



URUGUAY

INFORME SOBRE LA HUELLA AMBIENTAL GANADERA

OCTUBRE 2022



Ministerio
de Ambiente



Ministerio
de Ganadería,
Agricultura y Pesca

inac
Instituto Nacional de Carnes



Instituto Nacional de la Leche

inia
URUGUAY

ÍNDICE

Tabla de Contenidos

RESUMEN EJECUTIVO.....	4
1. ANTECEDENTES	8
1.1. CONTEXTO INTERNACIONAL	8
1.2. CONTEXTO NACIONAL	9
1.2.1 SECTOR PÚBLICO	9
1.2.2. SECTOR PRIVADO	11
1.3. INVESTIGACIÓN NACIONAL	12
1.4. MARCO DE TRABAJO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA HUELLA AMBIENTAL GANADERA	13
2. BIODIVERSIDAD	15
2.1 METODOLOGÍA BIODIVERSIDAD	15
2.2 RESULTADOS DE LOS INDICADORES VINCULADOS A BIODIVERSIDAD	16
2.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LOS INDICADORES DE BIODIVERSIDAD	23
3. AIRE	26
3.1 METODOLOGÍA DE AIRE	26
3.2 RESULTADOS DE LOS INDICADORES VINCULADOS A AIRE	31
3.2.1. BOVINOS DE CARNE	31
Fase producción primaria	31
Fase industrial	32
Fase producción primaria	33
Fase industrial	38
3.2.2. BOVINOS DE LECHE	39
3.2.2.1. Nivel I	39
Fase producción primaria	39
Fase industrial	39
Fase producción primaria	40
Fase industrial	40
Fase producción primaria	41
3.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LOS INDICADORES DE AIRE	43
3.2.1. BOVINOS DE CARNE	43
3.2.2. BOVINOS DE LECHE	43
4. SUELO Y AGUA	46
4.1 METODOLOGÍA	46
4.2 RESULTADOS DE LOS INDICADORES DE LA HUELLA AMBIENTAL PARA SUELO Y AGUA	48
4.2.1. PRODUCCIÓN DE CARNE	49
4.2.2 SECTOR LECHERO	56
5. COMENTARIOS GENERALES LECCIONES APRENDIDAS	63
6. BIBLIOGRAFÍA	65

Equipo de trabajo

Equipo Interinstitucional

El equipo de trabajo de la huella ambiental de la ganadería se conformó el 11 de mayo de 2021, por representantes de las diferentes instituciones; Ministerio de Ambiente (MA) y Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP), integrando luego al Instituto Nacional de Carnes (INAC); Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), e Instituto Nacional de la Leche (INALE).

Este grupo general, integrado por representantes de las instituciones anteriormente descritas, subdividió las dimensiones del trabajo en tres áreas mediante la creación de tres subgrupos interdisciplinarios para trabajar en indicadores de la huella ambiental de la ganadería en: biodiversidad; aire, suelo y agua. A la vez cada subgrupo cuenta con representantes de dichas instituciones y de expertos convocados a título individual de la UDELAR y la Mesa de Ganadería sobre Campo Natural (MGCN).

Los representantes de cada institución en el equipo general de la huella ambiental de la ganadería son:

MA: Dr. Gerardo Evia (Coordinador del grupo Biodiversidad)
Ing. Agr. Cecilia Penengo (Coordinadora del grupo Aire)
Ing. Quim. (MBA) Juan Pablo Peregalli (Coordinador del grupo Suelo y Agua)
Dra. Valeria Uriarte (Secretaria general)

MGAP: Lic. (MSc.) Felipe García (Coordinador del grupo Aire)

INAC: Ing. Agr. (Dr.) Pablo Caputti

INIA: Ing. Agr. (MSc.) Gonzalo Becoña (Coordinador del grupo Aire)

INALE: Ing. Agr. Ernesto Triñanes

Los integrantes de los subgrupos son:

Biodiversidad:

MA: Lic. (MSc) Ana Laura Mello, Lic. Cecilia Suárez, Dr. Gerardo Evia, Dra. Valeria Uriarte

MGAP: Ing. Agr. (MSc.) Diego Cáceres

CURE: Lic (MSc.) Álvaro Soutullo

FAGRO: Lic (Dr.) Santiago Baeza

INAC: Ing. Agr. (MSc) Gianni Motta

INIA: Ing. Agr. (Dr.) Oscar Blumetto, Ing. Agr. (PhD) José Paruelo

MGCN-IPA: Ing. Agr. Marcelo Pereira

Aire:

MA: Ing. Agr. Cecilia Penengo, Ing. Quim. Javiera Salas, Dra. Valeria Uriarte, Ing. Quim. Verónica González

MGAP: Ing. Agr. (MSc) Andrés Castagna, Lic. (MSc) Felipe García, Ec. Juan Baraldo, Ing. Agr. María José Alegrette, Ing. Agr. (MSc) Natalia Román, Ing. Agr. Nicolás Costa

FAGRO: Ing. Agr. (Dra.) Laura Astigarraga

INAC: Ing. Agr. (MSc) Gianni Motta, Lic. (MEc). Lorena Muñiz

INALE: Ing. Agr. Ernesto Triñanes

INIA: Ing. Agr. (PhD) Alejandro La Manna, Ing. Agr. (MSc) Gonzalo Becoña, Ing. Agr. (PhD) Verónica Ciganda

Suelo y Agua:

MA: Ing. Quím. Federico Souteras, Ing. Agr. Sebastián Falco, Ing. Agr. Sebastián Viroga, Ing. Luis Reolón, Ing. Agr. (Dr.) Pablo Reali, Lic. (MSc) Federico Weinstein, Ing. Agr. Sebastián Rosas, Ing. Amb. Jessica Fernández, Téc. Francis Costa, Téc. Agrop. Nicolas Barolín, Ing. Quím. (Dra) Viviana Huguaburu, Cra. Sofía Aldecosea, Ing. Agr. (MSc) Ignacio Sommer, Ing. Agr. María José Alegrette (MA), Ing. Quím. (MBA) Juan Pablo Peregalli (MA), Dra. Valeria Uriarte (MA)

MGAP: Ing. Agr. (MSc) Andrés Beretta, Bach. Fernando Fontes

CURE: Lic. (Dr.) Néstor Mazzeo

FAGRO: Ing. Agr. (PhD) Carlos Perdomo, Ing. Agr. (PhD) Gervasio Piñeiro, Ing. Agr. (PhD) Lucía Salvo

INAC: Ing. Quím. (MSc) Ignacio Di Pascua

INIA: Bioq. (Dr.) Leónidas Carrasco-Letelier, Ing. Agr. (PhD) Andrés Quincke, Ing. Agr. (PhD) Virginia Pravia.

Antecedentes y edición:

Ing. Agr. (PhD) Carolina Lizarralde, PNUD-MA

Dr. Gerardo Evia, DINABISE, Ministerio de Ambiente

Ing. Quím. (MBA) Juan Pablo Peregalli, DINACEA, Ministerio de Ambiente

Ing. Agr. Cecilia Penengo, DINACC, Ministerio de Ambiente

Lic. (MSc) Felipe García, OPYPA-USYCC, MGAP

Diseño:

Lic. Lucia Beloqui, PNUD

Imágenes de portadas:

Hereford: Ing. Agr. Alejandro Puchiele

Angus: Sociedad de Criadores de Aberdeen Angus del Uruguay

Biodiversidad: SNAP, Ministerio Ambiente

Suelos y Agua: Ing. Agr. Andrés Grunert

Resumen Ejecutivo

Contexto de la actividad ganadera en el Uruguay:

La suma de las superficies ganadera y agrícola-ganadera al año 2020 en Uruguay fue de alrededor de 15 millones de hectáreas (DIEA, 2021). Sobre esta superficie, al mismo año, se declararon 11.8 millones de cabezas de ganado vacuno y 6.3 millones de cabezas de ovinos (DIEA, 2021).

Dentro de estas superficies se destaca como ecosistema con bajo nivel de antropización el campo natural (o pastizal), siendo la principal base forrajera para la producción de carne en Uruguay (figura 1); mientras que para la producción lechera la base forrajera es típicamente agrícola. Según la cartografía de usos del suelo de la Dirección Nacional de Ordenamiento Territorial (2020) así como la generada por MapBiomas (2019), se estima que los pastizales naturales ocupan el 51% de la superficie terrestre del Uruguay, lo que equivale a 9.13 millones de hectáreas. La superficie de praderas sembradas y cultivos forrajeros declarada en las Declaraciones Juradas de Semovientes se ubicaron en el 6.72% y 16.8% de la superficie explotada para sistemas ganaderos y agrícola-ganaderos respectivamente.

Trabajo desarrollado y sus resultados:

En mayo de 2021, el Ministerio de Ambiente (MA), el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP), el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), el Instituto Nacional de Carnes (INAC), y el Instituto Nacional de la Leche (INALE) iniciaron un trabajo para determinar la huella ambiental de la ganadería, en la búsqueda de alinear las políticas productivas y ambientales en el marco de una transición hacia el desarrollo sostenible. En enero de 2022, a través de la Resolución Ministerial Nº 72/2022 del Ministerio de Ambiente, se formaliza e institucionaliza este equipo interinstitucional y se comienzan a trabajar en tres subgrupos con el cometido de identificar indicadores que permitan medir la huella ambiental de la ganadería en biodiversidad, aire, suelo y agua. La hoja de ruta establecida fijó tres hitos relevantes en un cronograma de un año de trabajo:

- I. establecer indicadores,
- II. determinar los valores para estos indicadores y
- III. generar propuestas y recomendaciones a partir del trabajo que se realizaría en cuanto a políticas y estrategias de competencia de las instituciones participantes.

Luego de un año de trabajo se han definido los indicadores y realizado la primera determinación para cada uno de ellos, lo que constituye la primera huella ambiental de la ganadería uruguaya.

En este trabajo se incluyen indicadores relativos a la actividad ganadera de bovinos, se incluyen parcialmente aquellos relativos a ovinos y se excluyen otros como los de aves y cerdos.

Los indicadores definidos y medidos son:

1. Porcentaje de hábitat naturales.
2. Apropiación humana de la producción primaria neta (AHPPN)
3. Índice de oferta de servicios ecosistémicos (SE)
4. Diversidad de tipos funcionales de ecosistemas
5. Emisiones de gases de efecto invernadero totales
6. Intensidad de emisiones de gases de efecto invernadero por hectárea
7. Intensidad de emisiones de gases de efecto invernadero por kilo de producto
8. Erosión
9. Índice de fósforo
10. Exportación de nutrientes desde fuentes difusas
11. Exportación de materia orgánica y nutrientes desde fuentes puntuales
12. Residuos
13. Consumo de agua
14. Consumo de energía
15. Impacto de plaguicidas

Este documento sintetiza los avances realizados a la fecha por los tres subgrupos: biodiversidad, aire, suelo y agua, integrada por las instituciones mencionadas, donde a partir de la definición de un marco conceptual y abordaje metodológico acordados, se identificaron indicadores para medir, ya sea de forma directa como indirecta, los impactos ambientales de la ganadería a nivel nacional, y a diferentes escalas. Para el trabajo se determinó el alcance incluyendo a los sectores primarios e industriales asociados a la producción de leche y carne y los impactos a nivel nacional, local (por sistema productivo, sección policial, departamento o planta industrial de acuerdo a la disponibilidad de información) y de los productos (carne, lana y leche).

En biodiversidad se puede destacar:

- Alta proporción de ambientes naturales donde un 51% son pastizales naturales, un 5.3% son bosques nativos y 3.2 % humedales.
- Las secciones policiales con mayor superficie dedicada a la ganadería poseen las mayores superficies de hábitat naturales; principalmente pastizales, pero también humedales y bosques nativos. En estas secciones policiales además se encuentra la mayor proporción de áreas de prioridad para conservación.

- La proporción de seccionales policiales ganaderas¹ con tendencias negativas en la oferta de servicios ecosistémicos es sustancialmente menor que en áreas no ganaderas, lo que refleja una menor área con pérdida de servicios ecosistémicos en este uso del suelo.
- Para áreas ganaderas sobre pastizales naturales la apropiación humana de la productividad primaria es menor al 11% reflejando la mayor disponibilidad de energía para el mantenimiento de procesos ecosistémicos y de especies nativas.

Los principales resultados de aire fueron:

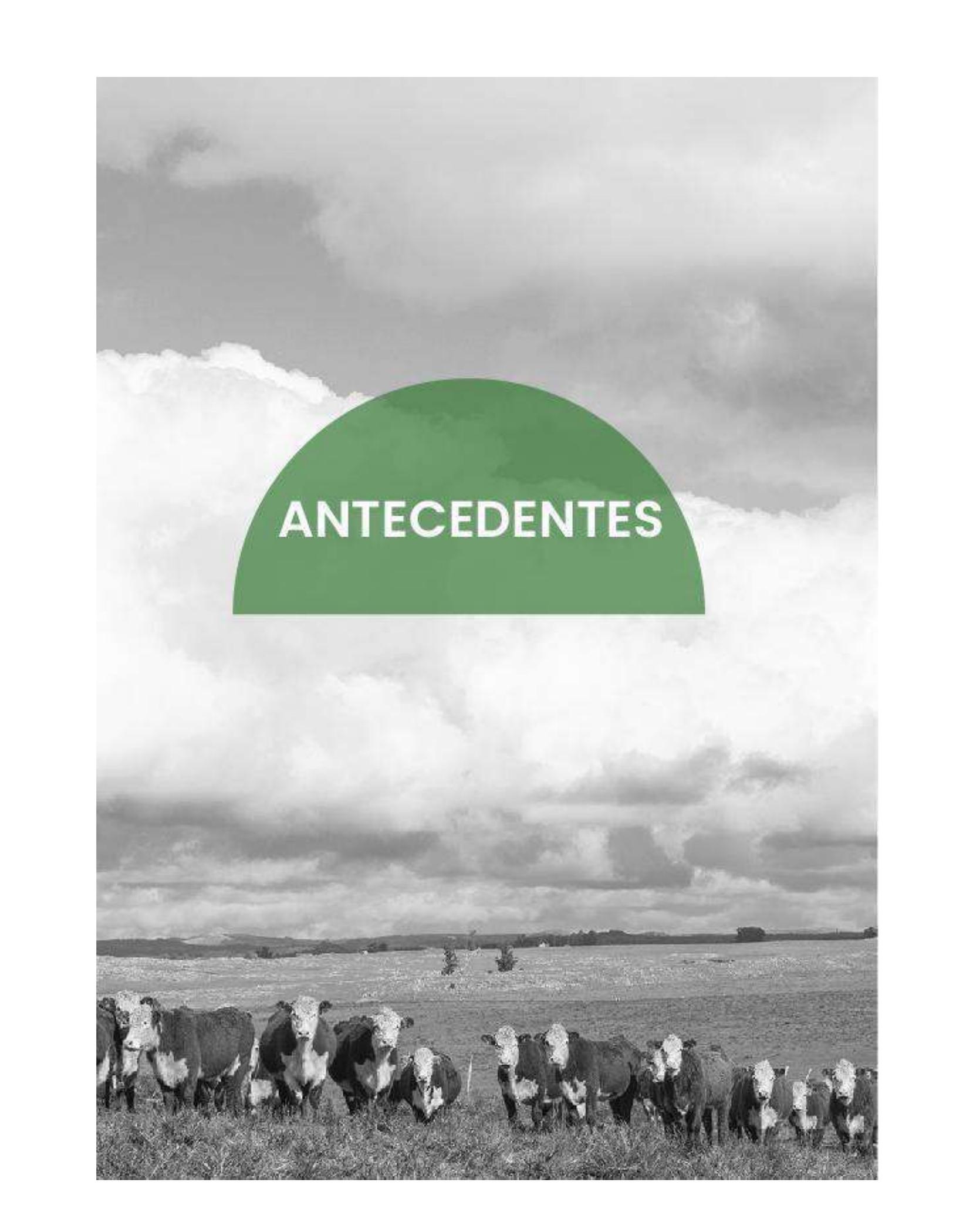
- Para la Ganadería, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) / ganancia de peso vivo (GPV) presentan un valor promedio de 18,4 kg CO₂eq² / kg carne equivalente PV. El análisis reporta valores mayores a este promedio para las zonas criadoras como la región Basalto y valores menores para las regiones recriadoras y de terminación, como el Litoral Sur y la región Este del país. Estas diferencias en los sistemas productivos están altamente asociadas a la capacidad de uso del suelo según regiones, aunque dentro de cada región es posible constatar diferencias según demuestra el análisis por secciones policiales.
- Para la Lechería, las emisiones de GEI por litro de leche presentan un valor promedio de 0.989 g CO₂eq / kg leche corregida por grasa y proteína (LCGP). En torno a este promedio, hay valores 10% menores asociados a mayores productividades de leche por hectárea aunado a vacas con alta producción, lo cual diluye las emisiones de GEI asociadas a los gastos de mantenimiento de los animales. En este sentido, resalta la importancia de la alimentación en base a forrajes y en menor medida en base a concentrados, lo cual mejora la eficiencia productiva con menor uso de insumos como los concentrados que presentan mayor emisión de GEI/kg materia seca (MS) que en el caso del forraje.

En suelo y agua se concluye lo siguiente:

- La pérdida de suelo por erosión, el transporte de nutrientes (nitrógeno y fósforo) y sustancias químicas tanto al suelo como al agua y la gestión de residuos son los aspectos ambientales relevantes a atender en el sector primario de producción.
- En el sector industrial el vertido de aguas residuales con sus cargas respectivas de materia orgánica y nutrientes junto con la generación de residuos son los aspectos ambientales más relevantes.
- Para varios de los aspectos ambientales relevantes hay alternativas para mejorar el desempeño ambiental del sector, donde los cambios en los sistemas de producción, la innovación tecnológica y la mejora en las prácticas de producción son elementos relevantes para el desarrollo sostenible de esta actividad.

¹ Se entiende por área ganadera la superficie del territorio donde predominan los recursos forrajeros, ya sea pastizales naturales o praderas sembradas de acuerdo a Paruelo et al. (2016).

² En base a GWP₁₀₀ AR2



ANTECEDENTES

1. Antecedentes

1.1. Contexto internacional

En junio de 1972, hace 50 años, se celebró en Estocolmo, Suecia, la conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio humano. Esta fue la primera conferencia a nivel global que tuvo la preservación del ambiente como tema central. Allí se estableció “proteger y mejorar el medio ambiente para las generaciones presentes y futuras” (Naciones Unidas, 2022a) y surgió una declaración de principios que hasta hoy guía las políticas públicas y acuerdos internacionales en esta temática. Asimismo, esta conferencia fue un hito importante que marcó el comienzo de una nueva manera de dialogar entre los países industrializados y en desarrollo. Como resultado se crea el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

El concepto de protección del ambiente continuó evolucionando y en 1987 se publicó el informe Brundtland. Este establece una nueva definición de desarrollo sostenible: “es el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras para satisfacer las suyas” (Naciones Unidas, 2022b).

En la década de los ´90 emerge una conciencia global sobre el medio ambiente. En 1992 tiene lugar la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (Cumbre de Río) de la cual surgen, como uno de sus principales resultados, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB). En 1994 fue establecida la Convención de las Naciones Unidas sobre la lucha contra la desertificación (CNULD).

También en los ´90 surge el concepto de “food miles” en Reino Unido que hace referencia a las millas que viaja un alimento hasta llegar al consumidor final. Este concepto luego evolucionó hacia la huella de carbono la cual puede definirse para productos como “las emisiones totales de gases de efecto invernadero (expresada como CO₂-equivalente) de un producto a través de todo su ciclo de vida (desde producción de materias primas hasta disposición del producto terminado; excluyendo las emisiones por uso del producto).

El 2015 fue uno de los años más relevantes a nivel internacional, en la medida que tuvieron lugar diversas conferencias claves e interrelacionadas que derivaron en documentos sustantivos para la arquitectura ambiental y climática global, entre las que se destacan la adopción de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (ODS) en la Asamblea General de las Naciones Unidas y la adopción del Acuerdo de París en la 21a Conferencia de las Partes de la CMNUCC (Naciones Unidas, 2015).

La producción de alimentos de manera sostenible es una actividad transversal que impacta en diferentes ODS (hambre cero, acción por el clima, vida submarina, vida de ecosistemas terrestres) y está explícitamente considerada en el artículo 2, párrafo 1 b) del Acuerdo de París, que establece como uno de sus objetivos “aumentar la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático y promover la resiliencia al clima y un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero, de un modo que no comprometa la producción de alimentos”.

Para responder a estas demandas globales, varias empresas internacionales se han fijado metas ambientales de reducción de emisiones de efecto invernadero, de energía, consumo de agua, así como de conservación o restauración de la biodiversidad. Por ejemplo, en Nueva Zelanda desde hace un par de años importantes empresas del sector lácteo y cárnico están trabajando con el instituto de investigación Agresearch y una empresa certificadora para etiquetar carne y leche carbono neutro. Otra iniciativa a destacar es la de Brasil, donde EMBRAPA trabajó con un frigorífico en el protocolo para un etiquetado de carbono neutro la cual ya se comercializa en el país. En cuanto a industrias lácteas, varias se han fijado la meta de ser carbono neutral para el año 2050 y ya están comercializando leche carbono neutral en el mercado.

Asimismo, hace 10 años la [Comisión Europea comenzó a trabajar en la huella ambiental](#) y varias empresas multinacionales formaron parte de este plan piloto (European Commission PEF, 2021). El estudio identificó 16 indicadores los cuales se detallan a continuación: cambio climático, reducción de ozono, toxicidad cancerígena en humanos, toxicidad no-cancerígena en humanos, material particulado, radiación ionizante, formación de fotoquímicos para el ozono, acidificación, eutrofización terrestre, eutrofización del agua superficial, eutrofización marina, ecotoxicidad de agua superficial, uso del suelo, uso del agua, uso de recursos minerales y metales, uso de recursos fósiles. En el sector carne se discontinuó el trabajo en el plan piloto mientras que la leche se logró culminar el proceso. La Comisión Europea continúa trabajando en esta temática y en el año 2021 se evaluó la implementación del análisis de ciclo de vida y la huella ambiental en nueve países de la UE: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, Francia, Holanda, Italia, Suecia y Suiza.

1.2. Contexto nacional

Nuestro país ha adherido a diferentes iniciativas impulsadas en el ámbito internacional en el sentido de lo expuesto en este capítulo y también se encuentra impulsando un enfoque que además de considerar como relevantes los temas asociados al cambio climático incorpore otros que son necesarios para el desarrollo sostenible. Entre ellos la necesidad de alimentos generada por el crecimiento demográfico y una justa valoración de los sistemas productivos en relación a una ecología integral, particularmente en relación a los vínculos de la producción con la biodiversidad, aire, suelo y agua.

1.2.1 Sector público

En relación con los Acuerdos Multilaterales sobre Medio Ambiente, Uruguay ratificó el CDB en 1993, la CMNUCC en 1994, la CNUCLD en 1997, el Protocolo de Kioto en 2001, el Protocolo de Cartagena en 2011, el Protocolo de Nagoya en 2014 y el Acuerdo de París en 2016.

En materia de cambio climático, en 2009 se crea el Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático y variabilidad (SNRCC), por Decreto del Poder Ejecutivo, como ámbito de coordinación horizontal en este tema, a cargo del actual Ministerio de Ambiente, en el que participan instituciones públicas que trabajan en temas de cambio climático y cuyo objetivo es coordinar y planificar las acciones necesarias para la adaptación y mitigación del cambio climático.

En este ámbito se elaboró la Política Nacional de Cambio Climático y la primera Contribución Determinada a nivel Nacional (CDN) al Acuerdo de París, con objetivos de cumplimiento al año 2025 (Ministerio Ambiente, 2022a). Dado que la ganadería de carne es responsable de una alta proporción de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a nivel nacional, en la CDN se incluyeron objetivos específicos para este sector. En ganadería de carne vacuna, se estableció el objetivo de reducir un 32% la intensidad de emisiones de metano (CH₄) por kg de carne vacuna en peso vivo y 34% la intensidad de emisiones de óxido nitroso (N₂O) por kg de carne vacuna en peso vivo con respecto al año 1990. De acuerdo a los datos del Visualizador de avances en la CDN de Uruguay (Ministerio de Ambiente, 2022b), el progreso actual en estos indicadores es de un 88 y 85% respectivamente. Para el resto de las emisiones provenientes del sector agropecuario, no se plantean objetivos específicos, sino que se incluyen como parte de objetivos globales de reducción de intensidad de emisiones de metano (CH₄) y de óxido nitroso (N₂O) respecto a la evolución de la economía (PIB) con respecto al año 1990 en 57% y 48% respectivamente. De acuerdo a los datos del Visualizador de avances en la CDN de Uruguay (Ministerio de Ambiente, 2022b), el progreso actual en estos indicadores es de 88% y 102% respectivamente.

Del Acuerdo de París surge también la invitación a que cada país elabore una Estrategia Climática de Largo Plazo al 2050, la cual fue presentada por Uruguay ante la CMNUCC en diciembre de 2021 (Ministerio de Ambiente, 2022c). Asimismo, la segunda Contribución Determinada a nivel Nacional de Uruguay al Acuerdo de París, con objetivos de cumplimiento al año 2030, se encuentra en elaboración en el marco del SNRCC.

Uruguay también es parte de la Convención de Lucha contra la Desertificación y de la Convención de la Diversidad Biológica. En el marco de estas convenciones el país ha asumido compromisos estableciendo metas y estrategias alineadas con las resoluciones emanadas de las conferencias de las partes. Ambas están fuertemente vinculadas con los compromisos de la CMNUCC y el acuerdo de París en relación con el sector agropecuario.

Respecto a la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (UNCCD) y al Mecanismo Mundial de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación (MM) tendiente a determinar el grado de degradación de la tierra a nivel global, Uruguay ha adoptado el compromiso de implementar un Programa de Establecimiento de Metas (PEM) voluntarias de Neutralidad en la Degradación de la Tierra (NDT) al 2030. En el marco del proyecto Asistencia técnica para el seguimiento y la presentación de informes a la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (UNCCD) entre julio de 2020 y junio del 2022 se llevó a cabo la última etapa del proceso de establecimiento de metas e indicadores. Actualmente Uruguay cuenta con 12 metas voluntarias (MV), con sus respectivos indicadores de progreso, la metodología para implementarlos, las medidas asociadas para la NDT, y un entorno institucional que contribuyen al apalancamiento de las mismas. (Medina S. 2022)

La [Estrategia Nacional de Biodiversidad 2016-2020](#) responde al cumplimiento de los compromisos asumidos por Uruguay, como Estado Parte de la Convención de Diversidad Biológica de las Naciones Unidas (CDB); y contribuye con los objetivos del [Convenio sobre Diversidad Biológica](#) a nivel global. Comprende 41 Metas Nacionales para la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica, y 8 Ejes de Acción. La estrategia al 2030 en vías de desarrollo deberá estar alineada con las decisiones de la COP 15 (diciembre 2022).

Por otro lado, desde principios del 2000 el Instituto Nacional de la Carne (INAC) inició un proceso de puesta en valor de atributos no convencionales de nuestras carnes a través del desarrollo de protocolos de certificación a nivel de producción primaria (Protocolo Carne Natural Certificada del Uruguay) incorporando elementos vinculados a buenas prácticas de manejo de los sistemas de producción, bienestar animal, inocuidad y otros. Algunos productores se sumaron a ese proceso que aún continúa en desarrollo. Otras iniciativas en el sector primario abordaron la perspectiva del agregado de valor con énfasis en biodiversidad.

En lo referente al sector lácteo, el MA en conjunto con el Instituto Nacional de la Leche (INALE) y el MGAP se encuentra actualmente trabajando en un sistema de auditoría que permitirá implementar certificaciones ambientales voluntarias a los predios lecheros que cuenten con sistemas de gestión de efluentes (SGE). De esta manera se reducirán las pérdidas de nutrientes del predio a las aguas superficiales y subterráneas y se podrá utilizar con el fin de fertilización de suelos. Además, se vincula esta herramienta con la valorización del producto y el desarrollo sostenible de la actividad, procurando tanto beneficios comerciales por la valorización del producto, así como beneficios económicos y financieros por adoptar prácticas sostenibles de producción.

En forma paralela la investigación nacional (INIA), la academia (Fagro) y la extensión (IPA), desde inicios del 2010 han propiciado trabajos científicos para establecer factores de emisión en condiciones nacionales, así como estudios y modelación de emisiones GEI en sistemas de producción y huella de carbono a nivel nacional, con el objetivo de identificar vías de mitigación de las emisiones en sistemas ganaderos y lecheros.

La innovación de la marca “Uruguay país natural” como productor natural de alimentos es un bien público asociado a la buena sanidad, inocuidad, control comercial, buenas prácticas ganaderas y de manufactura que se encuentra respaldado por la trazabilidad del producto. Esta marca, le ha permitido al país acceder de forma diferencial a mercados donde se valora este aspecto.

1.2.2. Sector privado

Desde hace varios años, también en el sector privado se viene impulsando una estrategia de diferenciación y valor agregado al producto con visión integral. En este contexto, existen una serie de exitosas iniciativas empresariales y asociaciones del desarrollo de marcas de calidad y/o procesos de certificación de la carne (Montossi y Cazzuli, 2019).

A nivel nacional se identifican varias iniciativas de productores y empresas que buscan diferenciarse por su sistema de producción pastoril y natural, así como su biodiversidad asociada. Varias de ellas promueven la ganadería natural, a cielo abierto y pastoril. Se diferencian por su marca registrada y por mantener un sistema de gestión de calidad que incluye un protocolo de buenas prácticas de bienestar animal, de origen pastoril y otros atributos ambientales. Otras buscan certificar su carne a partir de un protocolo donde los productores deben tener al menos 50% de su área con pastizales nativos (campo natural o campo natural mejorado).

A destacar entre los diferentes actores de la cadena cárnica del Uruguay, en 2021 surge en Uruguay un interés del sector privado de certificar productos carbono neutro. Al día de hoy ya son tres las empresas ganaderas que han verificado sus emisiones y tres grupos de frigoríficos (multinacionales) han tomado acciones referentes a gases de efecto invernadero, ya sea a través de acuerdos con empresas forestales o compra de bonos de carbono para exportar carne carbono neutro o desarrollando aplicaciones para que los productores puedan calcular la huella de carbono de la carne.

En el sector lácteo, la principal industria láctea y varios establecimientos han logrado la certificación “grass-fed” la cual garantiza la producción de leche en base a pasto (más de un 85% de la dieta), el no uso de hormonas ni antibióticos, la trazabilidad del rodeo lechero, la aplicación de los protocolos de bienestar animal y el cumplimiento de determinados aspectos en la dimensión social.

Parte de la industria láctea como también el INALE se encuentran trabajando en adaptar sus estrategias con enfoque de sostenibilidad, alineando sus acciones a aspectos ambientales, económicos, sociales y de gobernanza. Dichas acciones se comunican a través de sus memorias o reportes de sostenibilidad construidas con metodologías como ser la de Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), Global Reporting Initiative (GRI) entre otros estándares de sostenibilidad que se encuentran en discusión y adopción a nivel mundial.

1.3. Investigación nacional

Hace más de 10 años en el país se estudia el impacto ambiental de la producción ganadera con distintos enfoques, métodos e indicadores. Entre 2010-12 un grupo interinstitucional (MGAP-FAGRO-INIA-LATU) realizó el primer estudio de la huella de carbono del sector cárnico y lácteo a nivel nacional (MGAP-INIA-LATU, 2013). Estudios comparativos, entre distintos sistemas de producción de leche y carne encontraron un rango de variación importante entre los sistemas. En términos generales, se encontró que a mayor productividad de leche o carne menor es la huella de carbono (Becoña et al., 2014, Lizarralde et al., 2014). Además, una buena utilización del forraje fue identificada como una medida de mitigación de gran impacto ya que aumenta la productividad de carne y leche y por ende reduce la huella de carbono. Posteriormente, un estudio integral que evaluó varios indicadores ambientales, encontró que la huella de carbono de la carne y leche tienen *trade-offs* sobre otros indicadores ambientales como la biodiversidad, el balance de nutrientes, erosión, ecotoxicidad y energía entre otros (Picasso et al. 2014; Darre et al. 2021).

1.4. Marco de trabajo para la determinación de la huella ambiental ganadera

Con el objetivo de establecer una herramienta que contribuya de forma sustancial al desarrollo sostenible de la producción de carne y leche, considerando dos elementos fundamentales, la protección del ambiente y dar valor adicional a lo producido, basado en la información y conocimiento disponibles en el país, en el año 2021 el Ministerio de Ambiente (MA), el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP), el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Instituto Nacional de la Carne (INAC) y el Instituto Nacional de la Leche (INALE), conformaron un equipo interinstitucional constituido por 50 técnicos de dichas instituciones y de la Universidad de la República (UDELAR) para estudiar la huella ambiental de la ganadería. En mayo de 2021 se constituyó el grupo interinstitucional de trabajo y en agosto de 2021 se constituyeron tres subgrupos con participación multidisciplinaria e interinstitucional para trabajar en la definición de indicadores y su cálculo, comprendiendo la producción de carne y leche. En diciembre de 2021 se definió un set de indicadores y entre enero-abril de 2022 se determinaron los valores respectivos.

Se determinó el alcance incluyendo a los sectores primarios e industriales asociados a la producción de leche y carne y los impactos a nivel nacional, local (por sistema productivo, sección policial, departamento o planta industrial de acuerdo a la disponibilidad de información) y de los productos (carne y leche).

El objetivo fue elaborar un documento donde se determinara la huella ambiental de la ganadería, que permitiera dialogar con la sociedad en su conjunto, con los mercados y otras partes interesadas a nivel local e internacional. Para ello se consideró la información y conocimiento existente a nivel nacional, que se consolidó en un conjunto de indicadores generados y alimentados por las distintas instituciones y la academia.

La calidad en la determinación de los indicadores depende fundamentalmente de la información disponible y de los métodos de determinación definidos. El grado de desagregación que se presenta en el trabajo realizado para los diferentes indicadores es el que fue posible lograr con la información disponible en el tiempo dispuesto para la entrega de resultados y permitió identificar posibles brechas de información.

Por otro lado, el equipo de trabajo entiende que el producto servirá de base para la orientación de políticas públicas, tanto ambientales como productivas y procurar su alineamiento y sinergia hacia un desarrollo sostenible de la actividad ganadera en el país. A largo plazo, se entiende que sería pertinente lograr un grado de desagregación mayor para los indicadores determinados, que permita trabajar con un grado de detalle que sea útil para la toma de decisiones de gestión, apoyo y orientación al sector productivo y partes interesadas. En ese extremo se encuentra la unidad básica de establecimiento agropecuario para el caso de sector primario o establecimiento industrial en el caso del sector agroindustrial.

También se entiende que para que este trabajo sea útil a largo plazo se debe establecer una frecuencia de determinación de los indicadores que permita, entre otras cosas, dar resultados de su evolución y contribución al desarrollo sostenible. Entre otros aspectos, puede ser necesaria la inclusión de nuevos indicadores y la revisión de los existentes, así como de su metodología de cálculo.

A grayscale landscape photograph featuring a large, semi-transparent yellow arch shape in the center. The arch contains the word "BIODIVERSIDAD" in white, bold, uppercase letters. The background shows a field of low-lying vegetation and a hill in the distance under a cloudy sky.

BIODIVERSIDAD

2. Biodiversidad

2.1 Metodología biodiversidad

Los indicadores propuestos han sido generados por el sistema de ciencia y tecnología uruguayo, producto de su trabajo asociado al sector ganadero y a la conservación de la diversidad biológica. Cuentan con protocolos publicados que permiten que sean auditados por pares (ver anexo I por bibliografía asociada) y brindan información que podrían brindarse a distintas escalas (figura 1).



Figura 1. Ejemplo gráfico de las oportunidades que representa un sistema de indicadores para medir la huella ganadera.

Para la evaluación de la biodiversidad se seleccionaron cuatro indicadores que pueden ser calculados tanto a escala país como a escala detallada, por ejemplo, sección policial o establecimiento. Los datos fueron obtenidos a través de sensoramiento por percepción remota y se midieron hasta escala de sección policial. Además, se propusieron tres indicadores que requieren mediciones de campo por lo que sus resultados no fueron incorporados en este informe.

Indicadores medidos a escala país/sección policial:

1. **Porcentaje de hábitat naturales:** identifica el porcentaje de los siguientes ambientes naturales: campo natural, humedales y monte nativo por sección policial.
2. **Apropiación humana de la producción primaria neta (AHPPN):** informa el impacto humano sobre los ecosistemas y es una forma de conocer la intensidad de uso del suelo.
3. **Índice de oferta de servicios ecosistémicos (SE):** se asocia de forma positiva a la diversidad específica de vegetales y aves e informa sobre la oferta de servicios de regulación y soporte.

4. Diversidad de tipos funcionales de ecosistemas: evalúa la biodiversidad funcional del territorio en términos de la dinámica estacional de las ganancias de carbono.

La información que se presenta en este informe no discrimina completamente entre subsistemas ganaderos: bovinos de carne, ovinos y bovinos de leche.

2.2 Resultados de los indicadores vinculados a biodiversidad

A los efectos del presente documento, se presentan resultados de los cuatro indicadores evaluados en el país con resultados para todas las seccionales policiales. Estos indicadores pueden tener una frecuencia de actualización anual, lo cual permite definir tendencias temporales para cada indicador por sección policial. A los efectos de la interpretación de los resultados, se entiende por área ganadera la superficie del territorio donde predominan los recursos forrajeros, ya sea pastizales naturales o praderas sembradas.

A continuación, se presentan resultados de los indicadores para los que se cuenta con información de todo el país. Los resultados se presentan por Sección Policial.

2.2.1. Porcentaje de Hábitats Naturales

Para la cuantificación de la proporción de hábitat natural por sección policial se utilizó la cartografía de usos del suelo elaborada por la Dirección Nacional de Ordenamiento Territorial para los años 2019/2020 a partir de imágenes Sentinel-2. El porcentaje de hábitat natural se calculó a partir de la suma de la superficie de pastizales naturales, bosques, y humedales, en relación a la superficie total de cada sección policial.

Las secciones policiales con mayor superficie de área ganadera presentan entre un 63 a 95% de superficie de hábitats naturales (figura 2). A su vez, también se calculó el porcentaje de superficie de cada sección policial ocupada por pastizales. En este caso también las secciones policiales con mayor superficie de área ganadera son las que presentan mayor superficie de pastizales (figura 3).

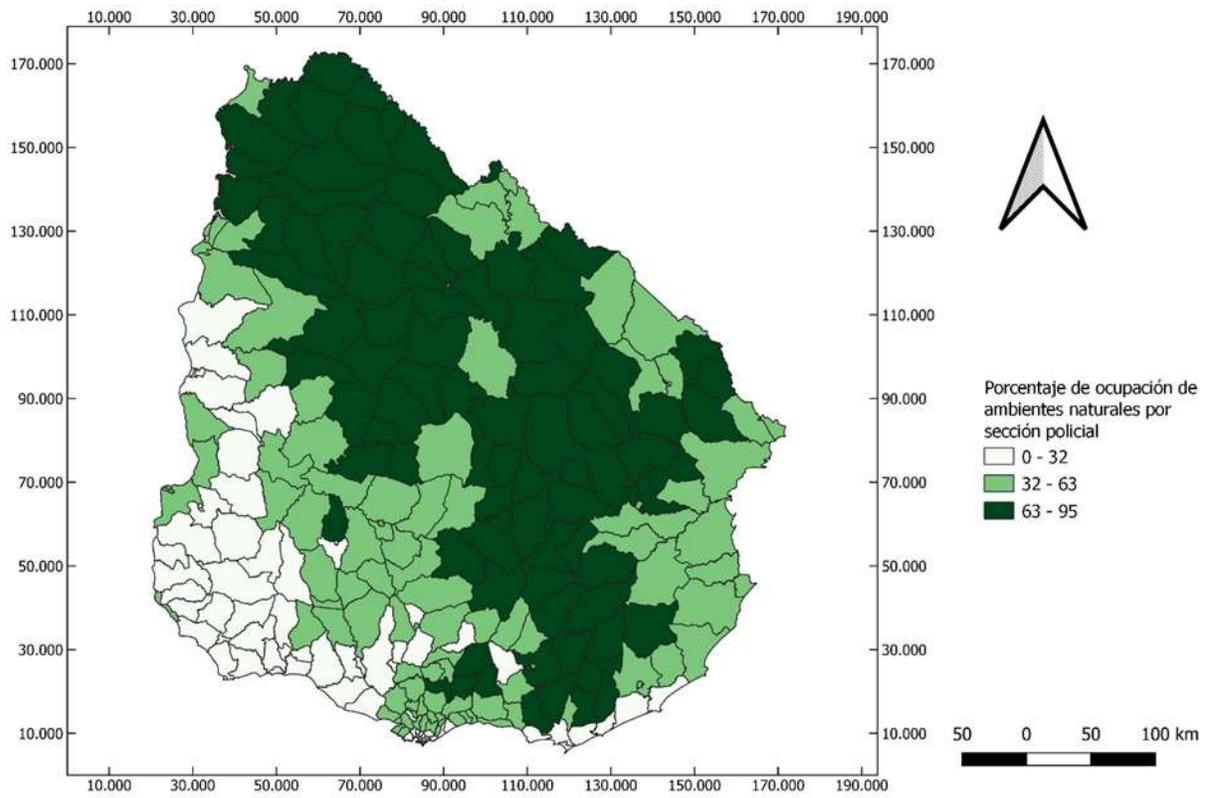


Figura 2. Porcentaje de la superficie de cada sección policial clasificada como hábitat natural (pastizal natural, bosque, humedal). Fuente de datos: Dirección Nacional de Ordenamiento Territorial. Cartografía de usos del suelo

2019/2020.

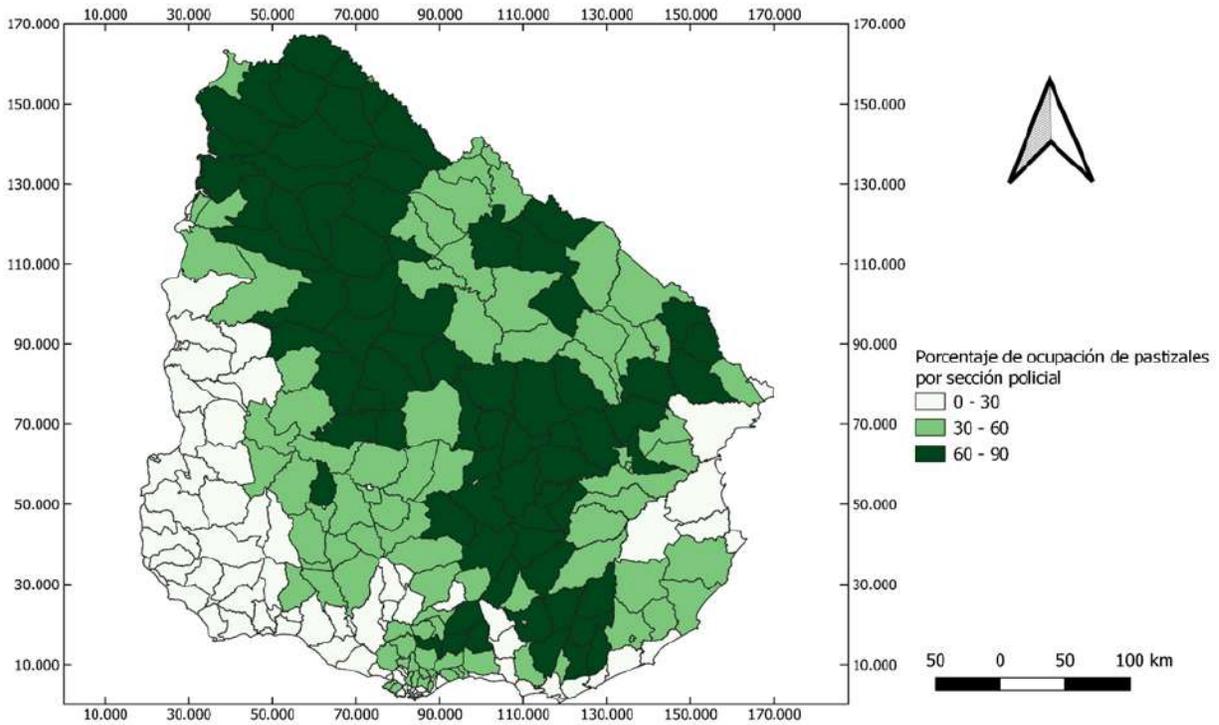


Figura 3. Porcentaje de la superficie de cada sección policial clasificada como pastizal natural. El color verde oscuro corresponde al 60-90% de pastizales naturales, verde claro 30-60%, y blanco 0-30%. Fuente de datos: Dirección Nacional de Ordenamiento Territorial. Cartografía de usos del suelo 2019/2020.

Las secciones policiales con mayor superficie de área ganadera, además de contener importantes superficies de hábitats naturales, también presentan una proporción importante de sitios con prioridad para la conservación, (figura 4).

Los sitios prioritarios fueron identificados en función de: i) las especies de mamíferos, aves, anfibios, peces, y plantas prioritarias para el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, o vulnerables al cambio climático; ii) ecosistemas amenazados debido a su distribución restringida; iii) provisión de servicios ecosistémicos; iv) ecorregiones y v) unidades de paisaje (Soutullo et al., 2013). Las prioridades se establecen en rangos de 0 a 1 con una resolución espacial de 1x1 km y se toman como insumos para procesos de decisión en el MA.

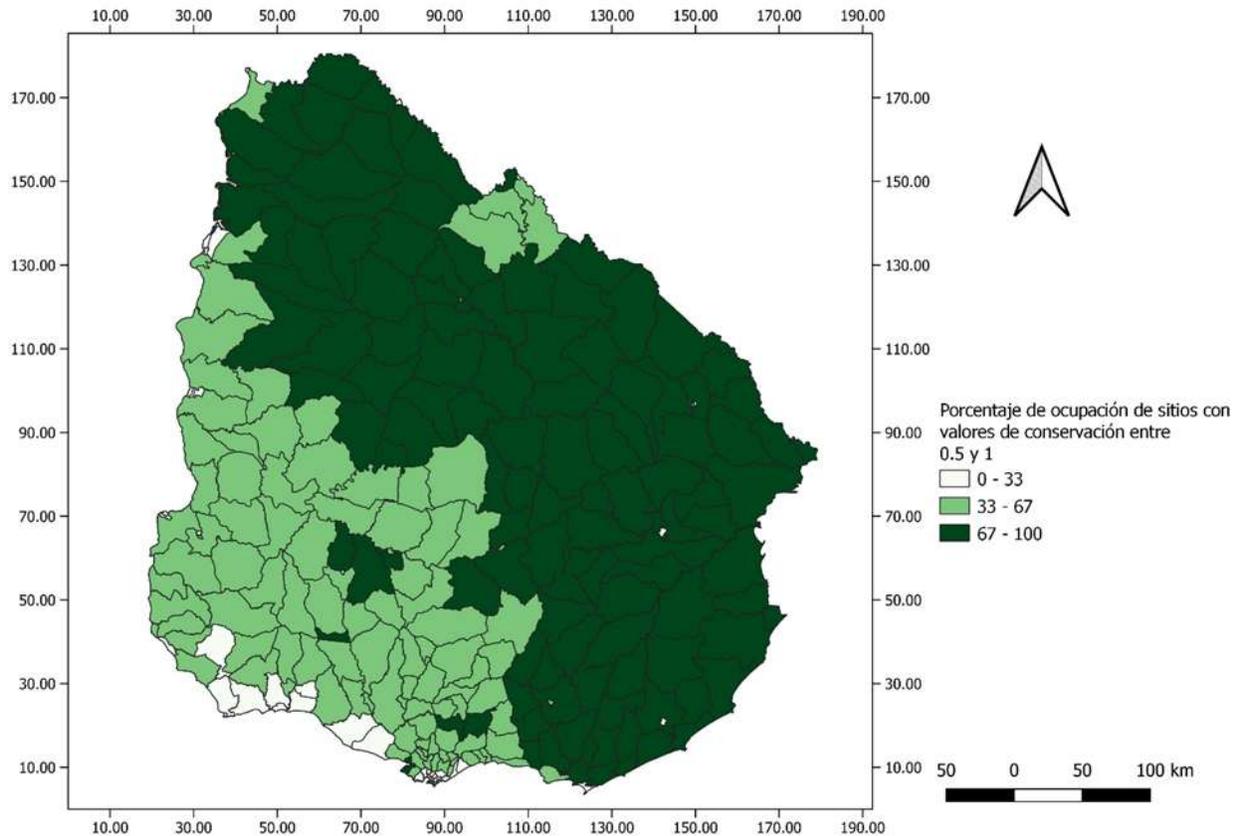


Figura 4. Porcentaje de la superficie de cada sección policial categorizada como sitio de prioridad para la conservación con valores entre 0,5 y 1. El color verde oscuro indica mayor porcentaje de superficie de sitios con prioridad de conservación, sobre la superficie total de la sección policial. Fuente de datos: DINABISE/MA

2.2.2. Índice de oferta de servicios ecosistémicos (IOSE)

Se calculó el índice de Oferta de Servicios Ecosistémicos (IOSE) (Paruelo et al. 2016, Staiano et al. 2021) promedio por sección policial para la campaña 2020-2021 y la proporción de tendencias negativas del índice para el periodo 2000-2021. Este producto provee información desde el 2000 a la actualidad con una resolución espacial de 250 metros (alrededor de 5.3 ha) y una resolución temporal de 16 días. Para el procesamiento y recolección de los datos a escala de sección policial de las variables descritas se utilizaron herramientas provistas por Sistemas de Información Geográficos (QGIS y ArcGIS), paquetes disponibles en RStudio y la plataforma Google Earth Engine (Gorelick et al. 2017).

Los mapas muestran, por un lado, la mayor oferta de Servicios Ecosistémicos (SE) en las porciones de las secciones policiales (SP) dedicadas a la ganadería (figura 5). Este patrón cambia en aquellas SP con superficies importantes de áreas forestadas (Rivera, por ejemplo). Por otro lado, la proporción de áreas ganaderas con tendencias negativas es sustancialmente menor en áreas ganaderas (figura 6). Esto refleja una menor área con pérdida de SE en este uso del suelo. De manera paralela, la proporción del área de las SP con tendencias positivas (recuperación) fue mayor en las porciones ganaderas de los establecimientos.

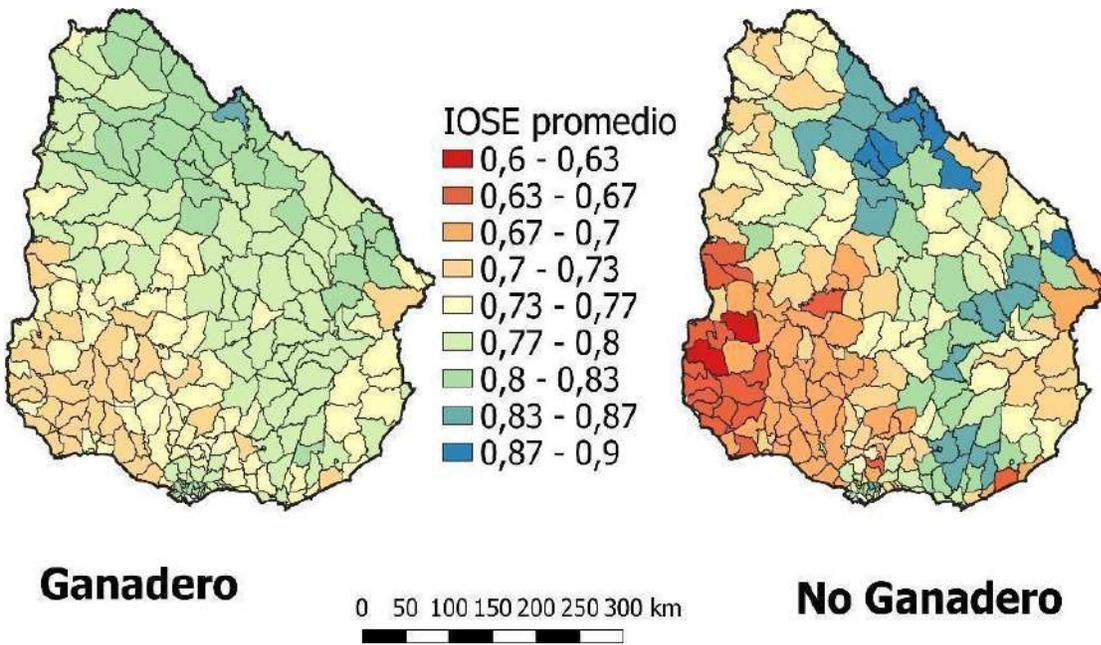


Figura 5. Valores promedio del Índice de Oferta de Servicios Ecosistémicos (IOSE) para las áreas ganaderas y no ganaderas por sección policial para la campaña 2020-21. Valores mayores de IOSE representan una mayor oferta de servicios ecosistémicos. Fuente de datos: sensor MODIS

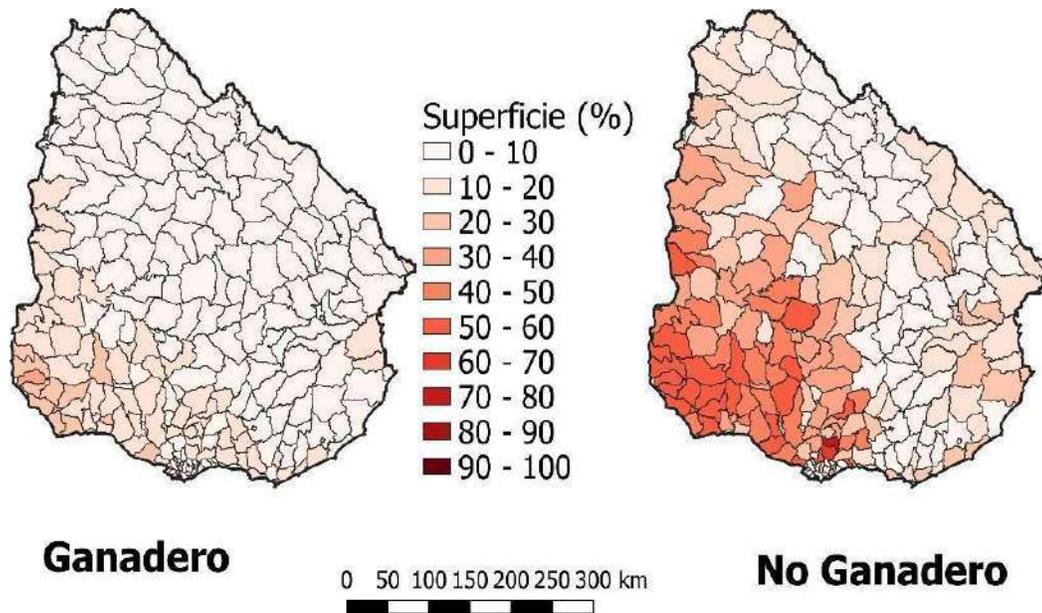


Figura 6. Porcentaje de la superficie con tendencia negativa en los valores del Índice de Oferta de Servicios Ecosistémicos (IOSE) para las áreas ganaderas y no ganaderas por sección policial. La tendencia se evaluó para una serie temporal de 2000 a 2021. La tendencia negativa significa que ha disminuido la oferta de servicios ecosistémicos. Fuente de datos: sensor MODIS

2.2.3. Diversidad de Tipos Funcionales de Ecosistemas (TFE) y Apropiación Humana de la PPN (AHPPN)

Se calcularon también los tipos funcionales de ecosistemas (TFE) (Paruelo et al, 2001) y la apropiación de la producción primaria neta (AHPPN) (Baeza & Paruelo, 2018) por sección policial.

La diversidad de TFE (descrita mediante el índice de Shannon) de los usos que no corresponden a hábitats naturales indica la heterogeneidad funcional de la unidad descrita (en este caso secciones policiales) (Alcaraz-Segura et al. 2013). Los TFE (Paruelo et al., 2001) resultan de la combinación de tres atributos de la dinámica anual de los índices de vegetación espectrales: la media anual, el coeficiente de variación intra-anual y el momento del año de máxima productividad. Este enfoque permite, a su vez, inferir el grado de diversidad productiva (por ejemplo, un cultivo de trigo tendrá su máximo en primavera, mientras que un cultivo de soja tendrá su máximo en verano y un cultivo doble tendrá su máximo en verano, pero tendrá un coeficiente de variación menor).

A partir de la dinámica anual del Índice de Vegetación Mejorado (EVI, derivado de las imágenes del sensor MODIS, producto Mod13q1 con una resolución espacial de 250 m y una resolución temporal de 16 días), se obtuvieron los TFE para el año 2015 (figura 12). Se generaron cuatro niveles fijos para los tres atributos que luego se combinaron para generar un mapa de TFE (Alcaraz-Segura et al. 2013). Se excluyeron los píxeles de 250 metros correspondientes a pastizales y se calculó el índice de Shannon para describir la diversidad funcional del entorno de los pastizales. Una mayor diversidad/heterogeneidad se asocia con una mayor oferta de hábitats y recursos. Un sistema no nativo más diverso y heterogéneo presentaría mayor resiliencia y un uso más eficiente de los recursos. La diversidad de TFE es una medida de la multifuncionalidad de los paisajes agropecuarios no naturales.

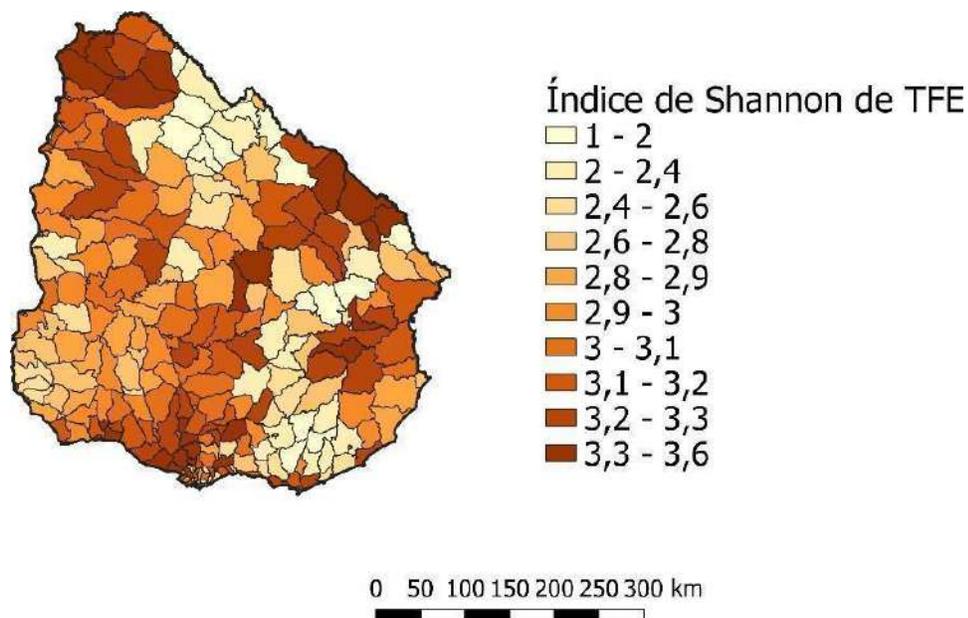


Figura 7. Diversidad de Tipos Funcionales de Ecosistemas (TFE) que no corresponden a hábitats naturales descrita mediante el índice de Shannon para cada sección policial. Un mayor índice corresponde a una mayor diversidad. Fuente de datos: sensor MODIS

La apropiación de la producción primaria neta (AHPPN) resulta de la diferencia entre la PPN en ausencia de influencia humana (PPN de la vegetación potencial: PPNO) y la PPN de la vegetación actual que queda después de la cosecha (PPNREM). El PPNREM se calcula como el PPN de la vegetación actual (PPNACT) menos la PPN cosechada (PPNH), apropiado directamente por los humanos como productos agrícolas (grano, madera, carne, etc.) o destruido durante la cosecha

$$AHPPN = PPNO - PPNREM = NPPNO - (PPNACT - NPPH)$$

El complemento de AHPPN cuantifica la energía disponible para los otros niveles tróficos procesos del ecosistema que, a su vez, son responsables de regular el suministro de Servicios Ecosistémicos.

La AHPPN en los sistemas agropecuarios de UY es superior al 40% considerando todos los usos del suelo (Baeza y Paruelo 2018). La apropiación puede superar valores de 70-80% en áreas agrícolas y forestales. Para áreas ganaderas sobre pastizales naturales la HANPP es menor al 11% reflejando la mayor disponibilidad de energía para el mantenimiento de procesos ecosistémicos y de especies nativas (figura 13).

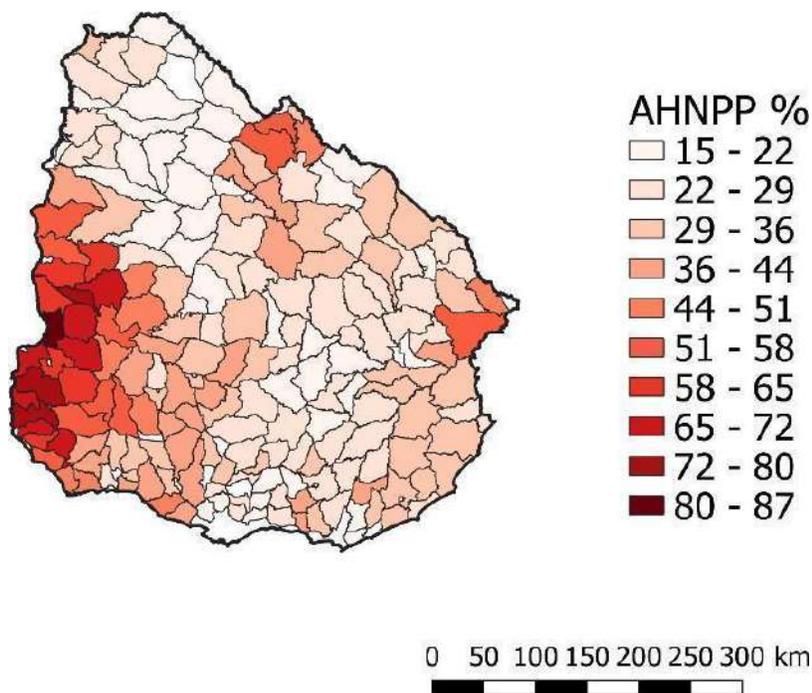


Figura 8. Porcentaje de apropiación de la producción primaria neta por sección policial. Una mayor apropiación humana se relaciona con un uso más intensivo de los recursos naturales.

2.3 Análisis de resultados de los indicadores de biodiversidad

De los indicadores analizados, surge que a escala de sección policial es posible ver que aquellas que poseen una dominancia de la actividad ganadera con respecto a otros sistemas productivos, poseen una mayor proporción de áreas de hábitat natural, valores de IOSE superiores y con menor tendencia de decrecimiento, una menor apropiación humana de la productividad primaria neta y alta diversidad de tipos funcionales de ecosistemas. Esto implica que, en términos generales, el sector posee una afectación a la biodiversidad y servicios ecosistémicos menor que otras actividades presentes en el territorio. Es necesario análisis complementarios para estimar el efecto directo de diferentes sistemas ganaderos y tecnologías sobre las distintas dimensiones de la biodiversidad.

Como principal desafío se destaca la recolección de datos de campo en cantidad suficiente para poder estimar el estado de conservación del campo natural y otros ecosistemas asociados como los bosques y humedales que pueden ser afectados por la actividad ganadera, ya sea reduciendo su superficie o alterando su composición. De esta forma será posible contar con un análisis de sistemas ganaderos a nivel de predio.

Se identificaron tres indicadores que responden a una escala de potrero, padrón, o unidad productiva, es decir que se requieren datos obtenidos en terreno para determinar su estado³ y por tanto no fueron medidos en esta etapa. Estos indicadores son:

- El **índice de integridad ecosistémica** (IIE) permite obtener valores de la integridad ecosistémica de los distintos ambientes dentro de una unidad productiva. Este índice combina diferentes características ambientales que pueden evaluarse cualitativa y cuantitativamente.
- Los **modelos de estados y transiciones** dan cuenta de la proporción relativa de áreas de campo natural en distintas fases y estados de conservación dentro de un potrero.
- El **índice de conservación del pastizal** (ICP) informa sobre el estado de conservación del campo natural en paisajes productivos

Indicadores prediales como el índice de integridad ecosistémica (IIE), muestran que la integridad ecosistémica se reduce en la medida que la intensificación del sistema ganadero aumenta. Los indicadores sinópticos complementan los estudios de campo y permiten generalizar espacialmente los patrones observados a nivel predial y la realización de estudios retrospectivos.

La afectación de la biodiversidad se da no solo en los establecimientos ganaderos, existe una afectación en las cadenas de suministro (granos, raciones, sales, fertilizantes y zooterápicos) y podría incorporarse en el análisis: transporte, industria, distribución, etc. Si bien puede limitarse el análisis a la producción de animales y no a los procesos vinculados, sería conveniente mantener una visión de ciclo de vida.

³ Cuando se hace referencia a la unidad productiva en la “escala” de los indicadores, se refiere al conjunto de padrones incluidos en la declaración jurada de DICOSE. Se espera contar con esta información para reportar los resultados de los indicadores también a esa escala.

Otro aspecto a considerar es que, a nivel de establecimientos productivos, hay más de un sistema y muchas veces un novillo (producto final) está vinculado a fases que afectan de manera diferente a la biodiversidad. Cría, recría e invernada pueden estar separadas y también puede haber ciclo completo o ciclo completo abierto. También la base forrajera varía. Incluso el sistema lechero no se superpone en general con el de la carne, pero la agricultura sí puede tener contacto con ambos.

Se entiende pertinente que a futuro se siga trabajando en estos aspectos y que los indicadores de biodiversidad de huella ganadera puedan considerar estas situaciones; en el entendido que es una línea de trabajo que informa sobre la producción ganadera de forma integral.



AIRE

3. Aire

Para la definición y determinación de los indicadores de la huella ambiental de la ganadería en el aire se consideraron los impactos asociados a la emisión de gases de efecto invernadero.

3.1 Metodología de aire

Se seleccionaron tres indicadores para evaluar los sistemas con bovinos de carne, ovinos y bovinos de leche. Estos indicadores fueron calculados a nivel nacional, de zona agroecológica, seccional policial y establecimiento (en el caso de la leche).

A continuación, se detallan los indicadores seleccionados:

1. **Emisiones totales:** se expresan como Gg CO₂ eq. Fueron estimados para bovinos de carne, bovinos de carne y ovinos, bovinos de leche, así como también para la industria cárnica y láctea.
2. **Intensidad de emisiones por hectárea** (kg CO₂ eq/ha). Se realizaron estimaciones para bovinos de carne, bovinos de carne y ovinos.
3. **Intensidad de emisiones por kilo de producto** (kg CO₂ eq/kg carne o leche). Las estimaciones se realizaron para bovinos de carne, ovinos y bovinos de leche, así como también para la industria cárnica y láctea.

En esta sección se definió que la metodología y la información de referencia de todos los indicadores fueran las indicadas en las Directrices del IPCC (2006), las cuales se utilizan para la elaboración del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero ([INGEI](#)) de Uruguay.

Los datos de actividad utilizados corresponden al año 2019.

Todos los indicadores se estimaron considerando la métrica actualmente adoptada por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) para países No-Anexo 1: GWP₁₀₀ AR2 (IPCC, 1996). En el caso de los resultados finales a nivel nacional se presentaron también en las métricas GWP₁₀₀ AR5 y GTP₁₀₀ AR5 (IPCC, 2014) a los efectos de dimensionar el efecto de las mismas.

Cuadro 1. Equivalencias entre los diferentes gases según las distintas versiones de las métricas

	GWP ₁₀₀ AR2	GWP ₁₀₀ AR5	GTP ₁₀₀ AR5
CO ₂	1	1	1
CH ₄	21	28	4
N ₂ O	310	265	234

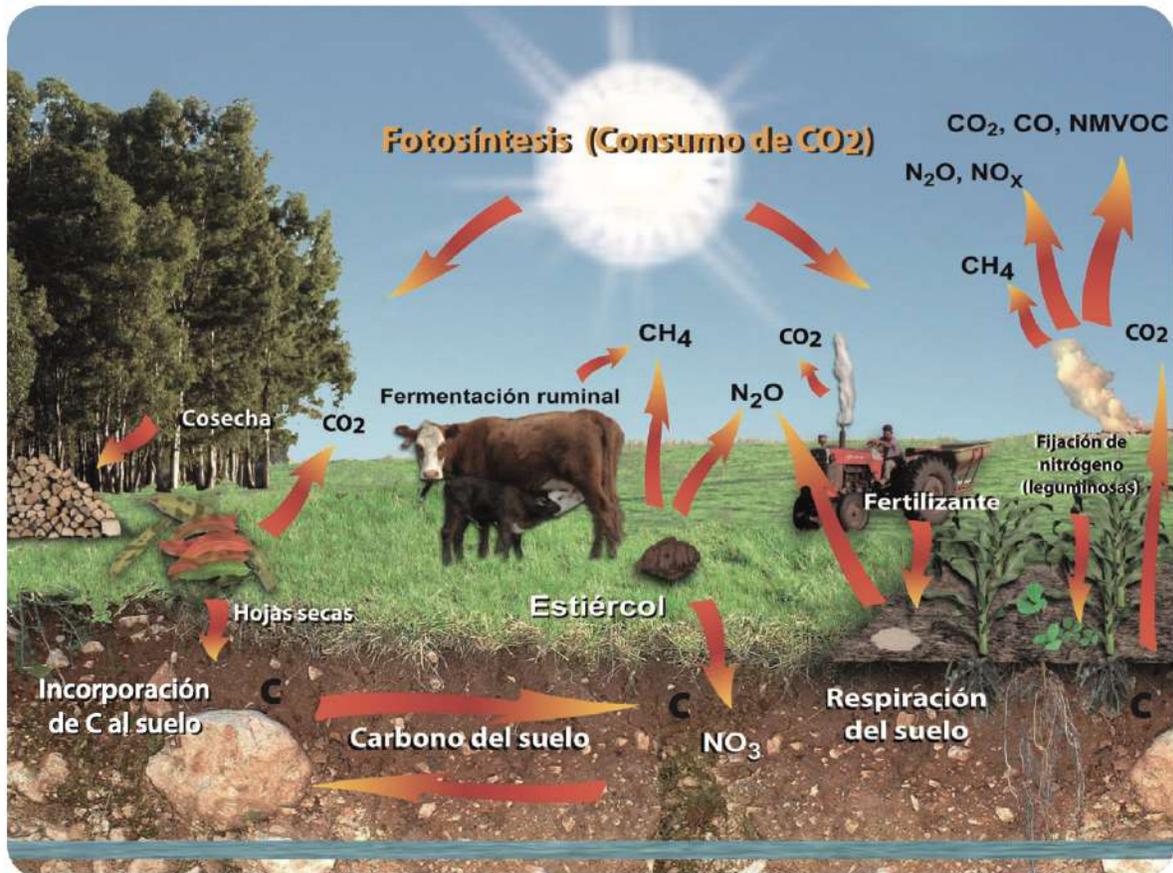


Figura 9. Diagrama de flujos de emisiones y remociones de gases de efecto invernadero de un sistema de producción agropecuario. Fuente: Becoña, 2022, modificado de IPCC, 2006.

3.1.1. Bovinos de carne y ovinos: producción primaria

Para la ganadería de carne vacuna y carne y lana ovina se definió incluir el indicador de intensidad de emisiones por unidad de producto en kg de carne vacuna en peso vivo (kg PV producido), que incluye las emisiones directas de CH₄ por fermentación entérica y manejo del estiércol, y las emisiones directas e indirectas de N₂O por deposición de heces y orina en campo, de manera de alinear este trabajo con los objetivos de la Primera CDN de Uruguay. También se incluyó el indicador de intensidad de emisiones por hectárea. Ambos indicadores se estimaron para los siguientes niveles: nacional, zona agroecológica y sección policial.

Para estas estimaciones no se incluyó el componente de suplementos en la dieta de los animales ya que no se cuenta con la información del uso de suplementos a nivel nacional. Tampoco se incluyeron las emisiones correspondientes a los engordes a corral (feedlots), ya que al momento de la realización de los cálculos no se contaba con los datos necesarios para estimarlas y, por otro lado, podría distorsionar la producción de carne de las secciones policiales y consecuentemente el indicador de intensidad de emisiones.

La población de ganado vacuno de carne fue agrupada en nueve categorías: toros, vacas de cría, vacas de invernada, novillos de más de 3 años, novillos de 2 a 3 años, novillos de 1 a 2 años, vaquillonas de más de 2 años, vaquillonas de 1 a 2 años y terneros y terneras. Para cada categoría animal se asignó una dieta particular, con base en los usos de suelos forrajeros de cada zona agroecológica, investigación nacional, estadísticas de producción y juicios expertos. Las existencias (número de cabezas) de las diferentes categorías de ganado vacuno de carne surgieron de las declaraciones juradas anuales de existencias (DICOSE) que los tenedores de ganado presentan ante la Dirección General de Servicios Ganaderos del MGAP para el ejercicio 2018-2019.

El país se dividió en siete zonas agroecológicas en función de sus características de suelos, pasturas y sistemas de producción dominantes para la estimación de los indicadores a esa escala espacial. La disponibilidad de forraje anual, dieta, digestibilidad de la dieta y contenido de nitrógeno por categoría fueron estimados a partir de un balance forrajero de cada sección policial con datos de uso suelo de las declaraciones juradas de DICOSE, excluyendo secciones policiales urbanas y suburbanas.

Los pesos corporales y sus variaciones anuales fueron determinados para cada categoría en función de los siguientes criterios: los pesos de ganado en stock y de movimientos de reposición surgen de procesar los pesos registrados en las bases de datos de los remates por pantalla y computar el peso promedio ofertado por categoría, zona agroecológica y año. Para los pesos de ganado gordo, se utilizaron por año ganadero y a nivel nacional, los pesos medios de faena de animales en pie a partir de datos del INAC.

Para determinar el indicador a nivel nacional, los factores de emisión de metano por fermentación entérica y por manejo del estiércol y la tasa de excreción de nitrógeno para el ganado vacuno de carne se estimaron como el promedio ponderado de los factores de emisión correspondientes a las distintas zonas agroecológicas considerando todas las categorías de edad y las dietas correspondientes.

La producción de carne se calculó para cada seccional policial y para cada zona agroecológica considerando ingresos, egresos y diferencias de inventario.

Para el caso de ovinos, las categorías animales consideradas fueron capones, carneros, borregas de 2 a 4 dientes sin encarnerar, ovejas de cría, ovejas consumo, corderos diente de leche, corderas diente de leche y corderos/as mamones, que surgen de las declaraciones de DICOSE. El factor de emisión utilizado fue un valor único provisto por las Directrices del IPCC de 2006.

Para la estimación de producción de carne en ovinos se consideraron dos componentes: la producción de carne y la producción de lana expresada en carne equivalente. La producción de carne ovina se estima igual que en el caso de la carne bovina. Los pesos vivos para cada categoría se estimaron a través de la información de pesos de lotes vendidos por pantalla, a excepción de carneros para los que se estimó un valor por juicio experto. A diferencia de bovinos, se utilizó el mismo peso para todas las zonas agroecológicas (ZAE), debido a que la información de remates de ovinos no contenía valores para todas las ZAE.

Para determinar la producción de lana expresada en carne equivalente, se utilizaron las ecuaciones de AFRC (1993) para predecir el valor energético de los aumentos de peso de los corderos en crecimiento. Para determinar un factor de producción de lana por animal, se utilizaron datos de la Encuesta Ganadera 2016: producción de lana a nivel país, número de animales esquilados a nivel país. A partir del cociente entre el requerimiento energético para producir 1 kg de vellón y para producir 1 kg de peso vivo, se determinaron los factores de conversión para estimar los kg de carne equivalente a partir de la producción de lana a nivel nacional.

La superficie de pastoreo se determinó a partir de los datos del relevamiento de usos y cambios de uso de la tierra desarrollado por MA y MGAP con Collect Earth⁴ para el período 2000-2019 y que se utiliza para el INGEI. Las clases de uso del suelo consideradas para el indicador fueron: 100% del área de campo natural, otras pasturas y pasturas implantadas; 60% del área de rotaciones arroz-pastizal y 50% del área de rotaciones cultivos de secano-pastizal⁵. No se incluyó ningún porcentaje del área cubierta por plantaciones forestales ya que la metodología de relevamiento tiende a estimar área efectiva. En el caso del bosque nativo tampoco se incluyó un porcentaje del área como área de pastoreo.

3.1.2. Bovinos de leche: producción primaria

Para el caso de la ganadería vacuna lechera, se utilizó la información disponible en la última encuesta lechera de INALE (2019) que se realizó en colaboración con MGAP, considerando sólo los remitentes. La encuesta se realizó en los departamentos de: Canelones, Colonia, Flores, Florida, Paysandú, Río Negro, San José y Soriano. Los datos relevados no incluyen mega emprendimientos lecheros. Se hicieron 358 encuestas vía telefónica, las cuales representan el 89% de los establecimientos y 81% de la superficie lechera del país.

Se aplicó un enfoque de ciclo de vida parcial con alcance de la cuna a la portera (fase primaria).

Las emisiones de GEI se estimaron siguiendo las Directrices del IPCC (2006) y Refinamiento del IPCC (2019) así como también las guías del IDF (2015) y LEAP (FAO, 2016). La unidad funcional considerada fue un kilogramo de leche corregido por grasas y proteínas (LCGP) de acuerdo con la guía IDF (2015).

En cuanto a los factores de emisión (FE), se utilizó un FE país específico para estimar las emisiones por fermentación entérica, manejo del estiércol y deposición de heces y orina en pasturas, aplicando la metodología Tier 2 de las Directrices del IPCC de 2006. Para el resto de las emisiones de GEI se utilizaron factores y coeficientes por defecto, aplicando la metodología Tier 1 de las Directrices del IPCC de 2006.

⁴ Collect Earth es una herramienta de monitoreo basada en el análisis de imágenes satelitales desarrollada por FAO y Google. El citado estudio es un muestreo sistemático de 24.789 parcelas distribuidas sobre todo el territorio nacional, que permite clasificar el uso actual y los cambios de uso de la tierra de cada una de esas parcelas en el período 2000-2019.

⁵ Estimaciones realizadas con base en la duración promedio de las rotaciones reportadas en los Planes de Uso y Manejo del Suelo para las rotaciones con cultivos de secano, y en la bibliografía nacional para la rotación con arroz.

Ese indicador se estimó a nivel agrupado por modelo lechero de INALE y a nivel nacional.

Las emisiones de GEI consideradas para esta huella de carbono parcial fueron:

- Emisiones de CH₄ por fermentación entérica y manejo del estiércol.
- Emisiones de N₂O por manejo del estiércol y deposición de heces y orina en pasturas.
- Emisiones por uso del suelo (cultivos).
- Emisiones por consumo eléctrico (frío y ordeño).
- Emisiones por alimentos comprados fuera del establecimiento.

Cuadro 2. Características de los modelos lecheros de INALE

Modelo INALE 2019	Establecimientos (nº)	Superficie (ha)	L/ha VM	L/VM	VM/ha VM	L/VO/día	g conc/L
M1	426	18.777	2441	2653	0,92	9,8	0,701
M2B	217	22.429	2447	3263	0,75	12,0	0,539
M2A	214	11.838	4792	4396	1,09	16,2	0,522
M3B	200	33.930	2756	3883	0,71	15,1	0,511
M3A	232	19.768	5961	5624	1,06	19,5	0,401
M4B	215	57.568	3572	4410	0,81	15,9	0,479
M4A	219	27.043	7069	5523	1,28	19,7	0,423
M5B	187	88.675	4812	5288	0,91	19,4	0,478
M5A	173	61.635	7360	5984	1,23	21,4	0,512
M6	78	87.799	6272	5702	1,10	19,9	0,528
Total	2.161	429.462					
Promedio			5068	4672	0.99	16,9	0,509

Donde VM= vaca masa, VO = vaca ordeño, conc = concentrado

3.1.3. Ovinos, bovinos de carne y de leche: fase industrial

El alcance en esta primera determinación de la fase industrial se limita a las emisiones de metano (CH₄) del tratamiento de las aguas residuales. Las emisiones de CH₄ se encuentran asociadas a la degradación anaerobia de la carga orgánica presente en los efluentes industriales. Esta estimación no considera las emisiones generadas por la quema de combustibles fósiles para la generación de energía y transporte.

Se utilizaron los datos de volumen del efluente vertido, la caracterización bruta del efluente y la estimación de eficiencias de remoción de la etapa anaeróbica de los Informes Ambientales de Operación (IAO) y Proyectos de Ingeniería asociados a las Solicitudes de Autorización de Desagüe Industrial (SADI) presentado ante el MA. Para la producción se consideraron los animales faenados, tanto bovinos como ovinos, considerando un determinado peso vivo para cada uno.

Este indicador se estimó a nivel nacional y para aquellas plantas industriales de las que se dispuso de información de faena declarada ante la DINACEA-MA.

3.2 Resultados de los indicadores vinculados a aire

3.2.1. Bovinos de carne

A continuación, se presentan los resultados de intensidad de emisiones por unidad de producto en peso vivo (kg PV producido), que incluye las emisiones directas de CH₄ por fermentación entérica y manejo del estiércol, y las emisiones directas e indirectas de N₂O por deposición de heces y orina en campo, de manera de alinear este trabajo con los objetivos de la primera contribución determinada a nivel nacional (CDN) de Uruguay.

3.2.1.1. Nivel I: Nacional

Fase producción primaria

A nivel nacional, las emisiones totales del sector de ganadería de carne fueron 19.773 Gg CO₂ eq de las cuales 18.526 Gg CO₂ eq corresponden a bovinos de carne y 1.246 Gg CO₂ eq. a ovinos (carne y lana). Las emisiones promedio por superficie fueron 1591 kg CO₂ eq/ ha pastoreo, las emisiones de GEI por kg de carne vacuna en peso vivo fueron 18,56 kg CO₂ eq /kg carne PV y las emisiones de GEI de la ganadería bovina de carne y ovina por unidad de producto fue 18,41 kg CO₂ eq / kg carne equivalente.

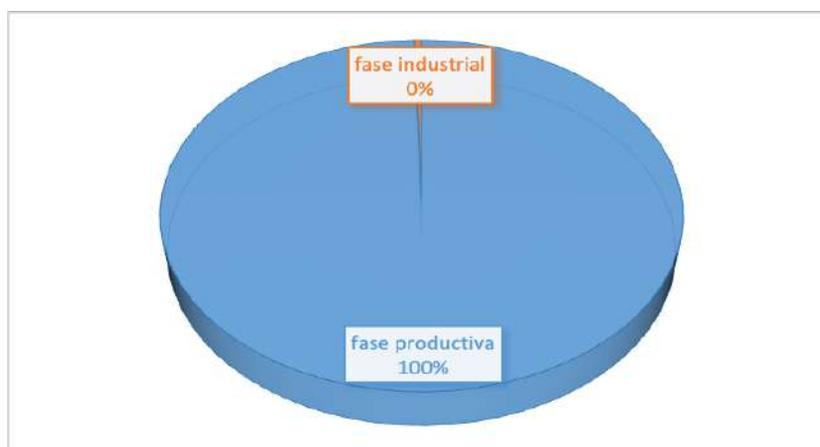
Cuadro 3. Emisiones de la ganadería de carne y lana a nivel nacional

Variable	Unidad	Resultado GWP ₁₀₀ AR2	Resultado GWP ₁₀₀ AR5	Resultado GTP ₁₀₀ AR5
Emisiones totales (Bovinos + Ovinos)	Gg CO ₂ eq	19.773	23.425	7.233
Emisiones por superficie (Bv + Ov)	kg CO ₂ eq/ ha pastoreo	1.591	1.884	582
Emisiones por kg carne (Bovinos)	kg CO ₂ eq /kg carne PV	18,56	22,06	6,70
Emisiones por kg carne equivalente (Bovinos + Ovinos)	kg CO ₂ eq / kg carne eq	18,41	21,81	7,24

*Fase industrial***Cuadro 4.** Emisiones de la fase industrial de la ganadería de carne

Emisiones de GEI por rubro industrial		
Cantidad de plantas frigoríficas	Ton CH ₄ /año	Gg CO ₂ eq/año (GWP ₁₀₀ AR2)
31	4.433	93,08

Se evaluaron 31 plantas frigoríficas las cuales produjeron 4.433 ton CH₄/año, equivalente a 93,08 Gg CO₂ eq/año. Se observa que la mayor parte de las emisiones de gases de efecto invernadero provienen del sector primario.

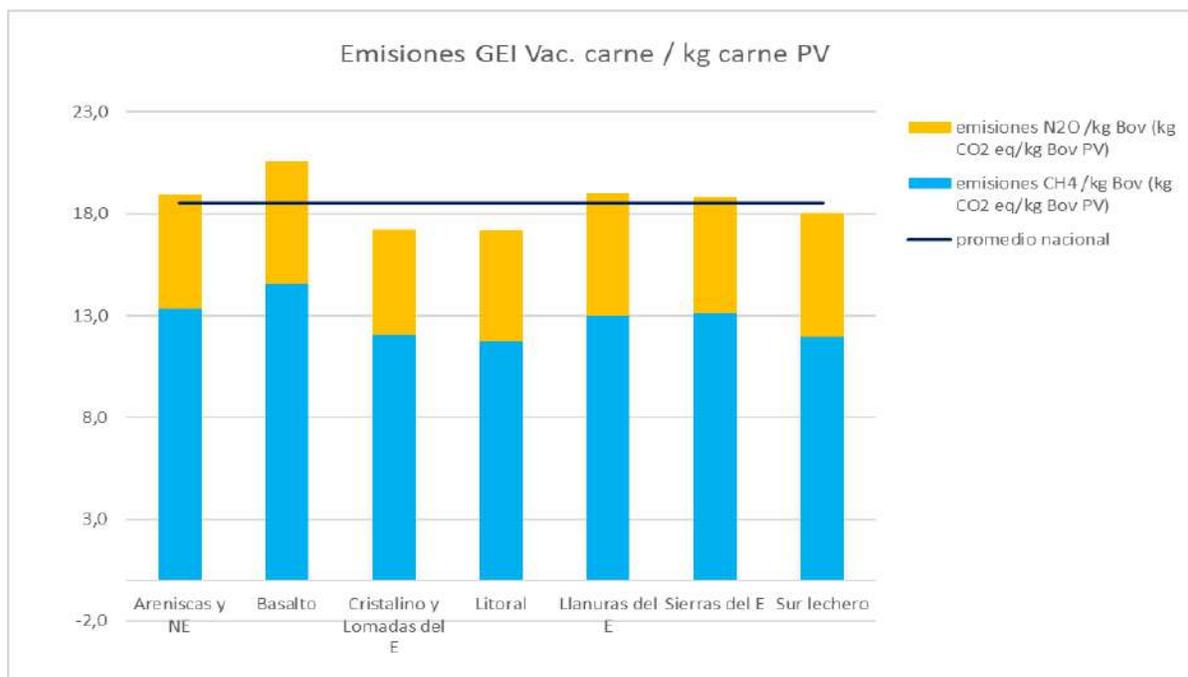
**Figura 10.** Contribución fase primaria e industrial

3.2.1.2. Nivel II: Regional

Fase producción primaria

a) Emisiones de GEI por kg de carne para bovinos de carne

Por zona agroecológica:



* La línea negra corresponde al promedio nacional de intensidad de emisiones (18,56 kg CO₂ eq/kg carne)

Figura 11. Emisiones de GEI por kg de carne para bovinos de carne por zona agroecológica

Este análisis por regiones agroecológicas muestra una dispersión de valores de intensidad de emisiones /kg PV entre 17, en las regiones del Litoral y el Cristalino con Lomadas del E a 20,6 kg CO₂ eq en la región Basalto.

A nivel de sección policial:

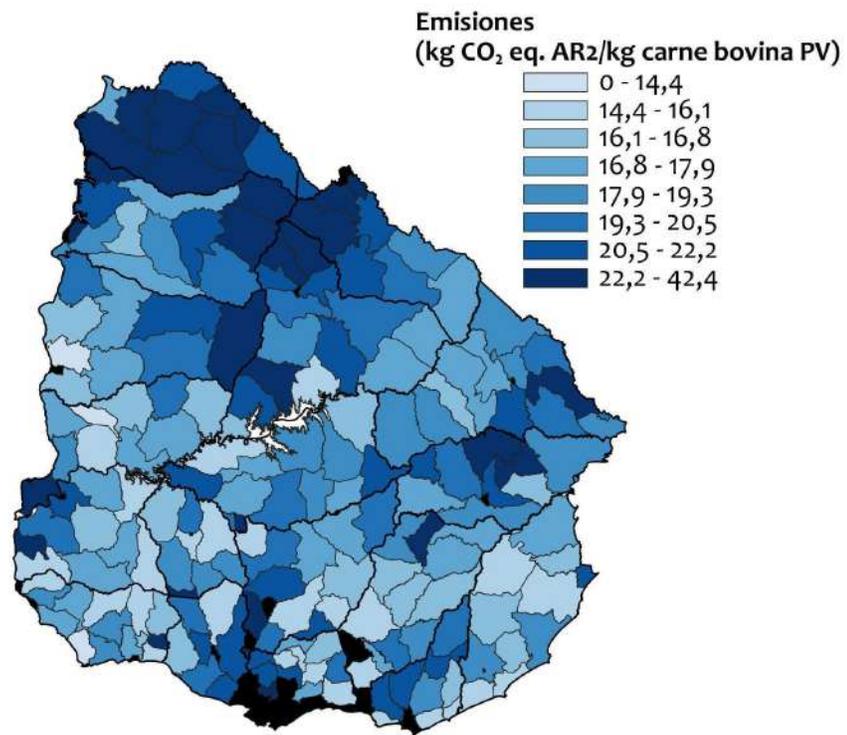
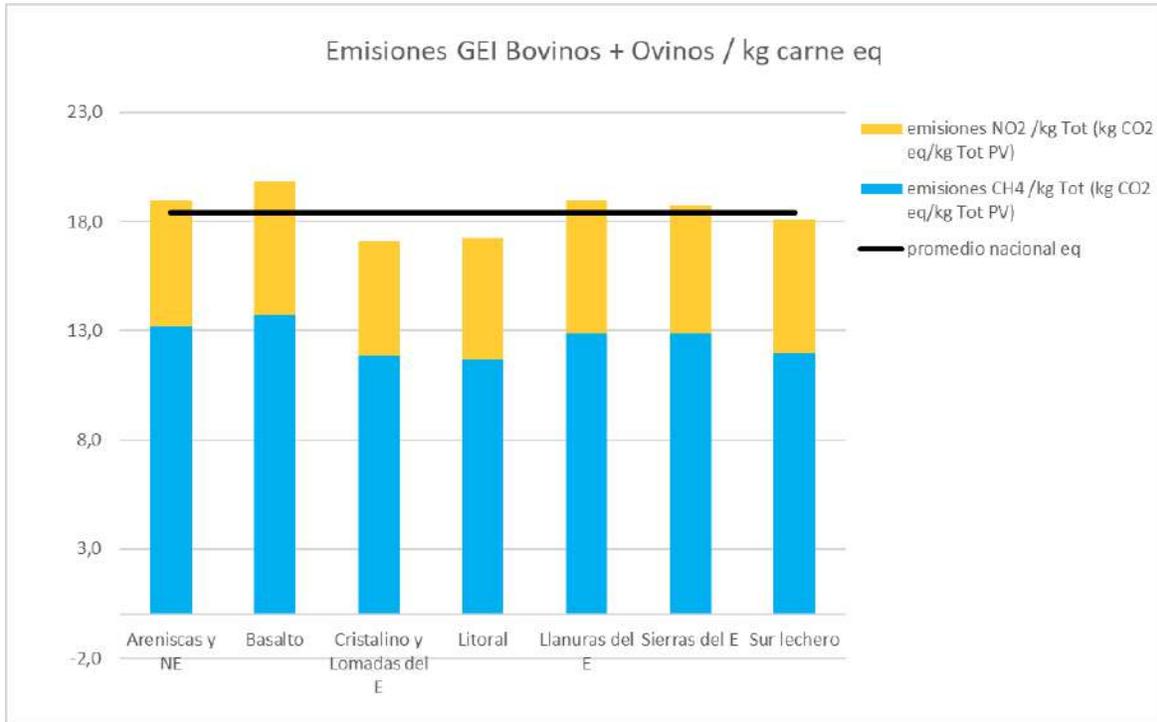


Figura 12. Emisiones de GEI por kg de carne para bovinos de carne por sección policial.

Las variaciones observadas tanto a nivel de zona agroecológica como de sección policial están relacionadas a la productividad potencial de los suelos de las distintas regiones que determinan distintas productividades por animal (directamente relacionada con el indicador de emisiones por producto), distinta intensidad de los sistemas productivos y por lo tanto distinta eficiencia en la producción de carne con respecto a la generación de emisiones GEI.

b) Emisiones de GEI de la ganadería vacuna y ovina por kilogramo de carne equivalente

A continuación, se presentan los valores por zona agroecológica:



* La línea negra corresponde al promedio nacional de intensidad de emisiones (18,41 kg CO₂ eq/kg carne equivalente)

Figura 13. Emisiones gases de efecto invernadero por kg de peso vivo

Las emisiones de GEI expresadas por kg carne equivalente presentan comportamiento similar a lo discutido en la sección emisiones de GEI de la ganadería vacuna por kilo de carne en peso vivo y se debe a las mismas causas. Se observa que la ganadería ovina afecta de forma muy menor al indicador de emisiones por unidad de producto.

En la siguiente figura se presentan los resultados por sección policial:

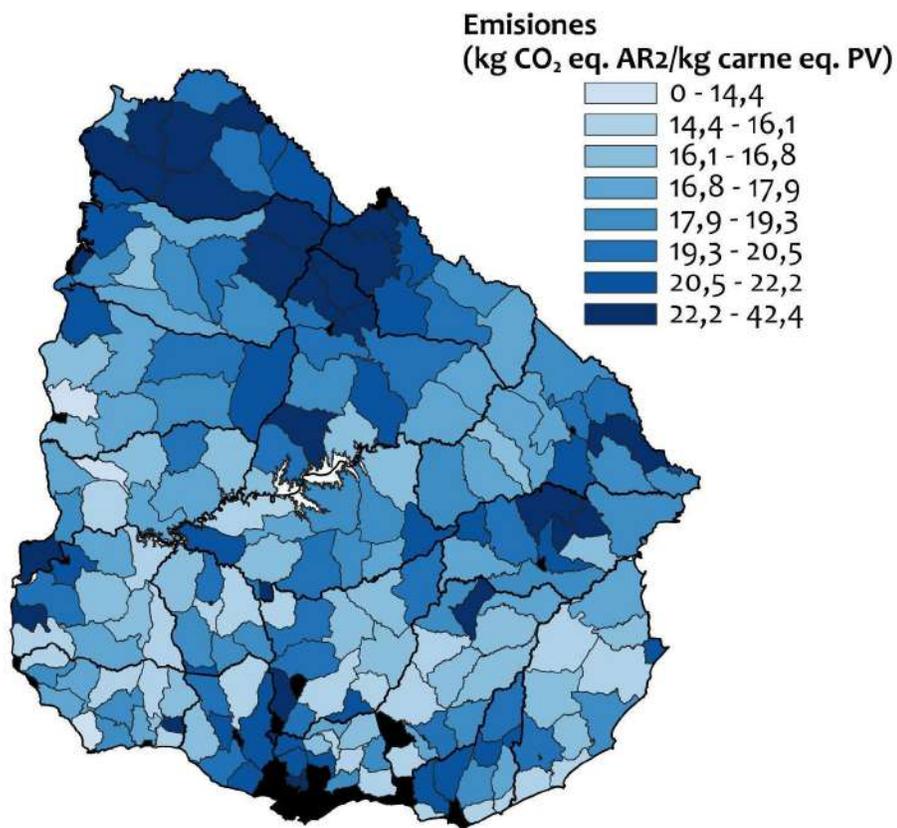
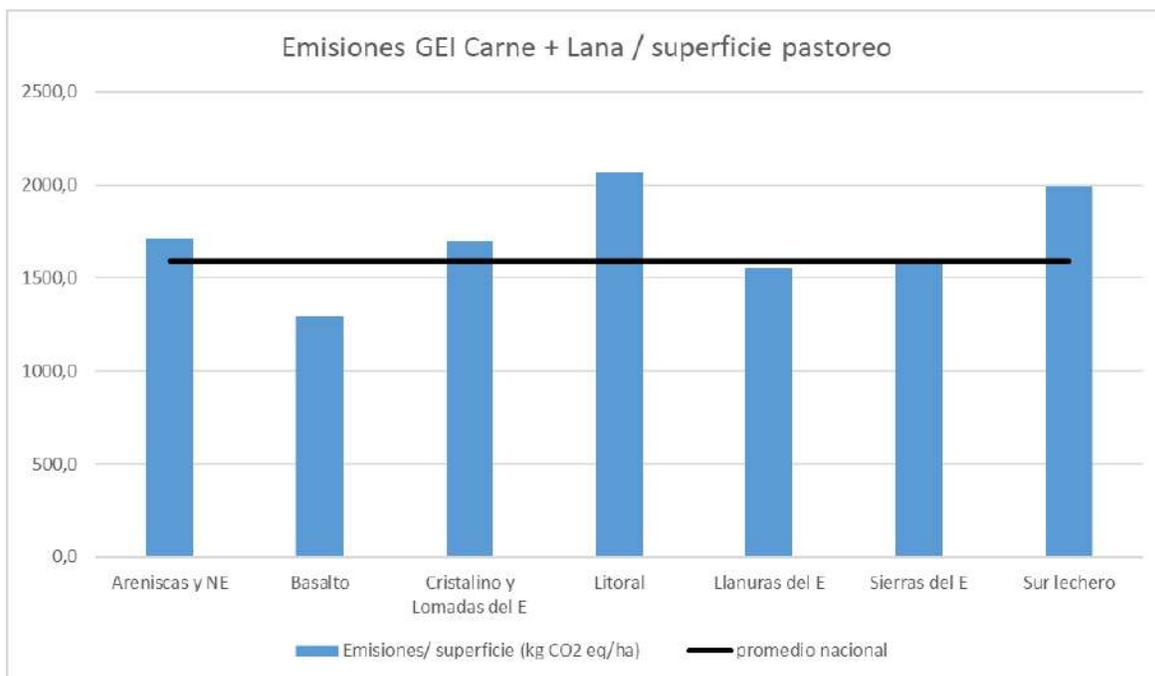


Figura 14. Mapa de emisiones CO₂ eq por kg carne equivalente por sección policial

En el mapa, se destacan algunas secciones policiales con mayor intensidad de emisiones asociado a la región agroecológica (tipo de suelo y sistemas de producción ganaderos dominantes). Así, la región de Basalto presenta mayor número de secciones policiales con mayores intensidades de emisiones mientras que el Litoral Sur y la región Lomadas del Este presentan valores menores, posiblemente asociado a mayor productividad por animal, proporción de sistemas de recría y terminación, asociado a pasturas sembradas y agricultura asociada.

c) Emisiones de GEI (bovinos y ovinos) por hectárea

Por zona agroecológica:



* La línea negra corresponde al promedio nacional de intensidad de emisiones (1591 kg CO₂ eq/ha pastoreo)

Figura 15. Emisiones de gases de efecto invernadero por superficie de pastoreo

Al analizar las emisiones de GEI por unidad de superficie, los valores presentan una distribución en algo opuesta a la de intensidad de emisiones, los valores menores (1324 kg CO₂ eq.) se registran en la región de Basalto y los mayores (2312 kg CO₂ eq.) en la región del Litoral sur. Estos resultados están asociados a la capacidad de carga de los suelos según región agroecológica (mayor producción de forraje), a mayor carga (UG/ha), mayores emisiones de GEI por unidad de superficie.

A nivel de sección policial:

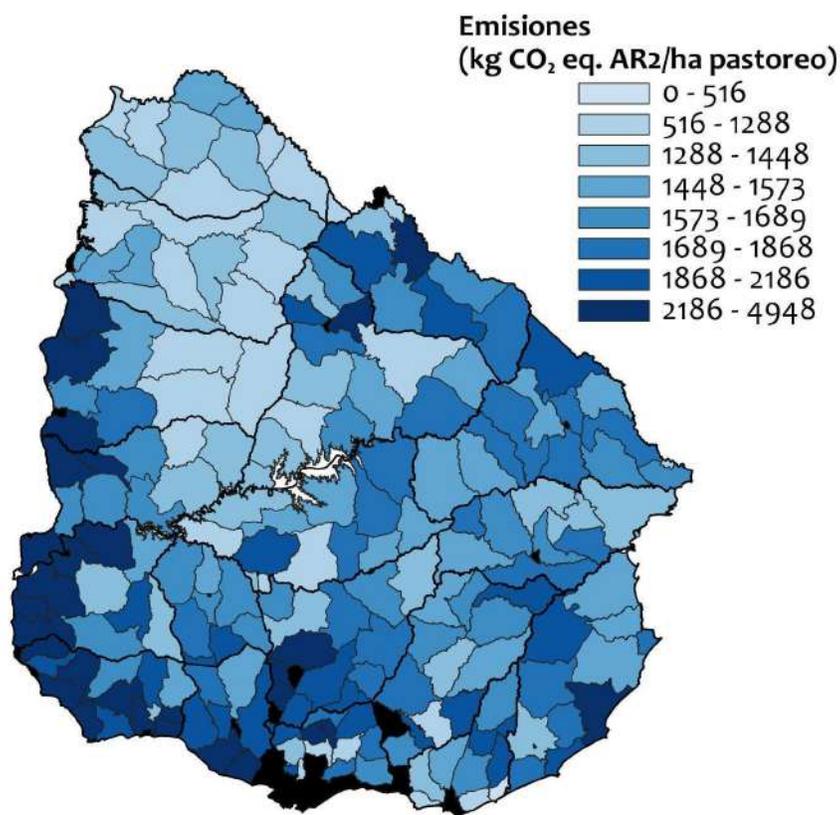


Figura 16. Emisiones de GEI de bovinos de carne y ovinos por hectárea por sección policial

A nivel de sección policial, se observa que las secciones con mayores emisiones de GEI por unidad de superficie, se corresponden con las regiones agroecológicas de mayor potencial de uso del suelo y por lo tanto con mayores dotaciones.

Fase industrial

A nivel de planta industrial:

Cuadro 5. Emisiones GEI de la fase industrial de la ganadería de carne

Emisiones de GEI por unidad de producción		
Cantidad de plantas frigoríficas	Indicador promedio y rango	Unidad
23	90 (24 - 202)	kg CO ₂ eq/TAV.año (GWP _{100AR2})

TAV = toneladas de animal vivo

3.2.2. Bovinos de leche

Nivel I: a nivel nacional

3.2.2.1. Nivel I

Fase producción primaria

Las emisiones totales de gases de efecto invernadero provenientes del sector primario de la lechería fueron 1601.78 Gg CO₂ equivalente.

Fase industrial

Las emisiones totales de gases de efecto invernadero provenientes de la fase industrial de la lechería fueron 27,12 Gg CO₂ equivalente.

Cuadro 6. Emisiones anuales de GEI de la lechería en la fase industrial

Emisiones de GEI por rubro industrial		
Cantidad de plantas lácteas	Ton CH ₄ /año	Gg CO ₂ eq/año (GWP _{100AR2})
29	1292	27,12

El total de emisiones de gases de efecto invernadero proveniente de ambas fases (primaria e industrial) fue de 1629 Gg CO₂/año donde un 97% proviene de la fase primaria y un 3% de la industrial.

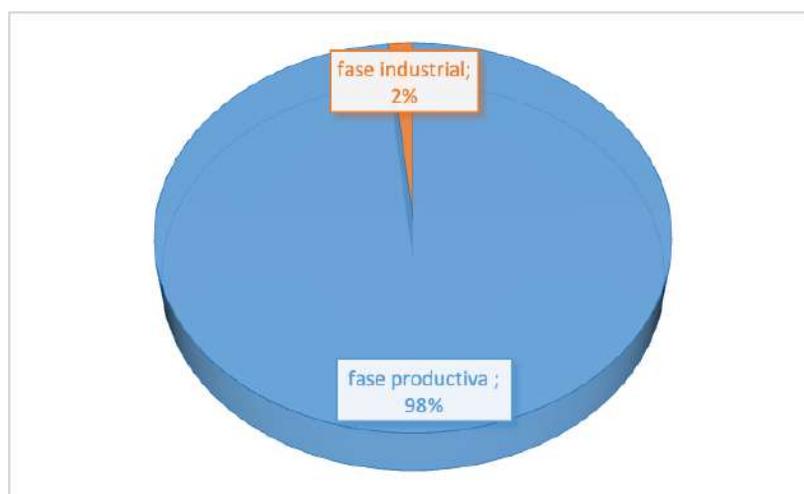


Figura 17. Contribución de la fase primaria e industrial

3.2.2.2 Nivel II: sistema

Fase producción primaria

Cuadro 7. Emisiones GEI de la lechería por superficie

Modelo INALE 2020	Establecimientos (nº)	Emisiones totales CO ₂ eq GWP ₁₀₀ Gg	Superficie lechera ha	Emisiones GEI por ha kg/ha
M1	426	49	18777	2618
M2B	217	52	22429	2337
M2A	214	48	11838	4049
M3B	200	80	33930	2360
M3A	232	75	19768	3799
M4B	215	170	57568	2947
M4A	219	145	27043	5380
M5B	187	322	88675	3628
M5A	173	284	61636	4614
M6	78	376	87799	4281
Total	2161	1602	429462	3730

En promedio, las emisiones GEI fueron de 3730 kg/ha y se encontraron en un rango entre 2337 en el modelo M2B y 5380 kg/ha en el modelo M4A.

Fase industrial

A nivel de planta industrial:

Cuadro 8. Emisiones GEI por unidad de producción en la fase industrial de la lechería

Emisiones de GEI por unidad de producción		
Cantidad de plantas lácteas	Indicador promedio y rango	Unidad
14	27 - (3 - 73)	kg CO ₂ eq/Ton año (GWP ₁₀₀ AR2)

Las emisiones promedio de gases de efecto invernadero por industria fueron de 27 kg CO₂ eq/ton/año y se encontraron en un rango entre 3 y 73 kg CO₂ eq/ton/año.

3.2.2.2 Nivel III: a nivel de producto

Fase producción primaria

Cuadro 9. Huella de carbono e intensidad productiva por modelo lechero

Modelo INALE 2020	Productividad animal L/VO/día	Carga VM/ha VM	Emisiones/Kg leche (FPCM) kg/kg
M1	9,8	0,92	1,387
M2B	12	0,75	1,238
M2A	16,2	1,09	1,058
M3B	15,1	0,71	1,068
M3A	19,5	1,06	0,883
M4B	15,9	0,81	1,129
M4A	19,7	1,28	0,967
M5B	19,4	0,91	0,997
M5A	21,4	1,23	0,892
M6	19,9	1,1	0,954
Total	18,5	0,99	0,989

La huella de carbono promedio de la lechería nacional fue de 0,989 kg CO₂ equivalente por kg leche corregida por grasa y proteína (LCGP). Desde el punto de vista de la segmentación por cada modelo lechero, la huella muestra un rango que va de un mínimo de 0,883 a un máximo de 1,387 kg CO₂ eq/kg LCGP. En términos generales se observa que, a mayor productividad animal, menor es la huella de carbono.

Cuadro 10. Peso proporcional de la huella de carbono por componente

	AF*	Emissiones totales CO ₂ eq GWP ₁₀₀ AR2	Emissiones / Kg leche	Peso en la huella
Emisiones CH ₄ fermentación entérica	0,888	805,4	0,497	50,3%
Emisiones CH ₄ efluentes	1	155,7	0,096	9,7%
Emisiones N ₂ O (efluentes, heces y orina)	0,888	417,5	0,258	26,1%
Emisiones uso del suelo	0,888	166,7	0,103	10,4%
Emisiones uso electricidad	1	1,8	0,001	0,1%
Emisiones alimento importado	0,888	54,6	0,034	3,4%
Emisiones totales		1.601,8	0,989	100,0%

De las emisiones totales, un 50% son emisiones de metano que provienen de la fermentación entérica. Le siguen en importancia las emisiones de óxido nitroso de efluentes, heces y orina que corresponden a un 26%. Las emisiones de metano del efluente y las emisiones del uso del suelo contribuyen un 10% cada una.

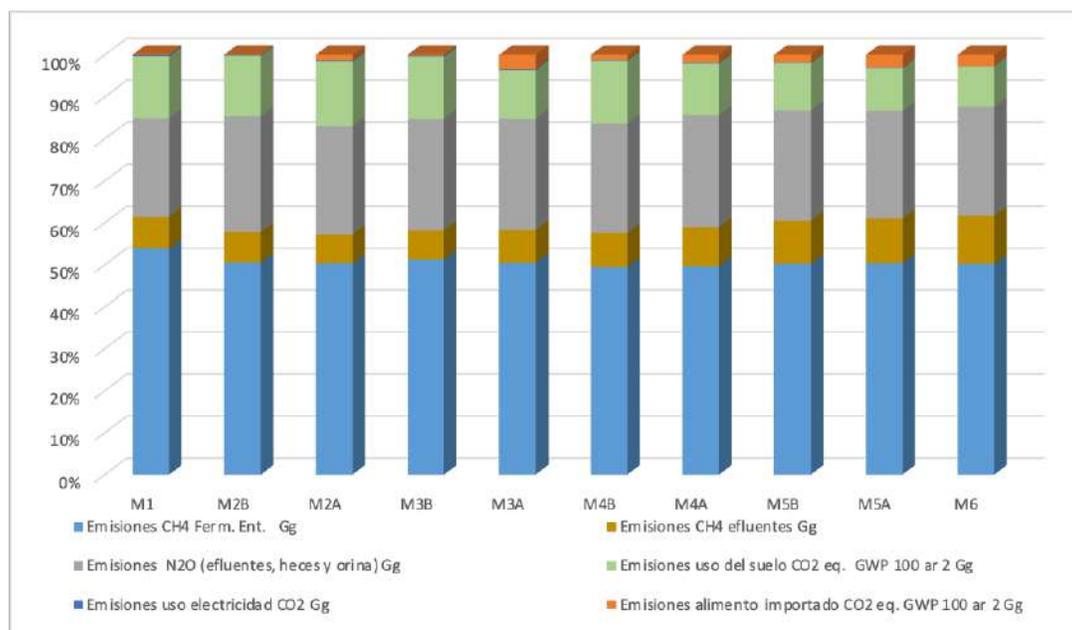


Figura 18. Contribución de distintas fuentes de emisiones

El origen de las emisiones para cada modelo muestra una leve variación en las fuentes de emisiones de GEI.

3.2. Análisis de resultados de los indicadores de aire

3.2.1. Bovinos de carne

Los resultados de este estudio indican que las emisiones de gases de efecto invernadero por unidad de producto para bovinos de carne fueron en promedio 18,6 kg CO₂ eq/kg PV.

Como fuera mencionado anteriormente, la ganadería de carne en Uruguay se produce mayoritariamente sobre pastizales naturales. Estos pastizales representan el 51% de la superficie del país y son un importante reservorio de carbono. Si estos suelos se pusieran bajo un uso de suelo más intensivo perderían carbono y contribuirían a las emisiones de gases de efecto invernadero.

Por otro lado, la tesis de doctorado del Lic. Bruno Bazzoni supervisada por el Dr. Gervasio Piñeiro encontró que los pastizales de Uruguay están secuestrando carbono a una tasa de 187 kg C/ha/año (lo cual equivale a 686 kg CO₂/ha/año; Facultad de Agronomía, 2022).

Es importante notar también que Uruguay se encuentra en el camino de ir desarrollando factores de emisión ajustados a la realidad del país y los resultados permiten avizorar que las estimaciones de emisiones se reduzcan considerablemente cuando se introduzcan las actualizaciones.

3.2.2. Bovinos de leche

La variación en los valores de la huella de carbono de la leche encontrados se puede asociar a la productividad y la dieta por animal. Los modelos M3A y M5A presentan emisiones GEI/kg leche 10% menores al promedio. Ello está asociado a la alta productividad por unidad de superficie aunado a una alta productividad por VM. Estos modelos presentan además una alta proporción de forraje en la dieta (y por lo tanto baja de concentrados).

Mientras que los modelos M1 y M2B presentan emisiones GEI/kg leche 30% superiores al promedio. Estos modelos presentan baja productividad por hectárea, baja productividad por VM pero alta carga, lo cual no contribuye a diluir las emisiones de GEI asociadas al mantenimiento. Además, la proporción de concentrado en la dieta aumenta (gramos concentrados/litro), lo cual aumenta la dependencia de insumos con mayores emisiones GEI en comparación a los forrajes.

En promedio, la huella de carbono de la leche de este estudio fue de 0,99 kg CO₂ eq/kg LCGP y se encontró en un rango entre 0,88 y 1,4 kg CO₂ eq/kg LCGP. Este valor es consistente con los valores encontrados por Darre et. al (2021) que evaluaron los modelos lecheros de INALE del 2014, donde sus valores se encontraban en un rango entre 1,0 y 1,4 kg CO₂ eq/ kg LCGP.

Por otro lado, Lizarralde et al. (2014) estudiaron 24 tambos y encontraron un valor promedio de 0,99 kg CO₂ eq/ kg LCGP, el rango de valores varió entre 0,87 y 1,24 kg CO₂ eq/ kg LCGP.

Es importante mencionar que estos resultados varían según la métrica utilizada. A continuación, se detalla la sensibilidad de las estimaciones de la huella de carbono a las distintas métricas.

Cuadro 11. Sensibilidad de la huella según métricas de conversión

Métrica	Emisiones CO ₂ eq/kg leche (FPCM)
GWP ₁₀₀ AR2	0,989
GWP ₁₀₀ AR5	1,144
GTP ₁₀₀ AR5	0,436



**SUELO Y
AGUA**

4. Suelo y agua

4.1 Metodología

Se consideran las cadenas productivas asociadas a la producción de carne y de leche, incluyendo a la fase de producción primaria e industrial. Las determinaciones se realizaron a nivel nacional, a nivel de unidad productiva, sistema productivo o área geográfica mínima para la que se pudo hacer el cálculo y relacionado a la cantidad producida (carne o leche).

Se definieron ocho indicadores para la evaluación del impacto ambiental de la actividad ganadera en el suelo y el agua (*).

1. **Erosión:** pérdida de cantidad de suelo. Estimada a partir de la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE/RUSLE) la cual fue validada en Uruguay por el Dr. Fernando García Prechac (FAGRO) y colaboradores.
2. **Índice de fósforo:** pérdida potencial de fósforo en forma particulada y soluble. Para estimar la pérdida de P de fuentes difusas, pastizales naturales o pasturas/cultivos sembrados, se utilizó la metodología propuesta por el Dr. Carlos Perdomo (FAGRO) para Uruguay. La misma fue desarrollada a partir de la metodología de los índices de P utilizados en Iowa y Wisconsin, Estados Unidos (Mallarino et al. 2002; Ward Good et al. 2012). A efectos de este estudio se modificaron algunos componentes por el Ing. Agr (MSc) Andrés Beretta (representante del MGAP en el grupo de trabajo).
3. **Exportación de nutrientes desde fuentes difusas:** Pérdida estimada de nitrógeno y fósforo a cursos de agua originadas en fuentes difusas (no puntuales). Refiere a áreas de pastizales o cultivos. Se estimó a partir del área bajo determinado uso de suelo (expresado en hectáreas) multiplicado por su respectivo coeficiente de exportación (kg/ha/año). Se utilizaron coeficientes nacionales e internacionales. Adicionalmente se realizaron otros supuestos para uso del suelo no directamente relacionados al pastoreo pero que tienen que ver con la alimentación del ganado ejemplo: barbechos agrícolas, área forestal pastoreada.
4. **Exportación de materia orgánica y nutrientes desde fuentes puntuales:** Pérdida estimada de materia orgánica, nitrógeno y fósforo a cursos de agua originadas en fuentes puntuales. Refiere a los tambos, encierres de engorde a corral (EEC) que no cuentan con sistema de gestión de efluentes. Por ende, los efluentes de las instalaciones culminan en cursos de agua. También incluye a los efluentes de las industrias. Para la fase de producción primaria se estimaron los kilos de materia seca excretados a los que se adjudicó una determinada concentración de fósforo, nitrógeno y materia orgánica. Para la fase industrial las cargas se determinaron en base a los caudales vertidos de aguas residuales y los resultados de análisis de las mismas.
5. **Residuos:** Excreta gestionada de tambos y encierres de engorde a corral y los residuos generados en la industria en el procesamiento de carne o leche.

6. **Consumo de agua** En el sector de producción primaria implica consumo de agua por animales y el empleado para limpieza de instalaciones. En el sector industrial abarca la faena de ovinos y bovinos así como el procesamiento de la leche.
7. **Consumo de energía** Uso de energía fósil (gas oil, gas, fuel oil), eléctrica, leña. Todos los usos de energía fueron convertidos a tonelada equivalente de petróleo (tep) para unificar las unidades y poder ser cuantificadas.
8. **Impacto de Plaguicidas:** los plaguicidas se utilizan en las etapas de producción cárnica y láctea, vinculados a la dieta de dichos animales. El impacto de los plaguicidas se mide como el efecto ecotoxicológico medido como la pérdida de los plaguicidas al ambiente. Medido como la fracción de especies biológicas que son afectadas en suelo y agua. Para realizar las estimaciones se utilizó el modelo USEtox. En base al modelo USEtox y datos bibliográficos se calcula el impacto ecotoxicológico de los principios activos usados en el planteo agronómico del cultivo. Para cada cultivo se calcula el impacto del alimento. Con la dieta de cada subsistema productivo se calcula el impacto acumulado para las cabezas faenadas a peso vivo de las combinaciones de subsistemas utilizados.

A continuación, se presenta un modelo conceptual simplificado de los procesos productivos, su consumo de insumos y la generación de emisiones, vertidos y posibles impactos.



Figura 19. Modelo conceptual

Es necesario destacar que la producción cárnica implica la coexistencia de varias combinaciones de subsistemas productivos desde que el animal nace hasta que es faenado. Los animales son faenados con distintas edades lo que implica que el ciclo productivo en cada caso tenga duraciones diferentes.

Cuadro 12. Características de los diferentes subsistemas de producción primaria de carne

Sistema	Tiempo (meses)	Asignación dieta	GPD (kg PV/día)	Consumo diario Materia seca (kg.día-1)
Cría	12	95% CN, 5% CNm ⁽¹⁾	0,411 ⁽²⁾	9,2
Recría corta	17	47% CN, 53% CNm	0,386	8,6
Recría larga	24	100% CN	0,274	8,6
Invernada CN	16	100% CN	0,274	8,6
Invernada P+S	6	87,6 % P, 12,4 % S	0,743	8,6
Invernada FeedLot	4	57 % S, 9 % SP, 17 % HG, 2 % HS, 14 % F, 1 % U	1,115	17,6
Invernada vacas	4	100 % CNm	0,570	8,6

Nótese que algunos de los impactos pueden darse fuera del predio productivo en actividades conexas como es el caso de la producción de granos para la alimentación del ganado que puede darse en el predio donde se da la producción ganadera como puede ser el caso de la lechería.

Sólo algunos indicadores fueron evaluados para los bovinos de carne bajo sistemas pastoriles.

Para la determinación de los indicadores se utilizaron las siguientes fuentes de datos:

Cargas de aguas residuales, residuos, consumo de agua y energía de Tambos: Fuente: DINACEA. Año base: 2021.

Cargas de aguas residuales, consumo de energía y agua EEC: Fuente: DINACEA. Año base: 2020.

Residuos EEC. fuente DINACEA. Año Base 2021.

Actividad industrial: Fuente: DINACEA. Año base: 2019.

4.2 Resultados de los indicadores de la huella ambiental para suelo y agua

Como resultado del trabajo se determinó la pérdida de suelo por erosión, el transporte de nutrientes y sustancias químicas tanto al suelo como al agua, los consumos de agua y energía, el transporte de plaguicidas al suelo y agua y la gestión de residuos en el sector primario de producción. En el sector industrial se determinaron indicadores relativos al vertido de aguas residuales con sus cargas respectivas de materia orgánica y nutrientes junto con el consumo de agua y energía y la generación de residuos.

4.2.1. Producción de carne

Nivel I: Fase de producción primaria

Cuadro 13. Resultados del nivel I, fase de producción primaria de ganadería de carne

Indicador	Parámetro	Resultado	Unidad
Erosión ⁽¹⁾	Pérdida de suelo	2,44 x 10 ⁷	ton suelo/año
		2,51	ton suelo/(ha.año)
Índice de fósforo ⁽¹⁾	Fósforo total	2.580	ton /año
		2,57	kg/(ha.año)
Exportación de nutrientes desde fuentes difusas ⁽²⁾	Nitrógeno total	37.374	ton/año
	Fósforo total	8.670	ton/año
Exportación de nutrientes y materia orgánica desde fuentes puntuales EEC ⁽³⁾	Nitrógeno total	3.600	ton /año
	Fósforo total	1.358	ton /año
	Materia orgánica (DBO)	34.359	ton /año
Residuos EEC ^(3,4)	Generación estiércol	431.424	ton MS/año
	Gestión estiércol	310.343	ton MS/año
Consumo agua EEC	Agua sist. EEC ⁽³⁾	4.512.857	m ³ /año
Consumo energía EEC ⁽³⁾	Energía eléctrica	1.034	Tep ² /año
	Gas oil	2.306	Tep/año
Plaguicidas agua ^(4,5)	Plaguicidas en agua	6.357.230	PAF m ³ / ciclo
Plaguicidas en suelo	Plaguicidas en suelo	749.596	PAF m ³ / ciclo

⁽¹⁾ Los valores se estimaron por el impacto de la producción del alimento prorrateado por la asignación de dieta.

⁽²⁾ Se estimó a partir del área bajo determinado uso de suelo (hectáreas) por su respectivo coeficiente de exportación (kg N /ha/año o kg P/ha/año). La suma de los distintos usos de suelo es el resultado expresado en la tabla.

⁽³⁾ EEC = encierre de engorde a corral. En todos los casos se asume un peso vivo promedio de 440 kg. Sólo se consideraron a los sujetos de control correspondientes a los registrados en DINACEA- MA.

⁽⁴⁾ PAF = estimación de la fracción de especies potencialmente afectadas integrada en el tiempo y volumen por unidad de masa de una sustancia química emitida.

⁽⁵⁾ ciclo = ciclo de nacimiento a faena de cada los animales según cada secuencia de subsistemas productivos. Su duración es diferente según la combinación de subsistemas y edad del animal faenado.

⁽⁶⁾ MS = materia seca.

⁽⁷⁾ Tep = tonelada equivalente de petróleo.

⁽⁸⁾ Generación = refiere al total de materia seca excretada por los animales.

⁽⁸⁾ Gestión = refiere al manejo de residuos u excreta, en general este es un poco menor que la generación.

Nivel I: Fase de producción industrial

Cuadro 14. Resultados del nivel I, fase de producción industrial de ganadería de carne

Indicador	Parámetro	Resultado	Unidad
Exportación de nutrientes y materia orgánica desde fuentes puntuales	Nitrógeno total	735	ton /año
	Fósforo total	87	ton /año
	DBO ⁽¹⁾	387	ton /año
Residuos	Residuos	146.839	ton/año
Consumo de agua	Agua	6.198.558	m ³ /año
Consumo energía ⁽²⁾	Energía	49.402	Tep/año

⁽¹⁾ DBO = demanda biológica de oxígeno

⁽²⁾ Tep = tonelada equivalente de petróleo

Las exportaciones totales de nitrógeno fueron de 41.709 ton/año, donde 98 % del nitrógeno proviene de la fase de producción primaria (mayoritariamente de fuentes difusas) y 2 % N de la fase industrial.

En cuanto al fósforo, las exportaciones totales fueron de 10.115 ton/año, de las cuales 99 % provienen de la fase de producción primaria, mayoritariamente de fuentes difusas, y menos del 1 % de la fase industrial. En la fase industrial las empresas cuentan con plantas de tratamiento de aguas residuales previo a su vertido.

Nivel II. Fase de Producción primaria de carne: base pastoril

Cuadro 15. Resultados nivel II, fase de producción primaria de ganadería de carne pastoril

Sub-sistema ⁽¹⁾	Erosión	Índice de fósforo	Exportación desde fuentes difusas ⁽²⁾ Fósforo	Exportación desde fuentes difusas ⁽²⁾ Nitrógeno
	kg/animal	g/animal	g/ animal	g/animal
Cría	2.224	2.252	6.70	1.470
Recría Corta	3989 (1408) ⁽¹⁾	4873	1550	6910
Recría Larga	8.353	8.284	2.440	4.630
Invernada CN	3.713	3.682	80	2.060
Invernada P + S	537	509	170	1.100
Invernada FeedLot	1.171	1.110	350	4.720
Invernada vacas	211	305	100	610

- ⁽¹⁾ Sub-sistemas refiere a una fase productiva del sistema de producción de bovinos de carne. El valor entre paréntesis se adjudica a los terneros faenados a los 18 meses.

Los datos de los indicadores evaluados están expresados por ciclo, o sea, los meses que está el animal en el sistema.

- ⁽²⁾ Calculado a partir de la multiplicación del área afectada bajo determinado uso de suelo y sus coeficientes de exportación correspondientes.

Como se mencionó anteriormente el impacto por plaguicidas se deriva de la dieta de los animales y los impactos no se dan en los predios donde están los animales sino donde se cultiva el alimento. Por tanto, en el nivel 2 el impacto expresado por hectárea destinada a ganadería cárnica o lechera no tiene valor explicativo de forma directa.

Nivel II: Producción primaria de carne: encierres de engorde a corral (EEC) *

Cuadro 16. Resultados nivel II, fase de producción primaria de ganadería de carne- encierres a corral

Departamento	Exportación desde fuentes puntuales			Residuos: Generación estiércol	Residuos: Gestión residuo	Consumo de energía: eléctrica (2)	Consumo de energía: Gas Oil (2)	Consumo de agua: alimento
	Nitrógeno (kg/año)	Fósforo (kg/año)	Materia orgánica (kg/año)	kg MS/año	kg MS/año	Tep/año	Tep/año	m ³ /año
Artigas	91.531	34.532	873.705	19.212.500	13.820.424	46	103	200.970
Canelones	273.614	103.227	2.611.766	24.490.000	17.617.000	51	114	256.174
Cerro Largo	60.341	22.765	575.978	5.485.500	3.945.969	13	29	57.380
Colonia	42.996	16.221	410.419	4.783.000	3.441.000	50	111	50.035
Durazno	212.504	80.172	2.028.443	29.548.000	21.255.000	39	87	309.078
Flores	180.293	68.020	1.720.976	24.181.000	17.395.000	44	99	252.945
Florida	235.998	89.036	2.252.712	34.371.000	24.724.000	62	138	359.528
Lavalleja	21.863	8.248	208.688	3.048.000	2.192.000	34	76	31.878
Maldonado	6.996	2.639	66.780	398.000	286.000	42	95	4.158
Paysandú	617.689	233.037	5.896.118	60.089.000	43.225.000	94	209	628.551
Río Negro	393.292	148.378	3.754.149	55.571.000	39.974.000	100	224	581.288
Rivera	190.933	72.034	1.822.538	23.983.000	17.252.000	102	227	250.866
Rocha	233.783	88.200	2.231.565	14.774.000	10.627.000	54	119	154.539
Salto	195.014	73.573	1.861.493	14.707.500	10.579.774	35	79	153.846
San José	65.588	24.744	626.063	15.900.000	11.438.000	40	90	166.320
Soriano	673.307	254.020	6.427.019	84.654.000	60.896.000	114	225	885.515
Tacuarembó	64.130	24.195	612.150	11.130	8.006.000	36	81	116.424
Treinta y Tres	39.644	14.957	378.420	5.101.000	3.670.000	48	106	53.361

* Esta información se encuentra disponible por seccional policial pero a efectos de este informe se presenta resumida por departamento.

Nivel II: Producción industrial de carne

Cuadro 17. Nivel II, fase producción industrial de ganadería de carne

Identificador	Nitrógeno	Fósforo	DBO5	Residuos	Consumo de agua	Consumo de energía
Frigorífica	kg/año	kg/año	kg/año	ton/año	m ³ /año	Tep/año
7915	340	65	232	15418	295380	2477
8038	2294	665	2161	1359	67248	543
8043	3735	132	1338	6448	273485	1760
8131	47412	5217	78711	11244	456119	2529
8218	12626	465	1002	11614	292416	3836
8304	337	60	254		32837	312
8334	10092	239	17032	9857	459120	2306
8408	54571	7468	12978	15356	421728	3430
8409	9246	781	3269	890	46080	303
8411	20198	446	1439	4706	107082	911
8415	25917	1857	19521	15475	188348	2088
8427	15.599	2.433	10.111	3117	185808	800
8428	273	26	204	865		314
8439	128343	19292	81022	19045	733560	3581
8502	545	68	374	1307	21511	359
8514	81298	9030	44490	9051	585264	5297
8536	5120	895	2372	1868	75264	761
8641	101128	13167	25503	11394	533328	3634
8868	1.815	223	1.936		17592	152
8913	36	8	179			16
9012	16	2	12	688	3100	128
9025	45168	7926	12619	2320	426528	3794

9105	2421	333	3482	678	46860	123
9249	80	10	67			
9318	11132	2003	6789	3745	67200	4082
9414				103		
9610	4922	991	2348		35.184	196
9710	770	241	1.415		51.209	221
2002029	850	295	1.256	291		
2002032	1.146	359	503		6.113	191
2003025	14.582	1.409	4.309		83.573	1008
2007019	27979	5450	15995		24.4910	1011
2007024	122706	8851	48606		428.592	3206
2015158			103		1.600	30
2014035						2
Total	752.697	90.407	401.632	146.839	6.187.039	49.401

La diferencia en el número de industrias analizadas se debe a que en el año bajo estudio (2019) no todas las empresas presentaron el informe ambiental de operación (IAO) o declaración jurada de residuos sumado al proceso de validación de la información realizada durante la determinación del valor del indicador. De todas maneras, la muestra de industrias consideradas abarca las empresas importantes y de gran porte a nivel nacional.

Nivel III: Fase de producción primaria de carne

Cuadro 18. Nivel III, fase de producción primaria de ganadería de carne

Indicador	Parámetro	Resultado	Unidad
Erosión	Pérdida de suelo	20,6	kg suelo/kg PV
Índice de P	Fósforo total	0,022	kg/kg PV
Exportación de nutrientes desde fuentes difusas	Nitrógeno total	0,040	kg/kg PV
	Fósforo total	0,008	kg/kg PV
	Nitrógeno total	0,025	kg N/ kg PV

Exportación de materia orgánica y nutrientes desde fuentes puntuales EEC	Fósforo total	0,0095	kg P/ kg PV
	Materia orgánica	0,24	kg MO/ kg PV
Residuos EEC	Estiércol generado	3,01	kg MS/kg PV
	Estiércol gestionado	2,2	kg MS/PV
Consumo agua EEC	Agua consumida	31,5	m ³ /ton PV
Consumo energía: EEC	Energía eléctrica	0,007	tep/ton PV
	Gas oil	0,016	tep/ton PV
Impacto plaguicidas agua	Plaguicidas	0,19	PAF m ³ / kg PV

(1) kg peso vivo (PV). Fuente de datos: INAC 2019/2020.

(2) EEC = encierro de engorde a corral.

(3) MS = materia seca.

(4) tep = tonelada equivalente de petróleo.

(5) PAF = estimación de la fracción de especies potencialmente afectadas integrada en el tiempo y volumen por unidad de masa de una sustancia química emitida.

(6) ciclo = ciclo de nacimiento a faena de cada los animales según cada secuencia de subsistemas productivos. Su duración es diferente según la combinación de subsistemas y edad del animal faenado.

Nivel III: Fase de Producción industrial de carne

Cuadro 19. Nivel III, fase de producción industrial de ganadería de carne

Indicador	Parámetro	Resultado	Unidad
Exportación de materia orgánica y nutrientes desde fuentes puntuales	Nitrógeno total	0,33	kg/animal
	Fósforo total	0,04	kg/animal
	DBO	0,17	kg/animal
Residuos	Residuo generado	0,13	kg/kg animal faenado
Consumo de agua	Cabeza bovina faenada	3,0	m ³ /animal
	Cabeza ovina faenada	0,7	m ³ /animal
	PV bovino	6,4	m ³ /ton PV
	PV ovino	16	m ³ /ton PV
Consumo de energía	Cabezas ovinas y bovinas faenadas	0,02	Tep/cabezas

	PV ovina y bovinos	0,05	Tep/ton PV
Plaguicidas	agua	0,21	PAF m ³ / kg PV
	suelo	0,02	PAF m ³ /kg PV

4.2.2 Sector lechero

Nivel I: Fase de producción primaria de leche

Cuadro 20. Nivel I, fase de producción primaria de la lechería

Indicador	Parámetro	Resultado	Unidad
Erosión	Pérdida de suelo	1,1 5x10 ⁶	ton/año
		1,53	ton/(ha.año)
Índice de P	Fósforo total	2001	ton /año
		0,003	Ton/(ha.año)
Exportación de nutrientes desde fuentes difusas	Nitrógeno total	N/D	ton/año
	Fósforo total	2.000	ton /año
Exportación de materia orgánica y nutrientes desde fuentes puntuales	Nitrógeno total	2486	ton/año
	Fósforo total	1038	ton /año
	Materia orgánica	10.400	ton /año
Residuos	Generación estiércol	327.017	ton MS/año
	Generación estiércol	213.022	ton MS/año
Consumo de agua ⁽²⁾	Agua alimento	8.520.872	m ³ /año
	Agua limpieza	5.757.346	m ³ /año
Consumo de energía	Energía fósil	178.334	tep/año
Plaguicidas en agua	Plaguicidas	3515	PAF m ³ / ciclo
Plaguicidas en suelo	Plaguicidas	1290	PAF m ³ / ciclo

⁽²⁾ El consumo de agua corresponde a la suma del uso de agua del alimento y el de limpieza.

⁽³⁾ MS = materia seca.

⁽⁴⁾ tep = tonelada equivalente de petróleo.

⁽⁵⁾ PAF = estimación de la fracción de especies potencialmente afectadas integrada en el tiempo y volumen por unidad de masa de una sustancia química emitida.

⁽⁶⁾ ciclo = ciclo de nacimiento a faena de cada los animales según cada secuencia de subsistemas productivos. Su duración es diferente según la combinación de subsistemas y edad del animal faenado.

Nivel I: Fase de producción industrial de leche

Cuadro 21. Fase de producción industrial de la lechería

Indicador	Parámetro	Resultado	Unidad
Exportación de materia orgánica y nutrientes desde fuentes puntuales	Nitrógeno total	524	Ton N/año
	Fósforo total	67	ton P/año
	DBO	1.211	ton DBO/año
Residuos	Residuos	24.082	ton/año
Consumo de agua	Agua	4.123.405	m ³ /año
Consumo energía	Energía	75.368	Tep/año

La exportación total de nitrógeno por fuentes puntuales fue de 3.010 ton N/año donde un 83 % corresponde a la fase primaria y 17% a la fase industrial. En cuanto al fósforo, la exportación por fuentes puntuales fue de 1.105 ton P/año, donde la fase primaria contribuye al 94 % y la industrial 6 %. En la fase industrial las empresas cuentan con plantas de tratamiento de aguas residuales previo a su vertido.

Respecto a los residuos, en la fase de producción primaria se generaron 327.017 ton MS/año mientras que en la fase industrial se generaron 24.082 ton MS/año, lo que corresponde a un 7% del total. En la producción primaria para los sistemas productivos que tienen gestión de efluentes se asumió que este va a suelo con la función de fertilización, mientras que los sistemas que no lo tienen se asume que va al agua.

Nota: En la industria el destino del agua residual puede ser un curso de agua o el suelo.

El consumo total de agua, para alimentación y limpieza en la fase primaria fue de 14.278.218 m³ y en la fase industrial fue de 4.123.405 m³/año, de donde se desprende que a la fase primaria le corresponde el 78 % y a la fase industrial el 22 %.

En cuanto al consumo de energía, en la fase primaria fue de 178.334 tep/año y en la industrial fue de 75.368 tep/año, lo que corresponde a un 29% del total.

Nivel II: Fase producción primaria de leche

Cuadro 22. Nivel II, fase de producción primaria de la lechería

Departamento	Unidad	Producción de leche	Exportación desde fuentes puntuales: (kg/año)			Residuos: Estiércol	Consumo de energía	Consumo de agua: total
	VO	L	NT	PT	DBO5	Ton MS/año	MJ	m ³
Artigas	184	373.250	2.050	856	8.575	124	1.224.260	8.328
Canelones	17.079	108.717.823	8.207	40.995	410.847	11.533	356.594.459	772.996
Cerro Largo	1.526	7.098.071	16.999	7.096	71.117	1.030	23.281.673	69.067
Colonia	58.813	420.379.038	655.165	273.486	2.740.874	39.714	1.378.843.245	2.661.876
Durazno	14.789	193.726.786	89.155	37.216	372.979	9.986	635.423.858	669.350
Flores	9.085	59.177.409	93.764	39.140	392.259	6.135	194.101.902	411.187
Florida	89.213	640.630.237	321.836	134.344	1.346.396	60.241	2.101.267.177	4.037.780
Lavalleja	2.045	15.292.587	22.781	9.510	95.304	1.381	50.159.685	92.557
Maldonado	1.192	12.702.413	13.279	5.543	55.551	805	41.663.915	53.950
Montevideo	28	136.546	312	130	1.305	19	447.871	1.267
Paysandú	8.866	52.822.961	98.766	41.228	413.184	5.987	173.259.312	401.275
Río Negro	11.067	91.506.254	123.284	51.463	515.758	7.473	300.140.513	500.892
Rivera	2.071	5.757.219	23.071	9.630	96.515	1.398	18.883.678	93.733
Rocha	1.071	12.045.416	11.931	4.980	49.912	723	39.508.964	48.473
Salto	3.801	20.316.103	42.342	17.675	177.139	2.567	66.636.818	172.033
San José	74.839	504.141.875	652.398	272.331	2.729.296	50.535	1.653.585.350	3.387.213
Soriano	17.971	119.832.666	200.193	83.567	837.506	12.135	393.051.144	813.367
Tacuarembó	1.247	7.416.648	13.891	5.799	58.114	842	24.326.605	56.439
Treinta y Tres	584	4.406.856	6.506	2.716	27.216	394	14.454.488	26.432

Nivel II. Producción industrial de leche

Cuadro 23. Nivel II; fase de producción industrial de la lechería

Identificador	Nitrógeno (kg/año)	Fósforo (kg/año)	DBO5 (kg/año)	Residuos	Consumo agua m ³	Consumo energía Tep
8069	0	0	497	1.089		205
8089		35	299			246
8203	6.175	1.522	12.957		17.7330	4.199
8215	5.872	1620	34.565	9087	423.000	3708
8420	5.133	920	9.340		19.1520	4087
8465	14.173	3635	56.848	1.529	39.8160	1.0026
8504	20.678	1.722	23.991	3.719	1.087.980	17.666
8529	282	100	767		35.640	339
8532	2.810	896	5.654		139.140	3.168
8640	9.300	1.428	6.552	32	108.498	729
8711	3.325	1.139	2.719	963	136.380	2.636
8841	2	1	6	423	37.960	310
8911	15.040	3.342	4.434	2.285	136.500	10.966
9106	10	7	18	3		
9125	0	0	640.081	438	705.300	4.568
9226			86.437	12		
9232	92	108	2.151		57.840	2.786
9513	407	165	7.977	324		
9718		633	12.043		26.500	200
9807	735	471	2147	653	162.156	1.518
2000053				194	12.870	130
2001023	2	1	18		4.410	43
2006007		39	1.068		27.086	732

2006030	0	0	1			461
2007002				794		
2008008						4
2012095	2.746	601	3.232	144	236.460	
2015058					325	35
2015064	4	1	19		3.800	105
2015131	389.660	43.000	129.021			
2016140					1.800	4
2016163	0	0	5	2.390	10.200	128
2016197		2	42		650	55
2016223	47.823	6.649	278.714			
2016272	0	0	2		1.900	29
2012095	850	524	11.561			6.284
Total	525.119	68.561	1333166	24.079	413.405	75.367

La diferencia en el número de industrias analizadas se debe a que en el año de estudio considerado (2019) no todas las empresas presentaron el informe ambiental de operación (IAO) o declaración jurada de residuos sumado al proceso de validación de la información realizada durante la determinación del valor del indicador. De todas maneras, la muestra de industrias consideradas abarca las empresas importantes y de gran porte a nivel nacional.

Nivel III: Fase producción primaria de leche

Cuadro 24. Nivel III, fase de producción primaria de la lechería

Indicador	Parámetro	Resultado	Unidad
Erosión (1)	Pérdida de suelo	0,52	kg/L
Índice de P (1)	Fósforo total	0,001	kg/L
Exportación de materia orgánica y nutrientes desde fuentes puntuales	Nitrógeno total	1,09	g/L/año
	Fósforo total	0,46	g/L/año
	Materia orgánica	4,57	g/L/año
Residuos	Estiércol gestionado ⁽⁶⁾	0,16	kg MS/L

	Estiércol gestionado ⁽⁷⁾	0,10	kg MS/L
Consumo de agua	Agua consumida	6,27	L agua/L leche
Consumo de energía	Consumo de energía	0,000078	tep/L
Plaguicidas agua	Plaguicidas	0,003	PAF m ³ / L
Plaguicidas carne	Plaguicidas	0,001	PAF m ³ / L

⁽¹⁾ Se consideró una producción de leche de 2.276.480.158 litros

⁽³⁾ MS = materia seca

⁽⁴⁾ tep = tonelada equivalente de petróleo

⁽⁵⁾ PAF = estimación de la fracción de especies potencialmente afectadas integrada en el tiempo y volumen por unidad de masa de una sustancia química emitida

⁽⁶⁾ estiércol gestionado estimados por Nennich et al 2005)

⁽⁷⁾ estiércol gestionado estimado con datos de INIA

Nivel III: Fase producción industrial de leche

Cuadro 25. Nivel III, fase de producción industrial de la lechería

Indicador	Parámetro	Resultado	Unidad
Exportación de materia orgánica y nutrientes desde fuentes puntuales	Nitrógeno total	0,0003	kg/L leche
	Fósforo total	0,00003	kg/L leche
	DBO	0,0006	kg/L leche
Residuos	Residuo generado	0,011	ton/1000 L leche
Consumo de agua	Consumo de agua	2,1	L/L leche
Consumo de energía	Consumo energía	0,00005	Tep/L leche



5. Comentarios generales | Lecciones aprendidas

El proceso realizado hasta el momento ha permitido definir la huella ambiental para el sector ganadero a través de un set de 15 indicadores para los cuales en el año 2022 ya se tienen los resultados de su determinación a nivel nacional, de unidad geográfica/ producción y en algunos casos con referencia a la carne o leche producida.

El trabajo se ha desarrollado de forma interinstitucional, liderado por el MA y el MGAP y las instituciones sectoriales que lideran el desarrollo de la actividad ganadera y la investigación asociada a ella (INAC, INALE, INIA, UDELAR).

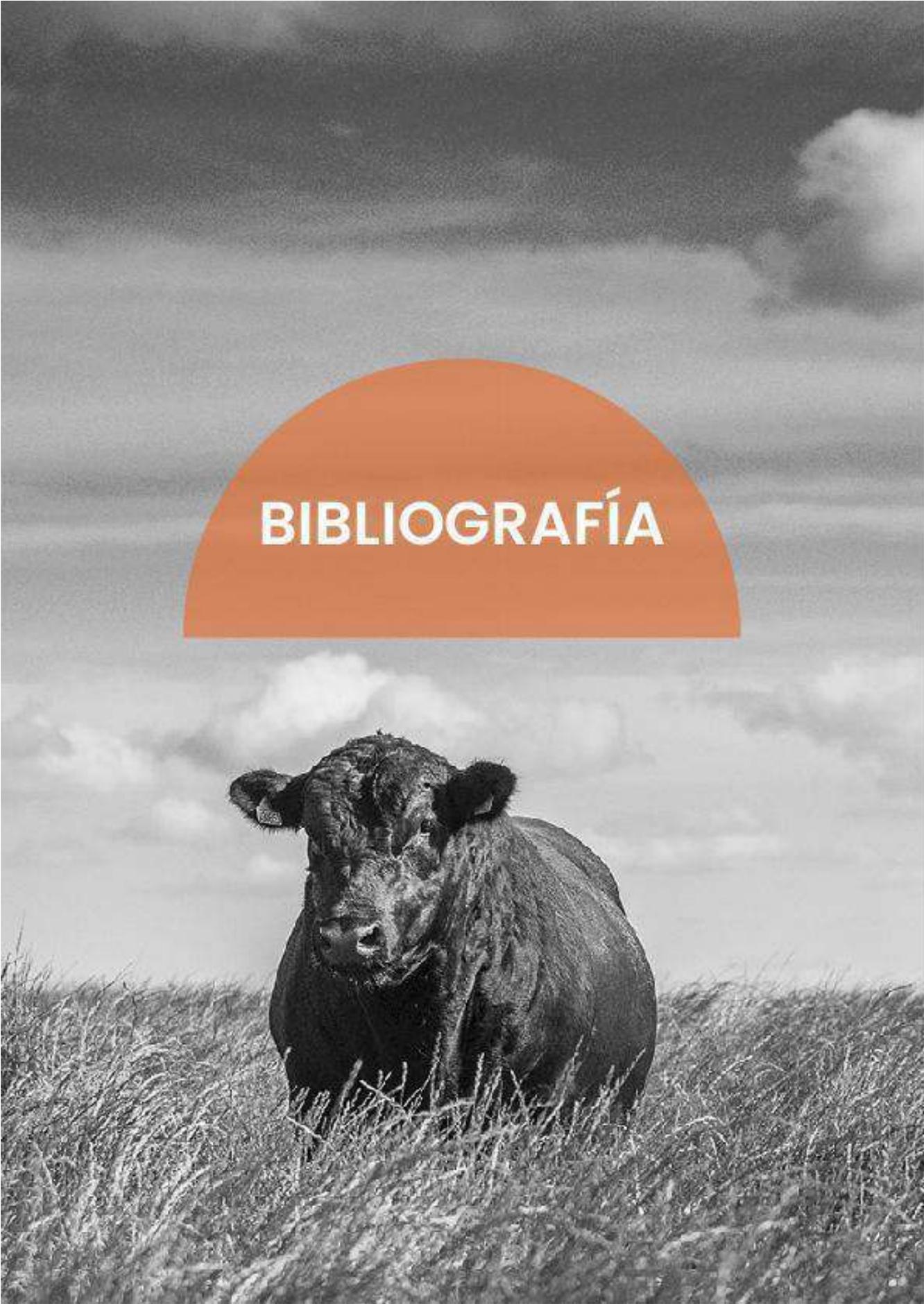
La utilización de la información y el conocimiento valiosos que posee el país ha permitido obtener estos resultados expresados en los indicadores, que proporcionan una base para el trabajo a futuro sobre los que establecer líneas de acción para la mejora.

Estos indicadores permitirán dar información a diferentes partes interesadas de la situación de la actividad ganadera desde el punto de vista de sus impactos en el ambiente.

A partir de los resultados obtenidos surgen diferentes líneas de trabajo asociadas a varios aspectos:

- Mejorar la determinación a futuro de los indicadores definidos. Esto implica la mejora de la calidad de la información y la metodología utilizada para determinar cada indicador. Relativo a este punto cabe mencionar que tanto la calidad como la metodología de determinación ha sido heterogénea en esta primera edición.
- Realizar un análisis de los resultados obtenidos respecto a los mismos indicadores (o similares) para los que haya información a nivel internacional y regional considerando la posibilidad de comparación teniendo en cuenta que puede haber diferencias de múltiple origen para realizar esta tarea.
- Establecer vías de trabajo para desarrollar las mejoras que sean posibles y necesarias en aquellos indicadores donde se considere que esto es también necesario y viable.
- Establecer las necesidades de investigación y desarrollo para aquellos indicadores donde se identifica la necesidad de mejora, pero se requiere desarrollo de prácticas, tecnología, etc.

La huella ambiental de la ganadería es un instrumento concebido con la finalidad de obtener información basada en ciencia y conocimiento de los impactos ambientales de la actividad ganadera en el Uruguay para contribuir a la gestión del desarrollo sostenible. Esta determinación permite tener una base de información sobre el desempeño de las actividades en las fases producción primaria e industrial en tres niveles de determinación: nacional, local y de producto.



BIBLIOGRAFÍA

6. Bibliografía

Alcaraz-Segura, Domingo; Paruelo, José, M.; Epsteinm Howard, E. Cabello, J. 2013. Environmental and Human Controls of Ecosystem Functional Diversity in Temperate South America. *Remote Sensing*, 5 (1): 127-154. <https://doi.org/10.3390/rs5010127>

Baeza Santiago; Paruelo José 2018. Spatial and temporal variation of Human Appropriation of Net Primary Production in the Rio de la Plata Grasslands. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 145: 238 – 249 <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2018.07.014>

Becoña, Gonzalo. 2022. Factores de emisión y coeficientes para estudios de huella de carbono en Uruguay: sector ganadero. Manual de consulta. INIA. <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/Libro-huella-de-carbono.pdf>

Becoña, Gonzalo; Astigarraga, Laura; Picasso, Valentín. 2014. Greenhouse Gas Emissions of Beef Cow-Calf Grazing Systems in Uruguay. *Sustainable Agriculture Research*. 3. <https://dx.doi.org/10.5539/sar.v3n2p89>

Darré, Elisa; Llanos, Eduardo; Astigarraga, Laura; Cadenazzi, Mónica; Picasso, Valentín, 2021. Do pasture-based mixed dairy systems with higher milk production have lower environmental impacts? A uruguayan case study. *New Zealand Journal of Agriculture*, 64:3, 444-462 <https://doi.org/10.1080/00288233.2020.1750433>

DIEA, 2021. Anuario Estadístico Agropecuario. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. 263 pp.

European Comission PEF 2021. Single market for green products: The Environmental Footprint pilots. European Comission. https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/ef_pilots.htm

Facultad de Agronomía. 2022. Seminario de ganadería sobre campo natural. ¿Se está acumulando carbono en los suelos de pastizales? Bruno Bazzoni. Facultad de Agronomía, Universidad de la República. https://www.youtube.com/watch?v=xxuUTt68MUA&ab_channel=FacultaddeAgronom%C3%ADaUdelar

Gorelick, Noel; Hancher, Matt; Dixon, Mike; Ilyushchenko, Simon; Thau, David; Moore, Rebecca. 2017. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment* Volume 202 (18-27). <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>

IDF (International Dairy Federation). 2010. A common carbon footprint approach for dairy: The IDF guide to standard lifecycle assessment methodology for the dairy sector. Bulletin of the International Dairy Federation, 445, 1-40. https://www.fil-idf.org/wp-content/uploads/2016/09/Bulletin479-2015_A-common-carbon-footprint-approach-for-the-dairy-sector.CAT.pdf

INALE (Instituto Nacional de la Leche) 2019. Encuesta Lechera 2019: resultados preliminares <https://www.inale.org/estadisticas/encuesta-lechera-2019-resultados-preliminares/>

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol5.html>

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2019. Refinement of the IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>

FAO (Food and Agriculture Organization). 2016. Environmental performance of large ruminant supply chains. Guidelines for assessment. Livestock Environmental Assessment and Performance Partnership. FAO, Rome, Italy. <https://www.fao.org/3/i6494e/i6494e.pdf>

Lizarralde, Carolina; Picasso, Valentín; Rotz, Alan; Cadenazzi, Mónica; Astigarraga, Laura. 2014. Practices to reduce milk carbon footprint on grazing dairy farms in Southern Uruguay: case studies. Sustainable Agriculture Research, Vol. 3, No.2 <https://dx.doi.org/10.5539/sar.v3n2p1>

Mallarino, A.P., Stewart, B.M., Baker, J.L., Downing, J.D., Sawyer, J.E., 2002. Phosphorus indexing for cropland: overview and basic concepts of the Iowa phosphorus index. Journal of Soil and Water Conservation 57:440-447 <https://www.jswconline.org/content/57/6/440>

Mazetto, Andre; Falconer, Shelley; Ledgard, Stewart. 2021. Mapping the carbon footprint of milk for dairy cows. Report for Dairy NZ. <https://www.dairynz.co.nz/media/5794083/mapping-the-carbon-footprint-of-milk-for-dairy-cows-report-updated.pdf>

Medina, S. 2022. Informe final Proyecto “Asistencia técnica para el seguimiento y la presentación de informes a la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (UNCCD)” EP/URU/036/GFF. Programa de Establecimiento de Metas Voluntarias de Degradación Neutral de la tierra en Uruguay. Informe final.

MGAP-INIA-LATU. 2013. Primer estudio de la huella de carbono de tres cadenas agroexportadoras del Uruguay: carne vacuna, lácteos, arroz. <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/publicaciones/primer-estudio-huella-carbono-tres-cadenas-agroexportadoras-del-uruguay#:~:text=Este%20primer%20estudio%20sobre%20Huella,los%20principales%20rubros%20de%20exportaci%C3%B3n%E2%80%9D>

Ministerio de Ambiente. 2022a. Contribución Determinada a Nivel Nacional. <https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/contribuc-y-gestion/contribucion-determinada-nivel-nacional>

Ministerio de Ambiente. 2022b. Visualizador de avances de la Contribución Determinada a nivel Nacional y otros indicadores vinculados. SNRCC. https://visualizador.gobiernoabierto.gub.uy/visualizador/api/repos/%3Apublic%3Aorganismos%3Ambiente%3Avisualizador_cdn.wcdf/generatedContent

Ministerio de Ambiente. 2022c. Estrategia Climática de Largo Plazo de Uruguay. <https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/politicas-y-gestion/estrategia-climatica-largo-plazo-uruguay>

Montossi, Fabio, Cazzulli, Fiorella. 2019. Ejemplos empresariales y asociativos de marcas de calidad: Uruguay. In: TEIXEIRA, A.; SAÑUDO, C. (Coord.). Marcas de calidad de carne en Iberoamérica: Caribe, Sudamérica y Península Ibérica. Congreso Iberoamericano de Marcas de Calidad de Carne y de Productos Cárnicos, 24-25 de octubre, Bragança, Portugal, 2019. Bragança (Portugal): RED MARCARNE, 2019. 181-190.

Naciones Unidas. 2015. Acuerdo de París. https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf

Naciones Unidas. 2022a. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, 5 al 16 de junio de 1972, Estocolmo. <https://www.un.org/es/conferences/environment/stockholm1972>

Naciones Unidas. 2022b. Informe de Brundtland. <https://www.un.org/es/ga/president/65/issues/sustdev.shtml>

Naciones Unidas. 2022c. Objetivos de desarrollo sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/>
Paruelo, José M.; Jobbágy, Esteban G.; Sala, Osvaldo. 2001. Current Distribution of Ecosystem Functional Types in Temperate South America. *Ecosystems* 4, 683–698. <https://doi.org/10.1007/s10021-001-0037-9>

Paruelo, José M.; Texeira, Marcos; Staiano, Luciana.; Mastrángelo, Matías; Amdan, Laura.; Gallego, Federico. 2016. An integrative index of Ecosystem Services provision based on remotely sensed data. *Ecological indicators*.71:145-154
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.06.054>

Picasso, Valentín, Modernel, Pablo, Becoña, Gonzalo, Salvo Lucía, Gutiérrez Lucía & Astigarraga Laura. 2014. Sustainability of meat production beyond carbon footprint: A synthesis of case studies from grazing systems in Uruguay. *Meat science*. 98.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.07.005>

Soutullo A, C Clavijo & JA Martínez-Lanfranco (eds.). 2013. Especies prioritarias para la conservación en Uruguay. Vertebrados, moluscos continentales y plantas vasculares. SNAP/DINAMA/MVOTMA y DICYT/MEC, Montevideo. 222 pp.
<https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/politicas-y-gestion/especies-prioritarias-para-conservacion>

Staiano, L.; Camba, G.; Baldassini, P.; Gallego, F.; Texeira, M.; Paruelo, JM. 2021. Putting the Ecosystem Services idea at work: Applications on impact assessment and territorial planning. *Environmental Development* Volume 38. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2020.100570>

Ward Good, Laura; Panuska, John; Vadas, Peter. 2010. Current calculations in the Wisconsin P Index. Disponible en: http://wpindex.cals.wisc.edu/wp-content/uploads/2011/10/PIndexCalc_11_18_20101.pdf