potencial de formación de PM	tn	1.287.527	kg	0,324	kg	2,63E-02
Efluentes líquidos	m ³	167.769.651.648	lts	42.194,24	lts	3,43E+03
Estiércol	tn	415.775.526	kg	104,57	kg	8,50E+00
Nitrógeno	tn	1.570.734	kg	0,395	kg	3,21E-02
Fósforo	tn	144.687	kg	0,0364	kg	2,96E-03
Metales pesados	tn	10.237	kg	0,00257	kg	2,09E-04
Envases de agroquímicos y medicamentos veterinarios	tn	760	kg	0,000191	kg	1,55E-05

Tabla 4.43 – Inventario de ciclo de vida del sector “Industria cárnica bovina”.

4.5.3. Evaluación de Impacto de Ciclo de Vida (EICV)

Esta fase del ACV tiene como propósito traducir los resultados del ICV en impactos observables a través de la clasificación y caracterización de los impactos

ambientales potenciales del sistema producto considerado durante su ciclo de vida. Para entender estos impactos, el proceso de EICV implica la asociación de los datos del inventario con las categorías de impactos ambientales específicos y con los indicadores de esas categorías, proporcionando además información para la fase de interpretación de ciclo de vida (ISO 14040).

4.5.3.1. Perfil ambiental

A continuación se presenta el perfil ambiental para el “Flujo de referencia A” que hemos obtenido mediante la aplicación del método ReCiPe 2008 (Revisión febrero 2013) según la perspectiva Jerárquica:

Categoría de impacto de punto intermedio	Unidad	Indicador
Cambio climático	kg (CO ₂ -eq al aire)	3,04E+00
Agotamiento de ozono	kg (CFC-11-eq al aire)	0,00E+00
Acidificación terrestre	kg (SO ₂ -eq al aire)	2,08E-01
Eutrofización de agua dulce	kg (P al agua dulce)	1,48E-04
Eutrofización marina	kg (N al agua marina)	1,04E-02
Toxicidad humana	kg (1,4-DCB al aire urbano)	6,76E-03
Formación de oxidantes fotoquímicos	kg (COVDM al aire)	1,10E-02
Formación de material particulado	kg (PM ₁₀ al aire)	2,74E-02
Ecotoxicidad terrestre	kg (1,4-DCB al suelo industrial)	3,44E-02
Ecotoxicidad de agua dulce	kg (1,4-DCB al agua dulce)	3,48E-05
Ecotoxicidad marina	kg (1,4-DCB al agua marina)	1,19E-05
Radiación ionizante	kg (U235 al aire)	0,00E+00
Ocupación de tierras agrícolas	m ² x año (tierras agrícolas)	2,39E+00
Ocupación de tierras urbanas	m ² x año (tierras urbanas)	0,00E+00
Transformación de tierras naturales	m ² (tierras naturales)	4,58E-02
Agotamiento de agua	m ³ (agua)	3,44E+00
Agotamiento de recursos minerales	kg (Fe)	0,00E+00
Agotamiento de recursos fósiles	kg (crudo)	1,00E-01

Tabla 4.44 – Perfil ambiental correspondiente al “Flujo de referencia A”, indicadores de categoría de impacto de punto intermedio, perspectiva Jerárquica.

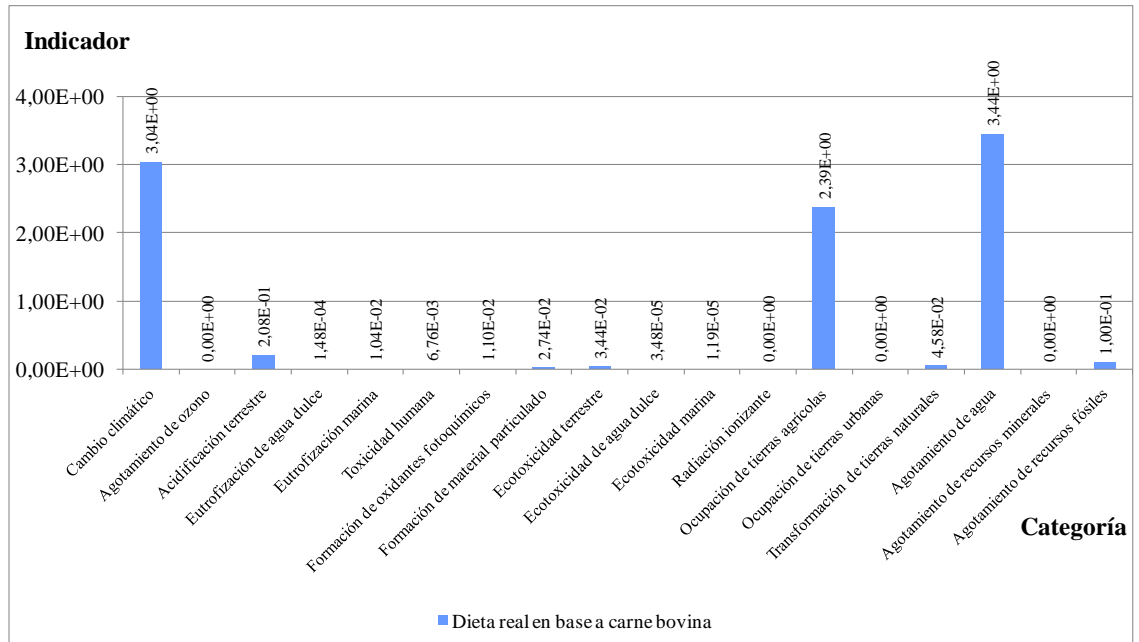


Figura 4.2 – Gráfico del perfil ambiental correspondiente al “Flujo de referencia A”, indicadores de categoría de impacto de punto intermedio, perspectiva Jerárquica

Categoría de impacto de punto final	Unidad	Indicador
Daño a la salud humana	años	1,14E-05
Daño a la diversidad ecosistémica	años	1,08E+01
Daño a la disponibilidad de recursos	\$	1,66E-02

Tabla 4.45 – Perfil ambiental correspondiente al “Flujo de referencia A”, indicadores de categoría de impacto de punto final, perspectiva Jerárquica.

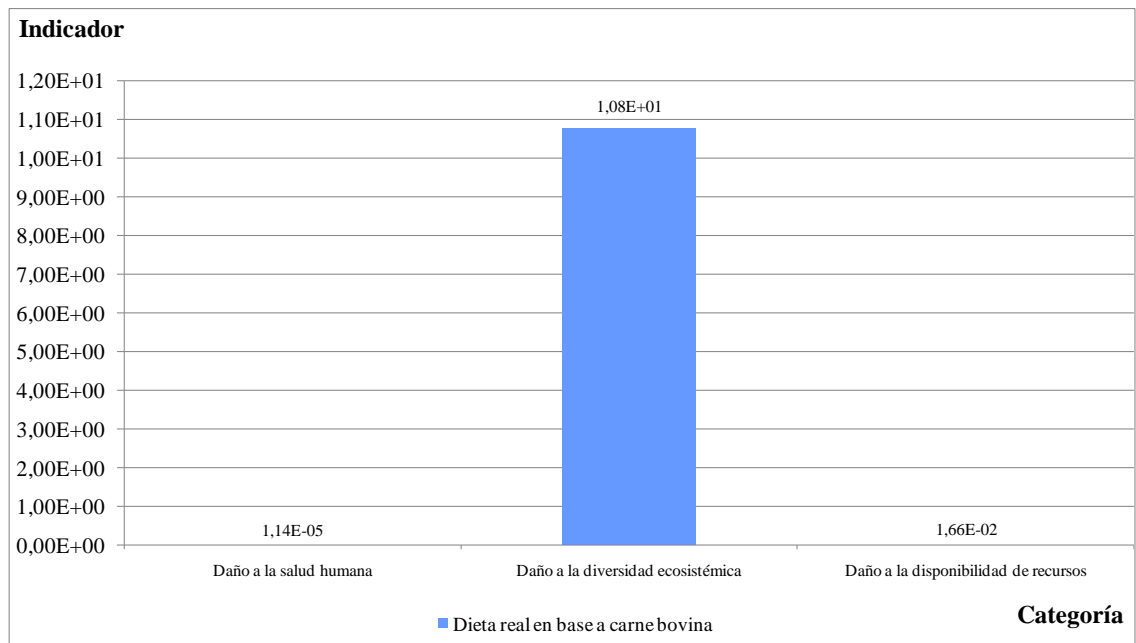


Figura 4.3 – Gráfico del perfil ambiental correspondiente al “Flujo de referencia A”, indicadores de categoría de impacto de punto final, perspectiva Jerárquica.

4.5.4. Interpretación

En esta fase del ACV se evalúan los hallazgos del análisis de inventario o de la evaluación de impacto, o ambos, en relación con el objetivo y el alcance definidos, con el fin de arribar a conclusiones y enunciar recomendaciones (ISO 14040).

4.5.4.1. Interpretación de los resultados

Mediante el análisis de las cifras hasta aquí presentadas, podemos inferir que la industria cárnica bovina en el territorio argentino podría presentar ineficiencias a lo largo de su proceso productivo, las cuales le son intrínsecas y estarían íntima y principalmente ligadas a sus características y a su magnitud. Estas ineficiencias se explicarían por su aparentemente elevado consumo de agua dulce, alimento, energía eléctrica, combustibles fósiles, medicamentos veterinarios y productos químicos, ocupación tierras rurales y expansión de sus fronteras, además de la generación de emisiones gaseosas, efluentes líquidos y residuos sólidos, cuyo destino final es la biósfera incluido el ser humano y las demás especies que la componen.

Los impactos asociados a estas posibles ineficiencias se harán aún más evidentes cuando realicemos a continuación un análisis comparativo con la alternativa propuesta, la cual consiste en legumbres y cereales.

4.6. Escenario de aporte energético con legumbres y cereales

Uno de los objetivos específicos de esta tesis consiste en comparar el impacto ambiental producido por el sector de carne bovina frente al correspondiente a una dieta basada en alimentos de origen vegetal con aporte energético equivalente.

Las combinaciones balanceadas de legumbres y cereales aportan en promedio alrededor de 240% más energía que la carne bovina, debido a sus valores superiores de proteínas, grasas y carbohidratos (Burgess, y otros, 2006). Basándonos en estas propiedades, la alternativa propuesta incluye estos dos grupos de alimentos en tal cantidad necesaria que garantice valores de energía equivalentes.

Como vimos a lo largo del inventario elaborado para el sector bajo estudio, una parte importante del alimento consumido por el ganado bovino de carne consiste precisamente en legumbres y cereales. Gracias a ello, el mencionado inventario nos

brinda la facilidad de poder tomar los valores necesarios y, en función de los nuevos consumos, calcular las cifras para la alternativa propuesta.

Definimos entonces un nuevo flujo de referencia:

Flujo de referencia B: porción combinada de legumbres y cereales que cubre los valores de energía de la UF. Peso de la porción 0,034 kg (calculado sobre un promedio de 295,0 kcal por cada 100 g de producto) (Burgess, y otros, 2006).

Si tomamos como base estos valores de energía, concluimos que, para reemplazar el consumo anual total de carne bovina sin hueso en Argentina (ver Tabla 4.4), se necesitarían 798.791 tn/año del producto alternativo. Las cifras del nuevo inventario se muestran en la siguiente tabla resumen:

Sector: legumbres y cereales	Totales del sector ⁽¹⁾		Totales para 1 kg		Totales para el "Flujo de ref. B"	
	Unidad	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad	Cantidad
Entradas						
Agua	m ³	795.602.160	lts	9,96E-01	lts	3,38E-02
Combustibles fósiles	tn	24.486	kg	3,07E-05	kg	1,04E-06
Energía eléctrica	MWh	121.943	kWh	1,53E-04	kWh	5,17E-06
Salidas						
Dióxido de carbono (CO ₂)	tn	92.119	kg	1,15E-04	kg	3,91E-06
Óxido nitroso (N ₂ O)	tn	100	kg	1,25E-07	kg	4,23E-09
CO ₂ -eq	tn	123.044	kg	1,54E-04	kg	5,22E-06
Amoníaco (NH ₃)	tn	45	kg	5,58E-08	kg	1,89E-09
Monóxido de carbono (CO)	tn	88	kg	1,10E-07	kg	3,72E-09
Óxidos de nitrógeno (NO _x)	tn	278	kg	3,48E-07	kg	1,18E-08
Comp. Org. Volát. Distintos del Metano (COVDM)	tn	21	kg	2,66E-08	kg	9,03E-10
Potencial de formación de ozono troposférico	tn	299	kg	3,75E-07	kg	1,27E-08
Material particulado PM ₁₀	tn	14	kg	1,73E-08	kg	5,85E-10
Material particulado PM _{2,5}	tn	13	kg	1,61E-08	kg	5,45E-10
Potencial de formación de PM	tn	72	kg	9,04E-08	kg	3,07E-09
Efluentes líquidos	m ³	795.602.160	lts	9,96E-01	lts	3,38E-02
Nitrógeno	tn	42	kg	5,30E-08	kg	1,80E-09
Fósforo	tn	14	kg	1,74E-08	kg	5,91E-10
Metales pesados	tn	1	kg	1,30E-09	kg	4,39E-11
Envases de agroquímicos	tn	4	kg	4,52E-09	kg	1,53E-10
(1) Totales del sector para un consumo de energía (kcal) equivalente a la que suministra el consumo total de carne bovina.						

Tabla 4.46 – Inventario de ciclo de vida para la alternativa “Legumbres y Cereales”

Al igual que en el caso del “Flujo de referencia A” oportunamente definido para la industria cárnica bovina, obtenemos el perfil ambiental correspondiente al “Flujo de referencia B” mediante la aplicación del método ReCiPe 2008 (Revisión febrero 2013)

según la perspectiva Jerárquica. Los respectivos indicadores se detallan en la siguiente tabla:

Categoría de impacto de punto intermedio	Unidad	Indicador
Cambio climático	kg (CO ₂ -eq al aire)	5,17E-03
Agotamiento de ozono	kg (CFC-11-eq al aire)	0,00E+00
Acidificación terrestre	kg (SO ₂ -eq al aire)	1,12E-05
Eutrofización de agua dulce	kg (P al agua dulce)	3,13E-08
Eutrofización marina	kg (N al agua marina)	7,66E-07
Toxicidad humana	kg (1,4-DCB al aire urbano)	6,66E-05
Formación de oxidantes fotoquímicos	kg (COVDM al aire)	1,27E-05
Formación de material particulado	kg (PM ₁₀ al aire)	4,19E-06
Ecotoxicidad terrestre	kg (1,4-DCB al suelo industrial)	3,34E-04
Ecotoxicidad de agua dulce	kg (1,4-DCB al agua dulce)	3,43E-07
Ecotoxicidad marina	kg (1,4-DCB al agua marina)	1,17E-07
Radiación ionizante	kg (U235 al aire)	0,00E+00
Ocupación de tierras agrícolas	m ² x año (tierras agrícolas)	7,01E-03
Ocupación de tierras urbanas	m ² x año (tierras urbanas)	0,00E+00
Transformación de tierras naturales	m ² (tierras naturales)	3,71E-05
Agotamiento de agua	m ³ (agua)	3,38E-02
Agotamiento de recursos minerales	kg (Fe)	0,00E+00
Agotamiento de recursos fósiles	kg (crudo)	9,26E-04

Tabla 4.47 – Perfil ambiental correspondiente al “Flujo de referencia B”, indicadores de categoría de impacto de punto intermedio, perspectiva Jerárquica

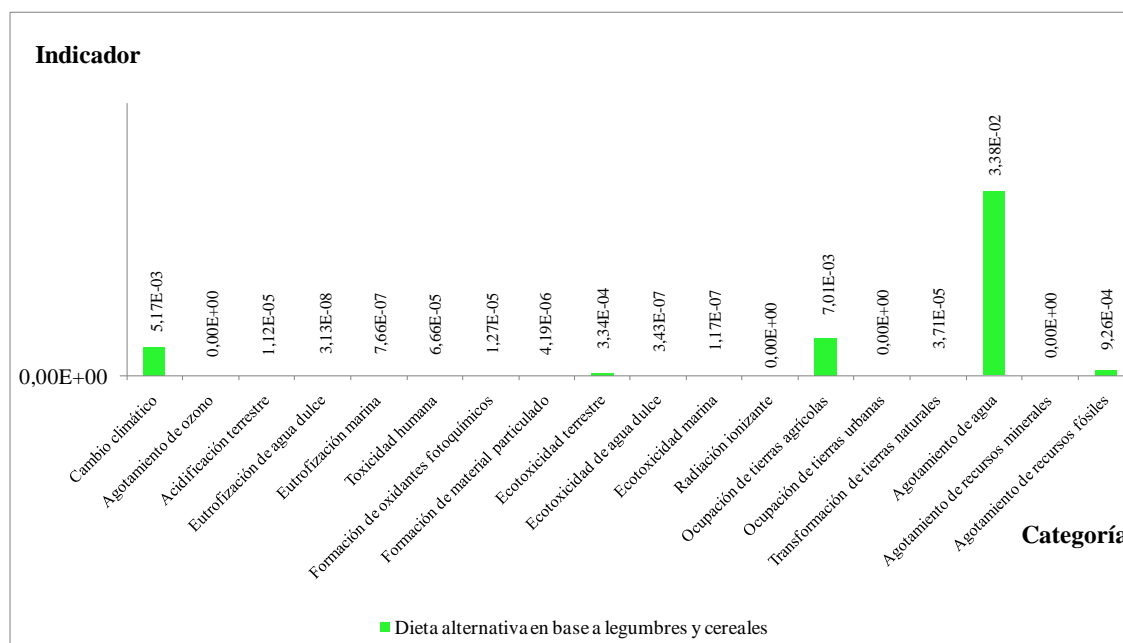


Figura 4.4 – Gráfico del perfil ambiental correspondiente al “Flujo de referencia B”, indicadores de categoría de impacto de punto intermedio, perspectiva Jerárquica.

Categoría de impacto de punto final	Unidad	Indicador
Daño a la salud humana	años	8,38E-09
Daño a la diversidad ecosistémica	años	1,90E-02
Daño a la disponibilidad de recursos	\$	1,53E-04

Tabla 4.48 – Perfil ambiental correspondiente al “Flujo de referencia B”, indicadores de categoría de impacto de punto final, perspectiva Jerárquica.

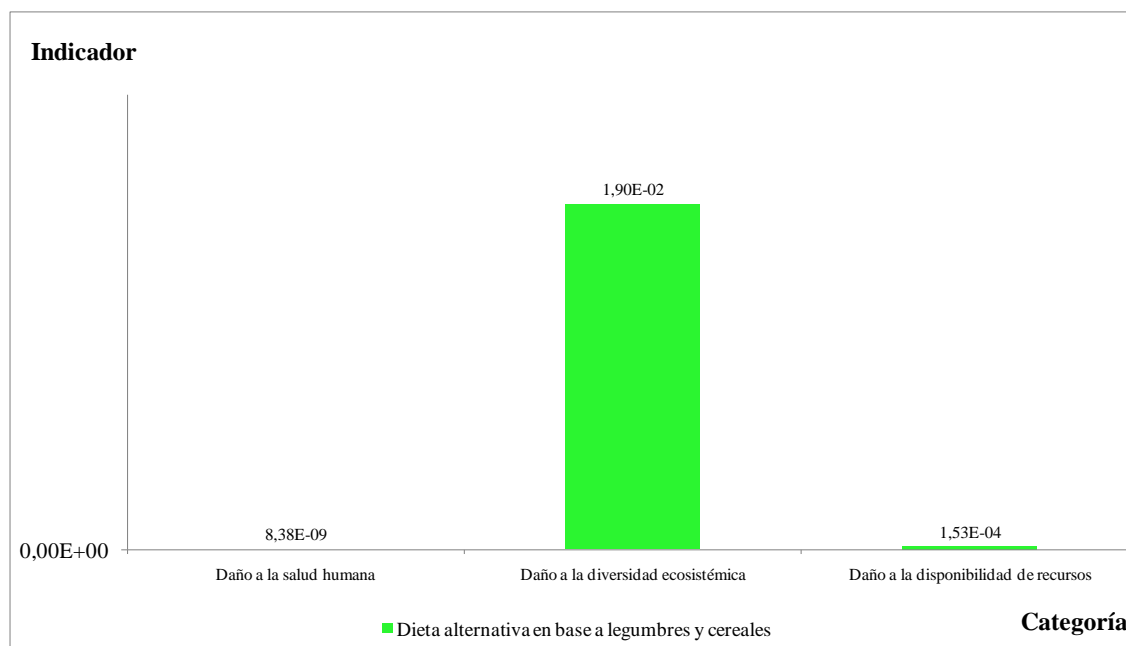


Figura 4.5 – Gráfico del perfil ambiental correspondiente al “Flujo de referencia B”, indicadores de categoría de impacto de punto final, perspectiva Jerárquica.

4.7. Análisis e interpretación de resultados

Luego de realizar un análisis comparativo del perfil ambiental de ambos productos, podemos concluir que:

- En el caso de las categorías de impacto de punto intermedio, según la perspectiva Jerárquica:

Una dieta basada en el consumo de carne bovina genera un impacto sobre	Cambio climático	588,52	que es	veces mayor que el que genera una dieta saludable y equilibrada basada en legumbres y cereales con un aporte de energía equivalente.
	Agotamiento de ozono	-		
	Acidificación terrestre	18.519,92		
	Eutrofización de agua dulce	4.727,06		
	Eutrofización marina	13.564,79		
	Toxicidad humana	101,38		
	Formación de oxidantes fotoquímicos	863,88		
	Formación de material particulado	6.542,88		
	Ecotoxicidad terrestre	103,02		
	Ecotoxicidad de agua dulce	101,38		
	Ecotoxicidad marina	101,38		
	Radiación ionizante	-		
	Ocupación de tierras agrícolas	340,26		
	Ocupación de tierras urbanas	-		
	Transformación de tierras naturales	1.234,24		
	Agotamiento de agua	102,00		
	Agotamiento de recursos minerales	-		
Agotamiento de recursos fósiles	108,07			

Tabla 4.49 – Análisis comparativo de perfiles ambientales para ambos productos. Categorías de impacto de punto intermedio.

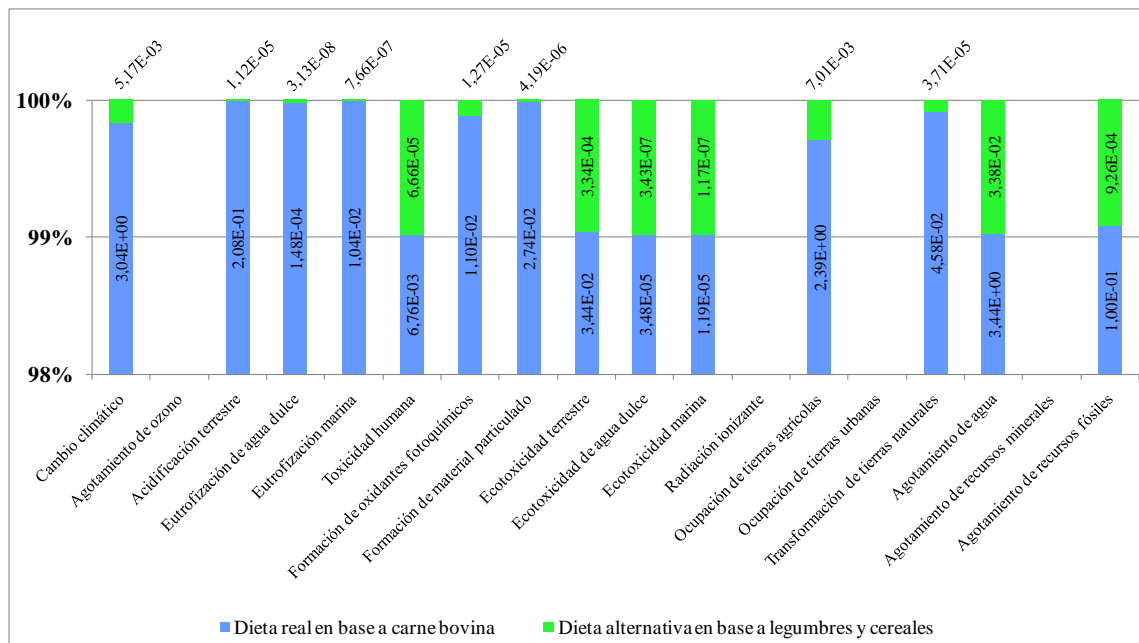


Figura 4.6 – Gráfico comparativo de perfiles ambientales para ambos productos. Categorías de impacto de punto intermedio, perspectiva Jerárquica.

- Y en el caso de las categorías de impacto de punto final, según la perspectiva Jerárquica:

Una dieta basada en el consumo de carne bovina provoca un	Daño a la salud humana	que es	1.360,91	veces mayor que el que provoca una dieta saludable y equilibrada basada en legumbres y cereales con un aporte de energía equivalente.
	Daño a la diversidad ecosistémica		567,28	
	Daño a la disponibilidad de recursos		108,07	

Tabla 4.50 – Análisis comparativo de perfiles ambientales para ambos productos. Categorías de impacto de punto final.

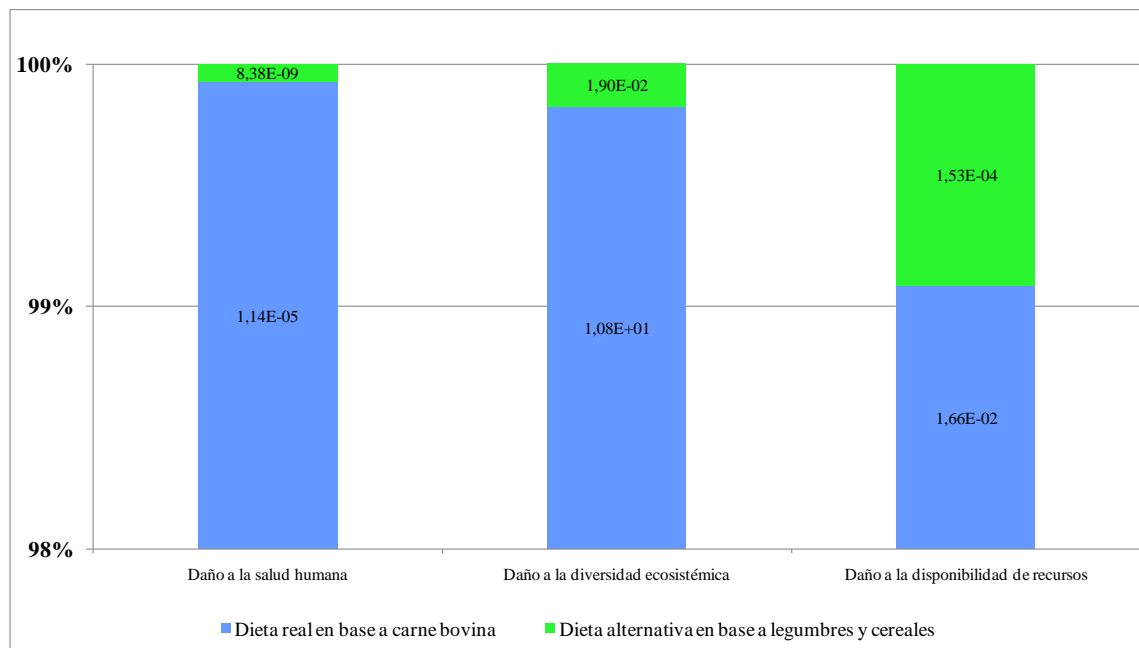


Figura 4.7 – Gráfico comparativo de perfiles ambientales para ambos productos. Categorías de impacto de punto final, perspectiva Jerárquica.

Finalmente, presentamos algunos ejemplos que servirán para entender aún mejor la magnitud del uso de recursos y las emisiones al ambiente provenientes del sector bajo estudio:

Ejemplo 1: Uso de agua potable

- Si tenemos en cuenta que el consumo humano directo promedio por habitante y por día en Argentina alcanza valores de entre 180 y 250 litros (Calcagno, y otros, 2000) (Bauer, y otros, 2010), y que en 2014 la población del país era de 42.669.500 habitantes (INDEC, 2013), concluimos que en ese año el

consumo total de agua potable fue de 3.348.489.013 m³. Comparando ambas cifras, observamos que el agua consumida anualmente por el ganado bovino de carne equivaldría a 50 años y 4 meses de provisión de agua potable para consumo humano directo para el total de la población.

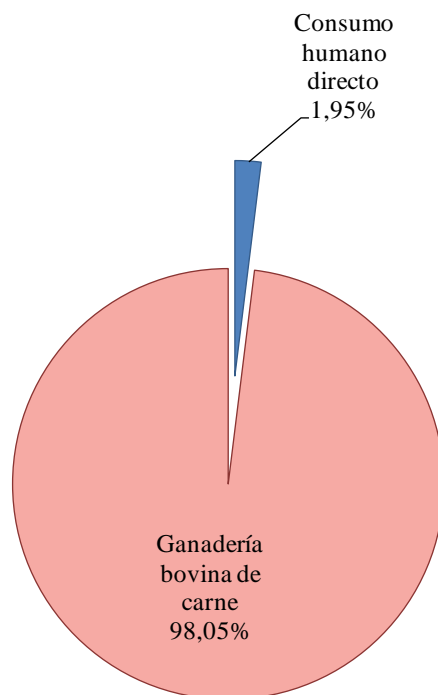


Figura 4.8 – Gráfico de consumos de agua potable comparados. (Elaboración propia basada en datos de fuentes citadas).

- Una canilla domiciliaria estándar totalmente abierta eroga un caudal de aproximadamente 0,5 m³ por hora. Si cada habitante del país dejara abierta una canilla, se necesitarían 7.675 horas o 320 días para igualar el consumo anual del sector.
- Las plantas potabilizadoras Gral. San Martín, Gral. Belgrano y Juan Manuel de Rosas, que juntas abastecen a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y el Conurbano Bonaerense, potabilizan 2.153.500.000 m³/año. Para igualar el consumo anual del sector, las tres plantas deberían funcionar en conjunto a plena capacidad durante 78,2 años.
- El agua consumida anualmente por el sector equivale a:
 - 0,00021 veces el agua dulce total de Argentina, o
 - 0,77 veces el volumen del Lago Argentino, o

- 1,93 veces el volumen del Lago Nahuel Huapi, u
- 11,63 veces el volumen de la Laguna Mar Chiquita, o
- 3,56 años del caudal medio de las Cataratas del Iguazú.

Ejemplo 2: Emisiones GEI

Si realizamos una comparativa de las emisiones GEI del sector bovino de carne con las correspondientes al transporte automotor, y tomando como referencia un automóvil mediano estándar que utilice nafta como combustible, y que recorra una distancia anual promedio de 10.000 km conducido económicamente, concluimos que la industria cárnica bovina en Argentina emite el equivalente a más de 90.000.000 de automóviles. En el período analizado, año 2014, circulaban en nuestro país cerca de 10.000.000 de automóviles de ese segmento.

Bibliografía

Airgas. 2016. *Halocarbon 22 (Chlorodifluoromethane) Safety Data Sheet.* s.l. : Airgas, 2016. pág. 11. Disponible en: <https://www.airgas.com/msds/001016.pdf>.

Albrieu, J., Cortés, A. y Sánchez, J. 2009. *El transporte de ganado bovino en la República Argentina.* Centro Tecnológico de Transporte, Tránsito y Seguridad Vial (C3T), Universidad Tecnológica Nacional (UTN). 2009. pág. 14. Disponible en: <http://c3t.fra.utn.edu.ar/wp-content/uploads/2009/09/El-transporte-de-ganado-bovino-en-la-Argentina.pdf>.

Álvarez-Chávez, C. R., Flores-Soto, A. A. y Pérez-Ríos, R. 2011. *Análisis de ciclo de vida de la carne bovino en Sonora: etapa de sacrificio.* Universidad de Sonora, México. 2011. pág. 6. Disponible en: http://www.advancesincleanerproduction.net/third/files/sessoes/5A/6/Alvarez-Chavez_CR%20-%20Paper%20-%205A6.pdf.

AMI. 2011. *The Facts About Antibiotics in Livestock & Poultry Production.* American Meat Institute. 2011. pág. 7. Disponible en: <https://www.meatinstitute.org/index.php?ht=a/GetDocumentAction/i/99943>.

Aparicio-Medina, J.M., y otros. 2011. *Impacto de la Ivermectina sobre el ambiente.* Nicaragua : Universidad Nacional Agraria, 2011. pág. 64. Disponible en: <http://revistasnicaragua.net.ni/index.php/CALERA/article/view/208/207>. ISSN 1998 - 8850.

APrA. 2012. *Investigación sobre el sector productivo Frigoríficos.* Centro de Economía Verde. Agencia de Protección Ambiental. Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. 2012. Disponible en: http://www.buenosaires.gob.ar/sites/gcaba/files/informe_sectorial_-_frigorificos.pdf.

Ayerza, Rómulo. 2002. *La producción de carne bajo riego en Junin, Buenos Aires.* 2002. págs. 1-5. Disponible en: http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_pastoril_o_a_campo/51-carne_riego.pdf.

Baht, Mahadev G., y otros. 1994. *Energy in synthetic fertilizers and pesticides: revisited.* Department of Agricultural Economics and Rural Sociology, The University of Tennessee. 1994. págs. 33-34. Disponible en: <https://www.osti.gov/scitech/servlets/purl/10120269>.

Barra, Fernando. 2005. *Manejo de la alimentación de animales a corral.* 2005. pág. 2. Disponible en: http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_a_corral_o_feedlot/01-manejo_alimentacion_a_corral.pdf.

- Bauer, Conrado E., y otros. 2010.** *La cuestión del agua*. Academias Nacionales de Ciencias Económicas, Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, e Ingeniería. 2010. pág. 23. Disponible en: <http://exactas.uba.ar/download.php?id=2096>. ISBN 978-987-595-130-3.
- Bauer, Dennis, Rush, Iván y Rasby, Rick. 2009.** *Minerales y vitaminas en bovinos de carne*. Universidad de Nebraska (EE.UU.). 2009. págs. 1-6. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/118-minerales_vitaminas-Nebraska.pdf.
- Bengoa, X., y otros. 2015.** *World food LCA database. Methodological Guidelines for the Life Cycle Inventory of Agricultural Products. Version 3.0*. Quantis and Agroscope. Lausanne and Zurich, Switzerland : s.n., 2015. pág. 29. Disponible en: http://www.quantis-intl.com/microsites/wflldb/files/WFLDB_MethodologicalGuidelines_v3.0.pdf.
- Berra, Guillermo y Finster, Laura. 2002.** *Emisiones de gases de efecto invernadero; Influencia de la ganadería argentina*. Instituto de Patobiología, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). 2002. págs. 1-4. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/sustentabilidad/50-efecto_invernadero.pdf.
- Bertín, O. D. y Scheneiter, J. O. 2005.** *Producción de forraje y carne con pasturas mezcla de alfalfa y festuca alta*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). 2005. pág. 1. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_alfalfa/16-alfa_festuca.pdf.
- Betteridge, K., y otros. 2013.** *Why we need to know what and where cows are urinating*. New Zealand Grassland Association. 2013. pág. 119. Disponible en: http://www.grassland.org.nz/publications/nzgrassland_publication_2538.pdf.
- Bolsa-de-Cereales. 2014.** *Número estadístico 2013/2014*. Bolsa de Cereales. 2014. Disponible en: http://bolsadecereales.com.ar/greenstone/collect/pubper/index/assoc/HASHd853.dir/Nu_mero%20estadistico%202013-2014.pdf.
- Bottcher, Robert W. 2001.** *An environmental nuisance: odor concentrated and transported by dust*. Oxford Academic. s.l. : Chemical Senses No.26, 2001. págs. 327-331. Disponible en: <https://academic.oup.com/chemse/article-lookup/doi/10.1093/chemse/26.3.327>. ISSN 0379-864X / EISSN 1464-3553.
- Bouwman, Lex, y otros. 2013.** *Exploring global changes in nitrogen and phosphorus cycles in agriculture induced by livestock production over the 1900–2050 period*. 2013. págs. 20882-20883. Disponible en: <http://www.pnas.org/content/110/52/20882.full.pdf>.
- Boxall, A.B.A., y otros. 2002.** *Review of Veterinary Medicines in the Environment*. Environmental Agency UK. 2002. págs. 33-35, 67-73. Disponible en:

https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/290328/s-p6-012-8-tr-e-e.pdf. ISBN 1 85705 780 5.

Boxall, Alistair B.A. 2004. *The environmental side effects of medication*. EMBO. 2004. págs. 1113-1114. Disponible en:
<http://embor.embopress.org/content/embor/5/12/1110.full.pdf>.

Braun, Elizabeth. 2007. *Reactive nitrogen in the environment. Too much or too little of a good thing*. The Woods Hole Research Center, United Nations Environment Programme (UNEP). 2007. págs. 5, 12 y 19. Disponible en: ISBN: 978 92 807 2783 8.

Burgess, Ann y Glasauer, Peter. 2006. *Guía de nutrición de la familia*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2006. págs. 121-128. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/008/y5740s/y5740s00.pdf>. ISBN: 92-5-305233-3.

Calcagno, Alberto, Mendiburo, Nora y Gaviño-Novillo, Marcelo. 2000. *Agua para el siglo XXI para América del Sur: De la visión a la acción. Informe sobre la gestión del agua en la República Argentina*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). 2000. pág. 8. Disponible en:
<http://www.cepal.org/samtac/noticias/documentosdetrabajo/6/23306/InAr00200.pdf>.

Carpenter, S., y otros. 1998. *Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen*. Ecological Society of America. 1998. págs. 1-11. Disponible en:
<http://www.esa.org/esa/wp-content/uploads/2013/03/issue3.pdf>. ISSN 1092-8987.

CASAFE. 2012. *Mercado argentino de productos fitosanitarios 2012*. Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes (CASAFE). 2012. pág. 6. Disponible en:
<http://www.casafe.org/pdf/2015/ESTADISTICAS/Informe-Mercado-Fitosanitario-2012.pdf>.

Ciampitti, Ignacio A. y García, Fernando O. 2011. *Requerimientos nutricionales. Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. I. Cereales, oleaginosos e industriales*. 2011. págs. 13-15. Disponible en:
[http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/1C1039297E6D798603257967004A2A8C/\\$FILE/AA%2011.pdf](http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/1C1039297E6D798603257967004A2A8C/$FILE/AA%2011.pdf).

—. **2012.** *Requerimientos nutricionales. Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. II. Hortalizas, Frutales y Forrajeras*. International Plant Nutrition Institute (IPNI). 2012. pág. 4. Disponible en:
[http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/0B0EE369040F863003257967004A1A41/\\$FILE/AA%2012.pdf](http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/0B0EE369040F863003257967004A1A41/$FILE/AA%2012.pdf).

CNEA. 2014. *Síntesis del Mercado Eléctrico Mayorista de la República Argentina*. Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA). 2014. pág. 9. Disponible en:
http://www.cnea.gov.ar/sites/default/files/sintesis_MEM-12_2014.pdf.

Cole, N.A., Brown, M.S. y Varel, V.H. 2007. *Beef Cattle: Manure Management*. United States Department of Agriculture (USDA). 2007. págs. 1-2. Disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.494.2511&rep=rep1&type=pdf>.

DGCE. 2015. *Mercado argentino de la carne. Informe técnico: situación actual*. Dirección General de Comercio Exterior de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. 2015. pág. 2 y 3. Disponible en: http://www.buenosaires.gob.ar/sites/gcaba/files/informe_tecnico_mercado_argentino_de_la_carne.pdf.

Donato, Lidia Beatriz. 2011. *Estimación del consumo potencial de gasoil para las tareas agrícolas, transporte y secado de granos en el sector agropecuario*. Instituto de Ingeniería Rural - Centro de Investigación de Agroindustria, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). 2011. págs. 1-10. Disponible en: <http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-consumo3.pdf>.

EEA. 2010a. *Pharmaceuticals in the environment*. European Environment Agency. 2010. pág. 16. Disponible en: <http://www.eea.europa.eu/publications/pharmaceuticals-in-the-environment-result-of-an-eea-workshop/download>. ISSN 1725-2237.

—. **2010b.** *The European environment - State and outlook 2010: synthesis*. European Environment Agency. 2010. pág. 60. Disponible en: <http://www.eea.europa.eu/soer/synthesis/synthesis>. ISBN 978-92-9213-114-2.

—. **2010c.** *The European environment - State and outlook 2010: Air pollution*. European Environment Agency. 2010. pág. 7. Disponible en: <http://www.eea.europa.eu/soer/europe/air-pollution>. ISBN 978-92-9213-152-4.

—. **2010d.** *Ammonia (NH₃) emissions*. European Environment Agency (EEA). 2010. pág. 6. Disponible en: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/eea-32-ammonia-nh3-emissions-1/assessment-1/download.pdf>.

—. **2013.** *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2013*. European Environment Agency (EEA). 2013. págs. 3-10 (Parte B, Capítulo 3). Disponible en: <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013/#>. ISSN 1725-2237.

—. **2016.** *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016*. European Environment Agency (EEA). 2016. págs. 1.A.1, 1.A.3.b.i - 1.A.3.b.iv, 1.A.4. Disponible en: <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016>.

—. **2017.** European Environment Agency (EEA). [En línea] 2017. <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/eea-32-non-methane-volatile-1>.

Elizalde, Juan C. 2003. *Suplementación en condiciones de pastoreo*. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata. 2003. págs. 1-9. Disponible

en: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/13-suplementacion_en_condiciones_de_pastoreo.pdf.

Elizondo-Salazar, Jorge A. 2007. *Problemas ambientales, homeostasis, particionamiento y requerimientos de fosforo en ganado de leche.* 2007. págs. 2-3. Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090907/090701.pdf>. ISSN 1695-7504.

ENARGAS. 2014. *Informe Enargas 2014 (Anexo VIII).* Ente Nacional Regulador del Gas (ENARGAS). 2014. Disponible en: http://www.enargas.gov.ar/_blank.php?iFrame=/Publicaciones/Informes/Anual/2014/anexo_8.pdf.

FACyT. 2016. FACyT. [En línea] 2016. <http://facyt.com.ar/productos/40/bovinos-sales-minerales-x1.html>.

FAO. 2004. *Uso de fertilizantes por cultivo en Argentina.* Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2004. pág. 33. Disponible en: ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/fertuseargent_s.pdf.

—. **2006a.** *Políticas Pecuarias N°03. Ganadería y deforestación.* Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2006. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a0262s/a0262s00.pdf>.

—. **2006b.** *La larga sombra del ganado. Problemas ambientales y opciones.* Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2006. págs. XXI, XXIII, 160-164. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/a0701s/a0701s00.pdf>.

—. **2006c.** *La larga sombra del ganado. Problemas ambientales y opciones.* Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2006. págs. 76, 162, 163. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/a0701s/a0701s00.pdf>.

—. **2006d.** *La larga sombra del ganado. Problemas ambientales y opciones.* Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2006. págs. 160-161. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-a0701s.pdf>.

—. **2006e.** *La larga sombra del ganado. Problemas ambientales y opciones.* Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2006. págs. 106-110. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-a0701s.pdf>.

—. **2006f.** *La larga sombra del ganado. Problemas ambientales y opciones.* Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2006. págs. 153-154. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-a0701s.pdf>.

—. **2008.** *La contaminación por la producción pecuaria industrial.* Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2008. págs. 2-3. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a0261s/a0261s00.pdf>.

—. **2013.** *Mitigation of greenhouse gas emissions in livestock production.* Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2013. pág. 65. Disponible en: . ISSN 0254-6019.

—. **2014.** Food and Agriculture Organization of The United Nations. [En línea] 2014. <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QA/E>.

—. **2016a.** Modelo de Evaluación Ambiental de la Gandería Mundial (GLEAM). [En línea] 2016. <http://www.fao.org/gleam/results/es/#c303615>.

—. **2016b.** *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2016. Cambio climático, agricultura y seguridad alimentaria.* Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2016. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i6030s.pdf>.

FAO/WHO/UNU. 2001. *Human energy requirements.* Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) / Organización Mundial de la Salud (WHO) / Universidad de las Naciones Unidas (UNU). 2001. págs. 2,4. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-y5686e.pdf>.

FAO-AQUASTAT. 2011. *Hoja de superficies de riego.* Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y Sistema de Información Global sobre el Agua (AQUASTAT). 2011. pág. 1. Disponible en: http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/irrs/readPdf.html?f=ARG-IRR_eng.pdf.

FDA. 2013. *Summary report on antimicrobials sold or distributed for use in Food-Producing Animals.* Department of Health and Human Services, Food and Drug Administration. 2013. pág. 22. Disponible en: <http://www.fda.gov/downloads/ForIndustry/UserFees/AnimalDrugUserFeeActADUFA/UCM440584.pdf>.

Fernández-Mayer, Aníbal E. 2014. *Transformación de subproductos y residuos de agroindustria de cultivos templados, subtropicales y tropicales en carne y leche bovina.* Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). 2014. Disponible en: http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_transformacin_de_subproductos.pdf. ISBN 978-987-521-502-3.

Fernández-Reynoso, Demetrio S., y otros. 2012. *Estimación de las demandas de consumo de agua.* Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2012. pág. 29. Disponible en: http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/noticias/2012/Documents/FICHAS%20TECNICAS%20E%20INSTRUCTIVOS%20NAVA/INSTRUCTIVO_DEMANDAS%20DE%20AGUA.pdf.

FERTILIZAR. 2015. *Consumo de fertilizantes - Campaña 2014/2015.* Fertilizar Asociación Civil. 2015. pág. 1. Disponible en: <http://www.fertilizar.org.ar/subida/Estadistica/Consumo%20de%20Fertilizantes%20en>

%20todos%20los%20cultivos/Consumo%20de%20Fertilizantes%20en%20todos%20los%20cultivos%202014.pdf.

Foster, G., Bennett, J. y Bateman, M. 2014. *Effects of ivermectin residues on dung invertebrate communities in a UK farmland habitat.* 2014. págs. 64-72. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1118/1.4860662>.

Fundación-Bariloche. 2007. *2da Comunicación Nacional de la República Argentina a la convención marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático.* Fundación Bariloche. 2007. págs. 76-77. Disponible en: <http://unfccc.int/resource/docs/natc/argnc2s.pdf>.

Garriz, Carlos A. 2012. *Rendimientos, peso, composición de res y cortes vacunos en la Argentina.* Sitio Argentino de Producción Animal. 2012. pág. 4 y 8. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/144-criollo_Garriz.pdf.

Gaspari, Fernanda, y otros. 2015a. *Tercera Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.* Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (SAyDS). 2015. pág. 423. Disponible en: <http://ftdt.cc/wp-content/uploads/2015/09/Inventario-GEIs-Agricultura-Ganaderia-y-CUSS.pdf>.

—. **2015b.** *Tercera Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.* Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (SAyDS). 2015. pág. 6. Disponible en: <http://ftdt.cc/wp-content/uploads/2015/09/Inventario-GEIs-Agricultura-Ganaderia-y-CUSS.pdf>.

Gay, S.W. y Knowlton, K.F. 2009. *Ammonia emissions and animal agriculture.* Virginia State University. 2009. págs. 2-3. Disponible en: https://pubs.ext.vt.edu/442/442-110/442-110_pdf.pdf.

Gil, Susana B. 2006. *Engorde intensivo (feedlot), elementos que intervienen y posibles impactos en el medio ambiente.* 2006. págs. 6-8. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_a_corral_o_feedlot/08-feedlot.pdf.

Goedkoop, M., y otros. 2013. *ReCiPe 2008: A life cycle impact assessment method. First edition (revised). Report I: Characterisation.* 2013. págs. 1-3 y 79. Disponible en: http://www.lcia-recipe.net/file-cabinet/ReCiPe_main_report_FEB_2013.pdf.

Gonella, Carlos A. 2000. *Producción de carne en sistemas pastoriles.* Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). 2000. pág. 3. Disponible en: http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_pastoril_o_a_campo/07-produccion_en_sistemas_pastoriles.pdf.

- Grupo-Banco-Mundial. 2016.** Banco Mundial. [En línea] 2016.
<http://datos.bancomundial.org/indicador/AG.LND.ARBL.ZS?locations=AR>.
- Guzmán, M.L., Veneciano, J.H. y Sager, R.L. 2014.** *Emisión de gases en un sistema ganadero intensivo*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). s.l. : Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA), Vol.40, No.3, 2014. págs. 270-271. Disponible en: <http://ria.inta.gov.ar/wp-content/uploads/2014/10/art4Guzman.pdf>.
- Haenel, Hans-Dieter, y otros. 2014.** German Informative Inventory Report (IIR). [En línea] 2014. <http://iir-de.wikidot.com/3-agriculture>.
- Herráez-Ortega, Luis, López-Díez, Javier y Boto-Fidalgo, Juan A. 1997.** *Tractores agrícolas, el motor diésel y el consumo de combustible*. 1997. págs. 393-396. Disponible en:
http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Agri/Agri_1997_778_393_396.pdf. ISSN 0002-1334.
- Hristov, Alexander N., y otros. 2013.** *Mitigation of greenhouse gas emissions in livestock production*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2013. págs. 71,128. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3288e.pdf>.
- Iglesias, Daniel H. y Ghezan, Graciela. 2010.** *Análisis de la cadena de la carne bovina en Argentina*. Estudios Socioeconómicos de los Sistemas Agroalimentarios y Agroindustriales, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). 2010. págs. 7, 8, 25. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/origenes_evolucion_y_estadisticas_de_la_ganaderia/117-Cadena_carne.pdf. ISSN 1852-4605.
- IGN. 2016.** Instituto Geográfico Nacional. [En línea] 2016.
<http://www.ign.gov.ar/NuestrasActividades/Geografia/DatosArgentina/DivisionPolitica>.
- Imbellone, P.A., Giménez, J.E. y Panigatti, J.L. 2010.** *Suelos de la Región Pampeana. Procesos de formación*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 2010. Disponible en: http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_suelos_de_la_regin_pampeana.pdf. ISBN N° 978-9871623-40-2.
- Impact of intensive livestock operations on water quality.* **Miller, Jim J. 2001.** 2001, Advances in Dairy Technology, Vol. 13, pág. 411. Disponible en:
<http://www.wcds.ca/proc/2001/Manuscripts/Chapter%2031%20Miller.pdf>.
- Impacto de la Ivermectina sobre el ambiente.* **Aparicio-Medina, José Manuel, y otros. 2011.** 17, 2011, La Calera, Vol. 11, págs. 64-66. Disponible en:
<http://repositorio.una.edu.ni/2368/1/ppp01u58i.pdf>.
- INDEC. 2013.** *Estimaciones y proyecciones de población 2010-2040: total del país*. Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC). 2013. pág. 28. Disponible en:

<http://www.indec.gov.ar/bajarPublicacion.asp?idc=3DFA08B9D5682AF60464E06FE2C485211604BE944BEE86EE34D27D15E6E603C4FB22FC4DC995EF5C>.

INTA. 2014. *Gestión de envases vacíos de agroquímicos*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 2014. págs. 1-47. Disponible en: <http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-gestin-envases-vacos-agroquimicos.pdf>.

IPCC. 2014a. *Climate Change 2014. Mitigation of Climate Change*. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). 2014. págs. 811-831. Disponible en: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_full.pdf.

—. **2014b.** *Climate Change 2014. Mitigation of climate change*. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014. Disponible en: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/>.

—. **2014c.** *Climate Change 2014. Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A*. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014. Disponible en: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/>.

IPEC. 2014. *Consumo energético en la provincia de Santa Fe*. Instituto Provincial de Estadísticas y Sensores de la Provincia de Santa Fe. 2014. pág. 11. Disponible en: <https://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/download/199710/968350/file/Consumo%20de%20energi?a.pdf>.

ISO. 2006. *ISO 14040:2006. Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework*. 2006. pág. 11. Disponible en: <http://www.iso.org>.

Jacobson, L.D., y otros. 2011. *Air issues associated with animal agriculture: a North American perspective*. Council for Agricultural Science and Technology (CAST). 2011. págs. 13-19, Paper No.47. Disponible en: <http://www.cast-science.org/download.cfm?PublicationID=20238&File=f030d13efcdd2db0a4fb6c2a484e516b734c>.

—. **2011.** *Air issues associated with animal agriculture: a North American perspective*. Council for Agricultural Science and Technology (CAST). 2011. pág. 6 y 12, Paper No.47. Disponible en: <http://www.cast-science.org/download.cfm?PublicationID=20238&File=f030d13efcdd2db0a4fb6c2a484e516b734c>.

Junquera, P. 2015. Parasitopedia.net. [En línea] 03 de julio de 2015. [Citado el: 29 de nov. de 2016.] http://parasitopedia.net/index.php?option=com_content&view=article&id=126&Itemid=200.

Kucsevsa, César D. y Balbuena, Osvaldo. 2012. *Suplementación de bovinos para carne*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). 2012. Disponible en: http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-suplementacion_bovinos_para_carne.pdf.

Laubach, J., y otros. 2012. *Ammonia emissions from cattle urine and dung excreted on pasture*. 2012. pág. 331. Disponible en: <http://www.biogeosciences.net/10/327/2013/bg-10-327-2013.pdf>.

Leip, Adrian, y otros. 2010. *Evaluation of the livestock sector's contribution to the EU greenhouse gas emissions (GGELS) - Final report*. Joint Research Centre (JRC), European Commission. 2010. pág. 20. Disponible en: http://ec.europa.eu/agriculture/sites/agriculture/files/external-studies/2010/livestock-gas/full_text_en.pdf.

León, Cristian. 2014. *Gestión de envases vacíos de agroquímicos*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). 2014. págs. 1-12. Disponible en: <http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-gestin-envases-vacos-agroquimicos.pdf>.

Lobo-Poblet, M.S. 2009. *Informe aspectos ambientales, sociales y económicos Industria Frigorífica*. 2009. págs. 4-13. Disponible en: http://www.maa.gba.gov.ar/2010/SubPED/Ganaderia/archivos/Alimentacion/Informe_Industria_Frigorifica_Impacto_Ambiental.pdf.

Loerch, Steven. 1998. *Ionóforos, antibióticos, probióticos y supresores de celo*. 1998. págs. 1-4. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_promotores_crecimiento/ionoforos_antibioticos_probioticos_supresores_celo.pdf.

MAGyP. 2014a. *Indicadores Ganaderos*. Ministerio de Agroindustria. 2014a. Disponible en: http://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/bovinos/informes/indicadores/_archivos//00003_Anuario%202014/000001-Indicadores%20bovinos%202012-2014.pdf.

—. **2014b.** *Suelos, producción agropecuaria y cambio climático. Avances en la Argentina*. 2014b. págs. 209-212. Disponible en: <http://docplayer.es/storage/46/23484814/1483791718/8nIoX8BAsBCLe9XVjWItBg/23484814.pdf>.

—. **2014c.** Portal de Datos Abiertos (ex Sistema Integrado de Información Agropecuaria (SIIA)). *Ministerio de Agroindustria*. [En línea] 2014c. <https://datos.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones>.

—. **2014d.** Ministerio de Agroindustria. *Estadísticas. Evolución de la molienda mensual. Oleaginosas (2014)*. [En línea] 2014d. Disponible en: <http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Aceites%20y%20Oleaginosas/>

Informes/Oleaginosas_anuario_2014.pdf. http://www.minagri.gob.ar/new/0-0/programas/dma/molienda/php/oleaginosas-historico/01_evolu_oleaginosas-actual.php.

—. **2014e.** Ministerio de Agroindustria. *Estadísticas. Evolución de la molienda mensual. Cereales (2014)*. [En línea] 2014e. http://www.minagri.gob.ar/new/0-0/programas/dma/molienda/php/cereales-historico/01_evolu_cereales_2014.php.

—. **2014f.** Ministerio de Agroindustria. [En línea] 2014f. <https://datos.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones>.

—. **2014g.** Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. *Consulta de establecimientos vigentes*. [En línea] Oficina Nacional de Control Comercial Agropecuario (ONCCA), 2014g. https://serviciosucesci.magyp.gob.ar/principal.php?nvx_pagina=establecimientosVigentes.php.

—. **2014h.** *Suelos, producción agropecuaria y cambio climático. Avances en la Argentina*. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. 2014h. págs. 209-212. Disponible en: <http://docplayer.es/storage/46/23484814/1483791718/8nIoX8BAsBCLe9XVjWItBg/23484814.pdf>.

Marsden, Karina A., Jones, Davey L. y Chadwick, David R. 2016. *The urine patch diffusional area: An important N₂O source?* 2016. págs. 161-170. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071715003703>.

MDSyMA. *Manual para inspectores. Control de efluentes industriales*. Programa Desarrollo Institucional Ambiental (PRODIA), Ministerio de Desarrollo Social y Medio Ambiente (MDSyMA). pág. 48. Disponible en: <http://www.ingenieroambiental.com/7/manual02.pdf>.

—. **1999.** *Proyecciones al 2012 - Consumo de halocarbonos (HFCS) y hexafluoruro de azufre*". Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental, Ministerio de Desarrollo Social y Medio Ambiente (MDSyMA). 1999. pág. 8. Disponible en: <https://studylib.es/doc/948503/proyecciones-al-2012-consumo-de-halocarbonos--hfcs--y-hex...>

Mekonnen, M.M. y Hoekstra, A.Y. 2010. *The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products. Volume 1: Main Report*. UNESCO-IHE. 2010. pág. 28. Disponible en: <http://waterfootprint.org/media/downloads/Report-48-WaterFootprint-AnimalProducts-Vol1.pdf>.

MEyM. 2014. *Informe del sector eléctrico*. Ministerio de Energía y Minería. 2014. pág. Anexo I. Disponible en: http://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/informacion_del_mercado/publicaciones/mercado_electrico/estadisticosectorelectrico/2014/Anexo1-Generacion.Consumo2014.xlsx.

—. **2014.** Ministerio de Energía y Minería. [En línea] 2014.
http://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/informacion_del_mercado/publicaciones/mercado_electrico/estadisticosectorelectrico/2014/Anexo1-Generacion.Consumo2014.xlsx.

—. **2015.** Ministerio de Energía y Minería. [En línea] 2015.
http://www.energia.gov.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/informacion_del_mercado/publicaciones/mercado_electrico/factor_emision/Factor_Emision_2014_1.xls.

Miller, Jim J. 2001. *Impact of intensive livestock operations on water quality.* 2001. pág. 410. Disponible en:
<http://www.wcds.ca/proc/2001/Manuscripts/Chapter%2031%20Miller.pdf>.

MINAGRI. 2014a. Ministerio de Agroindustria. [En línea] 2014.
<http://www.minagri.gob.ar/new/0-0/programas/dma/indec/indec.php>.

—. **2014b.** Ministerio de Agroindustria. [En línea] 2014.
http://www.minagri.gob.ar/new/0-0/programas/dma/molienda/php/oleaginosas-historico/01_evolu_oleaginosas-2014.php.

—. **2104c.** Ministerio de Agroindustria. [En línea] 2104.
http://www.minagri.gob.ar/new/0-0/programas/dma/molienda/php/cereales-historico/01_evolu_cereales_2014.php.

MINCyT. 2013. *Análisis de diagnóstico tecnológico sectorial. Agroquímicos.* Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MINCyT). 2013. pág. 6. Disponible en: <http://www.mincyt.gob.ar/adjuntos/archivos/000/043/0000043755.pdf>.

Montenegro, C., y otros. 2004. *Informe sobre deforestación en Argentina.* Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable. 2004. Disponible en:
http://www2.medioambiente.gov.ar/documentos/bosques/umsef/cartografia/deforestacion_argentina.pdf.

Nemecek, T., y otros. 2015. *Methodological Guidelines for the Life Cycle Inventory of Agricultural Products. Versión 3.0. Julio 2015.* World Food LCA Database. 2015. págs. 29, 55. Disponible en: http://www.quantis-intl.com/microsites/wflldb/files/WFLDB_MethodologicalGuidelines_v3.0.pdf.

Nishida, Chizuru, y otros. 2004. *The Joint WHO/FAO Expert Consultation on diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: process, product and policy implications.* World Health Organization (WHO) / Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2004. págs. 245-250. Disponible en:
http://www.who.int/nutrition/publications/public_health_nut9.pdf. DOI: 10.1079/PHN2003592.

NRI. 2015. *R-125 Safety Data Sheet.* s.l. : National Refrigerant Inc., 2015. pág. 7. Disponible en: <http://www.refrigerants.com/pdf/SDS%20R125.pdf>.

NRL. 2012. *Refrigerant gas R134a Safety Data Sheet*. s.l. : National Refrigerant Ltd., 2012. pág. 2. Disponible en: <http://www.nationalref.com/pdf/4%20SDS134a.pdf>.

—. **2013.** *Ammonia anhydrous*. s.l. : National Refrigerants Ltd., 2013. pág. 7. Disponible en: http://www.nationalref.com/pdf/SDSR717_Ammonia_.pdf.

O'Neill, D. y Phillips, V. 1992. *A review of the control of odour nuisance from livestock buildings: Part 3. Properties of the odorous substances which have been identified in livestock wastes or in the air around them*. Journal Agricultural Engineering No.53. 1992. págs. 23-50.

Opio, C., y otros. 2013. *Greenhouse gas emissions from ruminant supply chains – A global life cycle assessment*. Agriculture and Consumer Protection, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome. 2013. pág. 12. Disponible en: <http://www.fao.org/publications/card/en/c/ff905a47-1479-595c-b891-d345ea13c0a0/>. ISBN 97892510794.

Otaño, María de la C. 2005. *Perfil descriptivo de la cadena de carne vacuna*. Sitio Argentino de Producción Animal. 2005. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/origenes_evolucion_y_estadisticas_de_la_ganaderia/33-cadena_carne_vacuna.pdf.

Pain, B. y Jarvis, S. 1999. *Ammonia emissions from agriculture*. Institute of Biological, Environmental and Rural Sciences (IBERS), Aberystwyth University. 1999. pág. 48. Disponible en: <https://www.aber.ac.uk/en/media/departamental/ibers/pdf/innovations/99/99ch8.pdf>.

Parsi, J., y otros. 2001. *Valoración nutritiva de los alimentos y formulación de dietas*. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC). 2001. págs. 1-32. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/16-valoracion_nutritiva_de_los_alimentos.pdf.

Peruchena, Carlos O. 1999. *Suplementación de bovinos para carne sobre pasturas tropicales. Aspectos nutricionales, productivos y económicos*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). 1999. págs. 1-10. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/32-suplementacion_sobre_pasturas_tropicales.pdf.

Pimentel, David. 2004. *Livestock production and energy use*. College of Agriculture and Life Sciences, Cornell University, Ithaca, NY, USA. 2004. pág. 673. Disponible en: <https://jks-energy.wikispaces.com/file/view/EncycEnergyPimentel2004LivestockProduction.pdf>.

Pinos-Rodríguez, J.M., y otros. 2012. *Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América*. 2012.

págs. 362-363. Disponible en: <http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2012/may-jun/art-4.pdf>.

Pordomingo, Aníbal J. 2003. *Suplementación con granos a bovinos en pastoreo*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). 2003. págs. 1-4. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/67-suplementacion_con_granos_en_pastoreo.pdf.

Pórfido, O.D. 2014. *Los plaguicidas en la República Argentina*. Ministerio de Salud. 2014. págs. 40-43. Disponible en: http://www.msal.gob.ar/images/stories/bes/graficos/0000000341cnt-14-Plaguicidas_Argentina.pdf.

Powers, W., y otros. 2014. *Quantifying Greenhouse Gas Fluxes in Agriculture and Forestry: Methods for Entity-Scale Inventory*. United States Department of Agriculture (USDA). 2014. págs. 5-23 y 5-24. Disponible en: http://www.usda.gov/oce/climate_change/Quantifying_GHG/USDATB1939_07072014.pdf.

ReCiPe. 2014. *ReCiPe 2008 Versión 1.11 - December 2014*. 2014. pág. GWP. Disponible en: <http://www.lcia-recipe.net/file-cabinet/ReCiPe111.xlsx?attredirects=0&d=1>.

Rodríguez, C. 2002. *Residuos ganaderos*. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. 2002. págs. 1-3. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/sustentabilidad/05-residuos_ganaderos.pdf.

Rodríguez, Claudia. 2002. *Residuos ganaderos*. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. 2002. pág. 5. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/sustentabilidad/05-residuos_ganaderos.pdf.

Saddy, J., y otros. 2002. *Comparación de dos sistemas de alimentación con cama de pollos sobre la ganancia de peso en bovinos*. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. 2002. pág. 4. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion_proteica_y_con_nitrogeno_no_prot_eico/18-dos_sistemas_de_alimentacion_con_cama_pollos.pdf.

Scheneiter, J.O. y Améndola, C. 2009. *Producción de carne en mezclas de alfalfa y festuca alta con diferente patrón estacional de acumulación de forraje*. 2009. págs. 119-129. Disponible en: <http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/rapa/article/viewFile/3507/3298>.

SENASA. 2013. *Establecimientos de engorde a corral 2008-2013*. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). 2013. pág. 3. Disponible en: http://www.senasa.gob.ar/sites/default/files/ARBOL_SENASA/INFORMACION/INFORMES%20Y%20ESTADISTICAS/Informes%20y%20estadisticas%20Animal/BOVINOS/BOVINOS/INFORMES%20ESTADISTICOS/Corral%20junio_2013.pdf.

- . **2014a.** *Existencias Bovinas 2013-2014*. Ministerio de Agroindustria. 2014. Disponible en: <http://www.agroindustria.gov.ar/sitio/areas/bovinos/index.php>.
- . **2014b.** *Ganadería bovina de tambo*. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. 2014. Disponible en: http://www.senasa.gov.ar/indicadores/actual/7_Indicadores_Ganaderia_Bovina_de_Tambo/Cuadro_Composicion_Tambos_por_Categoria.xls.
- . **2015.** *Distribución de Existencias Bovinas en Establecimientos con actividad de Tambo por Categoría*. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). 2015. Disponible en: http://www.senasa.gov.ar/sites/default/files/ARBOL_SENASA/INFORMACION/INFORMES%20Y%20ESTADISTICAS/Informes%20y%20estadisticas%20Animal/BOVINOS/BOVINOS/INDICADORES%20GANADEROS/TAMBOS/Existencias_Tambos_por_Categoria.xls.
- . **2016a.** Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. [En línea] 2016. <http://www.senasa.gov.ar/cadena-animal/bovinos-y-bubalinos/produccion-primaria>.
- . **2016b.** *Informe de la faena de bovinos procedentes de establecimientos de engorde a corral*. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. 2016. Disponible en: <http://www.senasa.gov.ar/sites/default/files/feedlots-faena2015b.pdf>.
- . **2016c.** *Movimientos de ganado bovino. Año 2015*. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). 2016. pág. 19. Disponible en: http://www.senasa.gov.ar/sites/default/files/ARBOL_SENASA/INFORMACION/INFORMES%20Y%20ESTADISTICAS/Informes%20y%20estadisticas%20Animal/BOVINOS/BOVINOS/INFORMES%20ESTADISTICOS/movimientos_de_ganado_bovino_2015.pdf.
- Silva-Failde, Diego. 3013.** *Análisis de diagnóstico tecnológico sectorial: Agroquímicos*. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. 3013. pág. 6. Disponible en: <http://www.mincyt.gov.ar/adjuntos/archivos/000/043/0000043755.pdf>.
- Thompson, M, Ellis, R. y Wildavsky, A. 1990.** *Cultural Theory*. s.l. : Westview Print Boulder, 1990.
- Torre, de la, Diego A. y Bartosik, Ricardo. 2013.** *¿Cuánto combustible se consume en Argentina para secar granos?* Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). 2013. págs. 1-4. Disponible en: http://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_de_la_torre_d_a_et_al_cunto_combustible_se_con.pdf.
- University of Iowa. 2002.** *Iowa concentrated animal feeding operations. Air quality study. Final report*. Iowa State University and The University of Iowa Study Group. 2002. págs. 35-39. Disponible en: https://www.public-health.uiowa.edu/ehsrc/CAFOstudy/CAFO_final2-14.pdf.

- USEPA. 2004.** *Risk Assessment Evaluation for Concentrated Animal Feeding Operations*. United States Environmental Protection Agency (USEPA). 2004. pág. 63. Disponible en:
<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/901V0100.PDF?Dockey=901V0100.pdf>.
- . **2013.** *Literature Review of Contaminants in Livestock and Poultry Manure and Implications for Water Quality*. United States Environmental Protection Agency. 2013. págs. 13-63. Disponible en:
<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P100H2NI.PDF?Dockey=P100H2NI.PDF>.
- WHO. 2003.** *Health aspects of air pollution with particulate matter, ozone and nitrogen dioxide*. World Health Organization (WHO) Regional Office for Europe. 2003. págs. 7-29. Disponible en:
http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/112199/E79097.pdf.
- . **2013.** *Health effects of particulate matter*. World Health Organization (WHO) Regional Office for Europe. 2013. págs. 1-12. Disponible en:
http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/189051/Health-effects-of-particulate-matter-final-Eng.pdf.
- . **2013.** *Health effects of Particulate Matter*. World Health Organization (WHO). 2013. págs. 2-3. Disponible en:
http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/189051/Health-effects-of-particulate-matter-final-Eng.pdf.
- WWF. 2016.** *Planeta vivo. Informe 2016*. World Wide Fund for Nature. 2016. pág. 12. Disponible en: http://awsassets.panda.org/downloads/informe_planeta_vivo_2016.pdf.
- Zeballos, Horacio R. 2009.** *Clasificación y categorías de bovinos y ovinos*. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Veterinarias. Departamento de Producción Animal. 2009. Disponible en:
<http://www.vet.unicen.edu.ar/html/Areas/Zootecnia/Documentos/2010/Clasificacion%20y%20categor%C3%ADas%20de%20los%20animales.2009.pdf>.

Capítulo 5

CONCLUSIONES

A lo largo de la tesis hemos revelado cifras que reflejan el impacto de la industria de la carne bovina sobre el efecto invernadero, los recursos, la biodiversidad, las selvas y los bosques nativos, los suelos, los cuerpos de agua superficial y subterránea, la calidad de aire y el medio ambiente en toda su extensión. También hemos determinado de qué forma esos impactos afectan y podrán afectar en el mediano plazo la salud humana y la del resto de las especies que forman parte de la biósfera. Finalmente los hemos comparado con alimentos alternativos de origen vegetal que presentan similar aporte energético y nutricional.

El perfil ambiental que hemos obtenido como resultado de este análisis, del cual no existen antecedentes a nivel local, y su comparación con el de la alternativa propuesta muestran que, para la dieta basada en carne bovina, los impactos son significativamente mayores, con cifras que para algunas categorías resultan hasta cuatro órdenes de magnitud superiores a las de una dieta basada en legumbres y cereales.

Las proyecciones a escala global indican que hacia el año 2050 habitarán nuestro planeta entre 9.000 y 11.000 millones de personas. Este crecimiento poblacional incidirá directamente sobre la demanda de alimentos que, según la FAO, se pronostica será alrededor de un 60% superior a las cifras actuales. En este escenario podemos observar en los últimos años un incremento en el consumo per cápita de carne bovina en países orientales, algunos de ellos con índices demográficos capaces de elevar significativamente la demanda futura sobre países productores como Argentina. En este sentido, existen iniciativas de algunas provincias para duplicar y hasta triplicar su producción, situación que traerá aparejado un aumento de la presión sobre los recursos y los ecosistemas frágiles, junto con el agravamiento de los impactos ya mencionados.

Refiriéndonos a estos impactos, los organismos gubernamentales locales e internacionales en su amplia mayoría, sumados a algunas Organizaciones No Gubernamentales (ONG) ambientalistas que velan por la defensa del medio ambiente, el cuidado de la salud humana y la protección de los recursos, si bien conocen las cifras

históricas y actuales del sector, sus proyecciones a futuro y su magnitud relativa frente a otros sectores, raramente enfocan sus campañas hacia la adecuación de hábitos alimenticios de la población, aun a sabiendas de que un pequeño cambio en este sentido lograría un importante avance en el aseguramiento de al menos dos de los tres pilares de la sustentabilidad: el Ambiental y el Social. Históricamente, el pilar restante, el Económico, se impone en detrimento de los anteriores. Un ejemplo de esto son las onerosas inversiones en investigación estatal y privada orientada a la reducción de emisiones GEI del sector bovino de carne mediante nuevos fármacos suministrados al ganado en forma de suplementos y aditivos. A la fecha, esta práctica no solo dista de obtener los resultados pretendidos, sino que además, cuando estos medicamentos sean vehiculizados hacia las distintas cadenas tróficas, podrían generar otras consecuencias nocivas para el medio ambiente y riesgos para la salud humana y de otras especies en el mediano o largo plazo.

Otro punto a considerar es el que respecta a la salud de los trabajadores de mataderos y frigoríficos que desarrollan sus tareas en las áreas de sacrificio y faena. Antiguamente la matanza de los animales era realizada por inmigrantes de clases sociales bajas, generalmente de raza negra, sin oficio ni educación, que encontraban en esta actividad su única forma de subsistencia cuando eran traídos a nuestras tierras. Como bien lo describe Esteban Echeverría en su libro “El Matadero”:

“Siguió la matanza y en un cuarto de hora cuarenta y nueve novillos se hallaban tendidos en la playa del matadero, desollados unos, los otros por desollar. El espectáculo que ofrecía entonces era animado y pintoresco aunque reunía todo lo horriblemente feo, inmundo y deforme de una pequeña clase proletaria peculiar del Río de la Plata.

(...)

En torno de cada res resaltaba un grupo de figuras humanas de tez y raza distinta (...). A sus espaldas se rebullían caracoleando y siguiendo los movimientos, una comparsa de muchachos, de negras y mulatas achuradoras, cuya fealdad trasuntaba las arpías de la fábula.

(...)

Hacia otra parte, entretanto, dos africanas llevaban arrastrando las entrañas de un animal; allá una mulata se alejaba con un ovillo de tripas y resbalando de repente sobre un charco de sangre, caía a plomo,

cubriendo con su cuerpo la codiciada presa. Acullá se veían acurrucadas en hilera cuatrocientas negras destejiendo sobre las faldas el ovillo”.

Aunque en la actualidad son trabajadores locales los que realizan esta tarea bajo condiciones laborales más controladas, existen diversos aspectos a tener en cuenta. Es así que, además de los riesgos físicos y fisiológicos propios de la actividad, una vasta bibliografía respalda la existencia de un alto riesgo de sufrir desórdenes psicológicos y psíquicos derivados del acto de matar. Los trabajadores con frecuencia experimentan un trastorno conocido como Perpetración Inducida por Estrés Postraumático (PITS, por sus siglas en inglés), similar al sufrido por soldados combatientes de una guerra, el cual incluye síntomas como ansiedad, depresión, pánico, disociación, paranoia, pesadillas con sueños violentos, y/o abuso de alcohol y otras drogas. Según dichos estudios, existe además una relación directa entre la instalación de mataderos o frigoríficos en las comunidades analizadas, los trastornos mencionados y el incremento de hechos de violencia doméstica, abuso de menores y crímenes. Paradójicamente, en Argentina, la Superintendencia de Riesgos del Trabajo, dependiente del Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social, solo considera para la actividad los riesgos de enfermedades de origen fisiológico, como ser: agentes biológicos, temperaturas extremas, uso de herramientas peligrosas, sobreesfuerzos, etcétera.

Finalmente, existen algunas teorías que vinculan la evolución del hombre al consumo de carne. Según estas teorías, el ser humano, en su corta existencia en términos geológicos, se vio influenciado por muchísimos aspectos. Uno de ellos fue su alimentación, la cual fue variando condicionada por factores como el clima, la escasez de ciertos alimentos y la incorporación de nuevos, la disponibilidad de tierras fértiles, las distancias a los recursos, los medios de transporte, el uso de herramientas, el desarrollo de nuevas técnicas y tecnologías, las migraciones y la expansión demográfica, entre otros tantos. En contraposición, son bien conocidos los casos históricos de civilizaciones enteras que se desintegraron o extinguieron a causa de la dilapidación de los recursos. Un ejemplo de ello son los *Rapanui*, habitantes originarios de la Isla de Pascua que, según muestran los estudios, como consecuencia de su expansión demográfica y sus costumbres, terminaron por agotar los recursos de la isla y finalmente desaparecieron en un breve lapso de tiempo.

En esta nueva era geológica que estamos transitando, a la cual los científicos denominan “Antropoceno”, el gran desafío que se nos presenta es poder evolucionar hacia lo sustentable, y los tiempos para hacerlo ya no se miden en términos de eras, milenios o siglos, sino que se reducen a décadas o años.

Sabemos que no podemos mantener el ritmo de consumo desmesurado actual. Sabemos que los recursos que nos brinda la naturaleza son finitos y que los que antes eran considerados renovables muy rápidamente están dejando de serlo. Sabemos que miles de especies se extinguen cada año por la degradación o destrucción de su hábitat y que otras, fundamentales para la vida en la Tierra, se encuentran en serio peligro. Sabemos que nuestro Planeta es el único en el universo conocido en el que podemos vivir y en el que todos sus habitantes, sin distinción de especie, deberían poder gozar del mismo derecho fundamental a la vida y a desarrollarse en un ambiente sano y limpio.

Por todo lo expuesto, concluimos que el actual sistema de producción de carne bovina en el territorio argentino no es sustentable desde el punto de vista ambiental ya que presenta ineficiencias que le son intrínsecas en diversos puntos de la cadena productiva, lo que nos permite demostrar la hipótesis enunciada.

Alternativas de mitigación

Las alternativas propuestas tendientes a la mitigación de los impactos comprenden:

- **Cambio de hábitos alimenticios por parte del consumidor.** La sustitución parcial o total de la carne bovina por legumbres y cereales como parte de una dieta equilibrada y saludable es la opción que asegura a la vez una carga ambiental considerablemente menor compatible con el desarrollo sustentable, mejoras directas e indirectas en la salud y calidad de vida de las personas, disminución de la presión sobre los ecosistemas frágiles y mayor eficiencia en el uso de los recursos. Además, las llamadas “dietas sustentables” son ampliamente recomendadas por las más reconocidas organizaciones internacionales de salud y nutrición (OMS, HHS, BNF, ASN), organizaciones y organismos referentes en alimentación (FAO), organizaciones y organismos ambientales (UNEP, USEPA, EEA, IPCC, WWF), y organismos de recursos (WRI).

- **Internalización de los costos ambientales en el precio del producto.** Si esta práctica fuese reglamentada, los precios de adquisición de la carne bovina alcanzarían valores tales que otros productos alternativos con funciones equivalentes ganarían mercado, incorporándose así gradual y naturalmente a las costumbres locales. Como consecuencia de la reducción en la demanda, la industria cárnica bovina encontraría un nuevo punto de equilibrio con cánones y precios acordes a los impactos ambientales de la actividad.
- **Etiquetado ambiental de los productos alimenticios.** Procedimiento normalizado por la serie ISO 14020, 14021, 14024 y 14025; la declaración ambiental tipo III es la más completa y brinda información ambiental cuantificada y comparable basada en un ACV.
- **Legislación.** Leyes y reglamentaciones que sirvan de limitación y guía para alcanzar la sustentabilidad de las actividades productivas.
- **Educación e información.** Con el objetivo de ayudar al consumidor a discernir entre productos más o menos amigables con el medio ambiente, creando a la vez conciencia sobre la importancia en la elección, independientemente del valor monetario.

Anexos

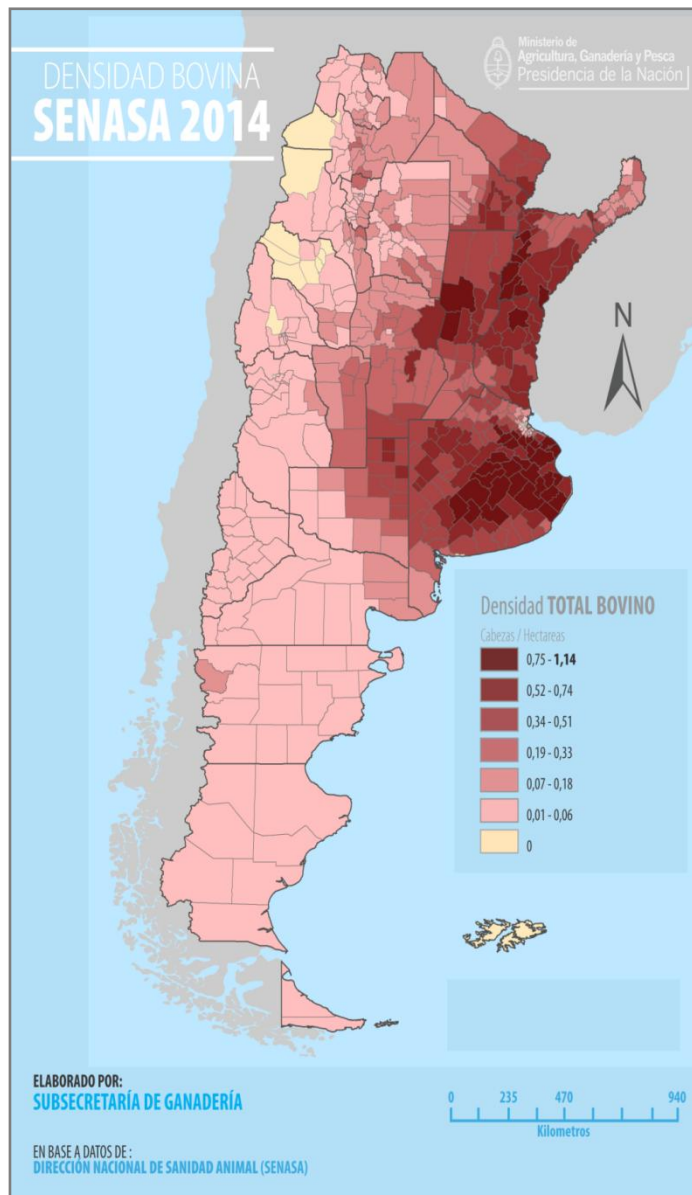


Figura A.1 – Mapa de densidad de distribución del ganado bovino correspondiente al año 2014. Fuente SENASA.

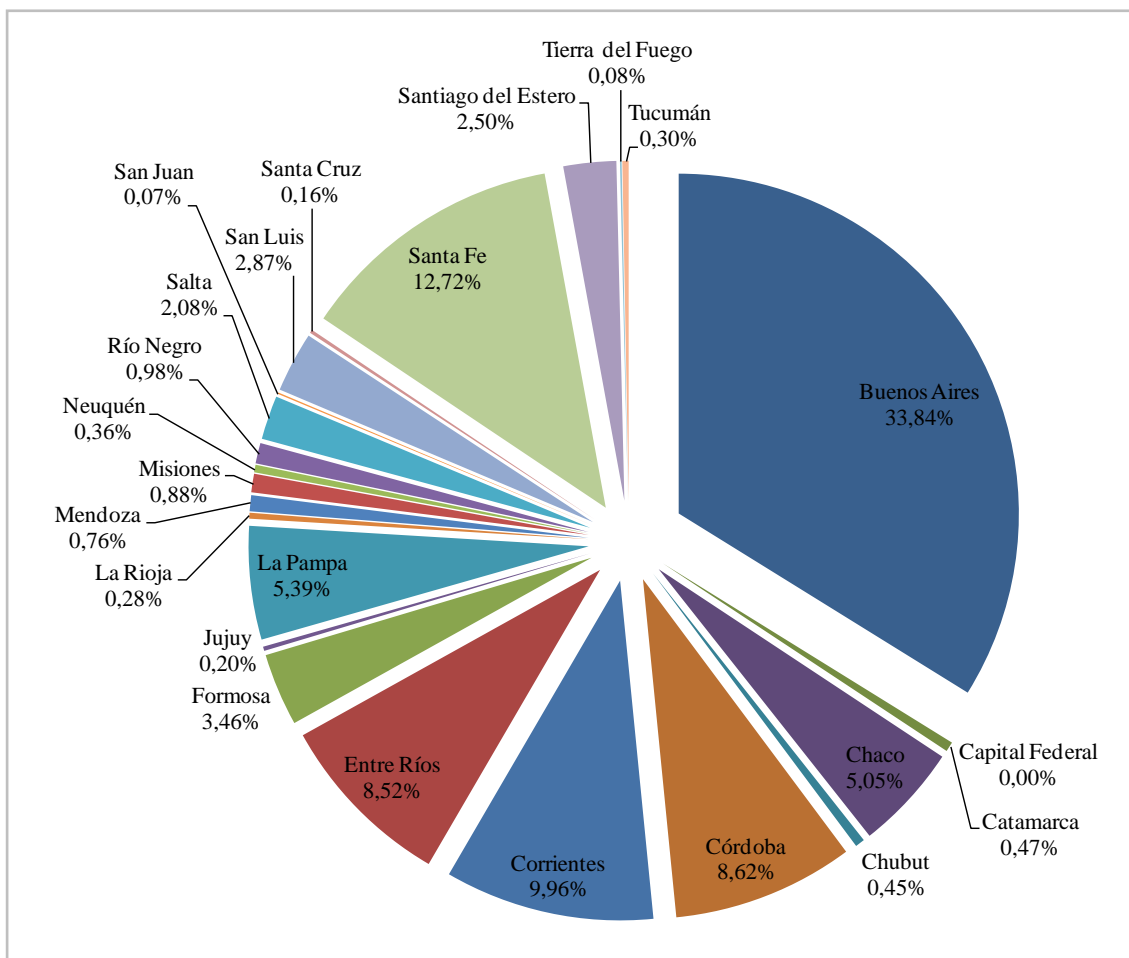


Figura A.2 – Distribución del ganado bovino por provincia en %.
(Elaboración propia basada en datos de fuentes citadas).

Industria cárnica bovina - Diagrama de flujo

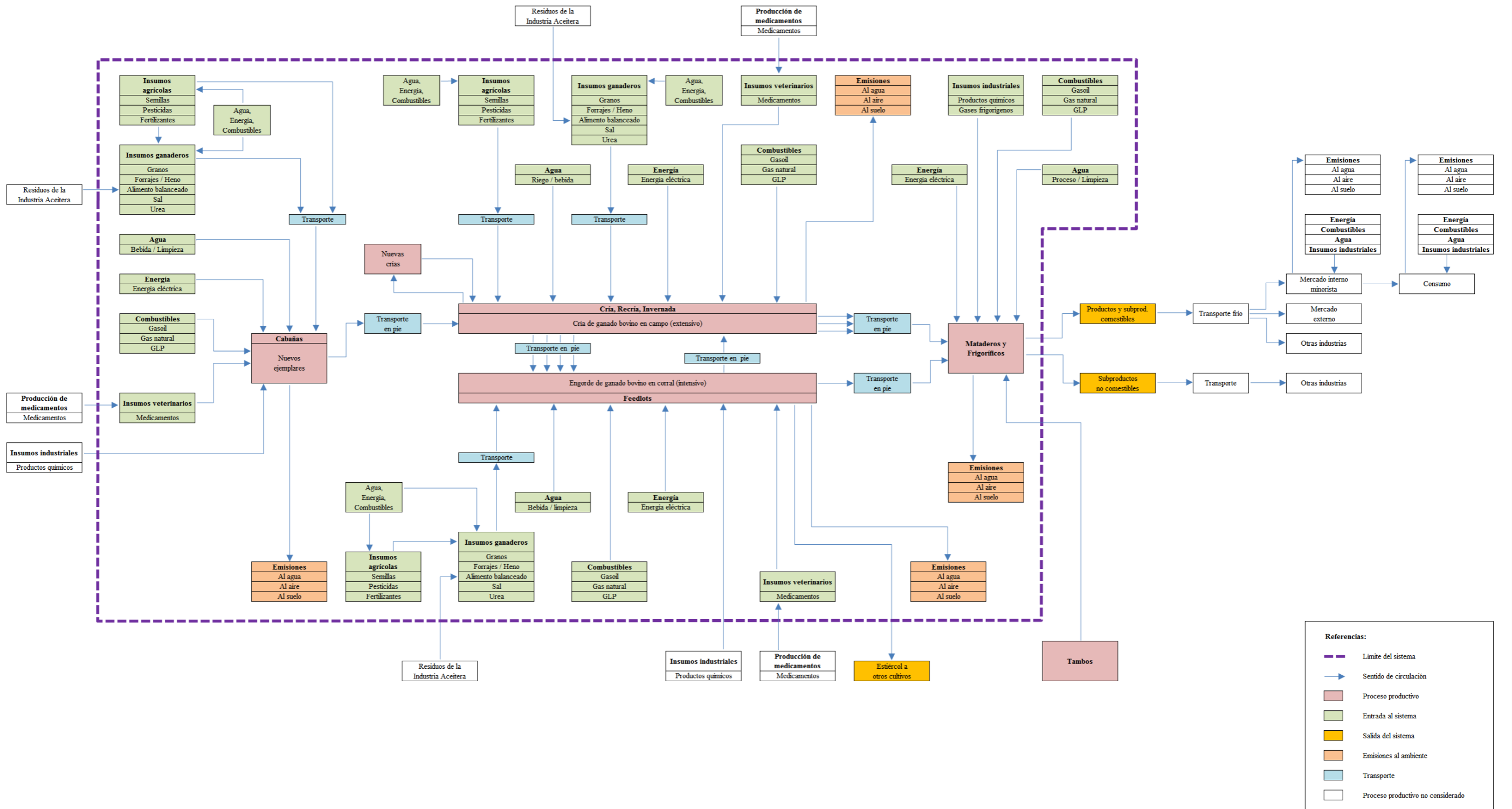


Figura A.3 – Diagrama de flujo de la industria cárnica bovina, incluyendo flujos de entradas y salidas de insumos, transportes y emisiones. (Elaboración propia basada en datos de fuentes citadas).

Nota final

Los textos citados a lo largo del trabajo de tesis forman parte de una muy extensa bibliografía que, aunque no aparezca mencionada, se utilizó para contrastar y respaldar todo lo argumentado.

La bibliografía proveniente de medios electrónicos es susceptible de sufrir cambios en su ubicación, ser modificada, revisionada o eliminada, o simplemente no encontrarse disponible al momento de su consulta. Si esto ocurriese, podrá solicitarse dicha información a la siguiente dirección de correo electrónico: diego.a.nunez@gmail.com