



Organización de las Naciones Unidas  
para la Alimentación y la Agricultura



# Prácticas y tecnologías **para una ganadería baja en emisiones**

Estudio de caso en Uruguay



# Prácticas y tecnologías **para una ganadería baja en emisiones**

---

Estudio de caso en Uruguay

Cita requerida:

FAO. 2022. *Prácticas y tecnologías para una ganadería baja en emisiones: Estudio de caso en Uruguay*. Santiago de Chile. <https://doi.org/10.4060/cc2738es>

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, por parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, ni sobre sus autoridades, ni respecto de la demarcación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la FAO los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

ISBN: 978-92-5-137124-4

© FAO, 2022



Algunos derechos reservados. Esta obra se distribuye bajo licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Organizaciones intergubernamentales (CC BY-NC-SA 3.0 IGO; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/deed.es>).

De acuerdo con las condiciones de la licencia, se permite copiar, redistribuir y adaptar la obra para fines no comerciales, siempre que se cite correctamente, como se indica a continuación. En ningún uso que se haga de esta obra debe darse a entender que la FAO refrenda una organización, productos o servicios específicos. No está permitido utilizar el logotipo de la FAO. En caso de adaptación, debe concederse a la obra resultante la misma licencia o una licencia equivalente de Creative Commons. Si la obra se traduce, debe añadirse el siguiente descargo de responsabilidad junto a la referencia requerida: “La presente traducción no es obra de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). La FAO no se hace responsable del contenido ni de la exactitud de la traducción. La edición original en español será el texto autorizado”.

Todo litigio que surja en el marco de la licencia y no pueda resolverse de forma amistosa se resolverá a través de mediación y arbitraje según lo dispuesto en el artículo 8 de la licencia, a no ser que se disponga lo contrario en el presente documento. Las reglas de mediación vigentes serán el reglamento de mediación de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual <http://www.wipo.int/amc/en/mediation/rules> y todo arbitraje se llevará a cabo de manera conforme al reglamento de arbitraje de la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil Internacional (CNUDMI).

Materiales de terceros. Si se desea reutilizar material contenido en esta obra que sea propiedad de terceros, por ejemplo, cuadros, gráficos o imágenes, corresponde al usuario determinar si se necesita autorización para tal reutilización y obtener la autorización del titular del derecho de autor. El riesgo de que se deriven reclamaciones de la infracción de los derechos de uso de un elemento que sea propiedad de terceros recae exclusivamente sobre el usuario.

Ventas, derechos y licencias. Los productos informativos de la FAO están disponibles en la página web de la Organización (<http://www.fao.org/publications/es>) y pueden adquirirse dirigiéndose a [publications-sales@fao.org](mailto:publications-sales@fao.org). Las solicitudes de uso comercial deben enviarse a través de la siguiente página web: [www.fao.org/contact-us/licence-request](http://www.fao.org/contact-us/licence-request). Las consultas sobre derechos y licencias deben remitirse a: [copyright@fao.org](mailto:copyright@fao.org).

Fotografía de la portada y contraportada: ©Universidad de Montevideo

# Índice

<b>Cuadros</b> .....	<b>iv</b>
<b>Abreviaturas y siglas</b> .....	<b>v</b>
<b>Agradecimientos</b> .....	<b>vi</b>
<b>1. Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Metodología</b> .....	<b>4</b>
<b>2.1. Selección de modelos productivos</b> .....	5
<b>2.2. Selección de prácticas y tecnologías de ganadería sostenible</b> .....	5
<b>2.3. Análisis de costo beneficio</b> .....	5
<b>2.4. Cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero</b> .....	7
<b>3. Resultados</b> .....	<b>8</b>
<b>3.1. Modelos productivos</b> .....	9
<b>3.2. Paquete tecnológico</b> .....	10
<b>3.3. Resultados del análisis de costo beneficio</b> .....	11
<b>3.4. Emisiones de gases de efecto invernadero</b> .....	14
<b>4. Conclusiones y recomendaciones</b> .....	<b>15</b>
<b>Bibliografía</b> .....	<b>18</b>
<b>Anexos</b> .....	<b>20</b>
<b>Anexo 1. Parámetros ajustados para el escenario sostenible con cargas animal de 1,4 y 1,7 en los modelos productivos definidos para Uruguay.</b> .....	21
<b>Anexo 2. Inversiones incrementales para el escenario sostenible en los modelos ML4, ML10, ML12.</b> .....	22
<b>Anexo 3. Indicadores económico - financieros para el escenario sostenibles en los modelos ML4, ML8, ML10, ML12.</b> .....	23
<b>Anexo 4. Emisiones de gases de efecto invernadero en los modelos ML4, ML10, ML12.</b> .....	24

# Cuadros

**Cuadro 1.** Características de los cuatro modelos productivos (escenario base), según tipo de intensificación

**Cuadro 2.** Características del escenario base o convencional versus el escenario sostenible

**Cuadro 3.** Parámetros generales para ajustar el escenario base al escenario sostenible

**Cuadro 4.** Inversiones incrementales para el escenario sostenible

**Cuadro 5.** Indicadores económicos financieros para el escenario sostenible

**Cuadro 6.** Indicadores económicos para el escenario sostenible, evaluación social

**Cuadro 7.** Emisiones de GEI

# Abreviaturas y siglas

<b>ACB</b>	análisis de costo beneficio
<b>ALC</b>	América Latina y el Caribe
<b>CH<sub>4</sub></b>	metano
<b>CO<sub>2</sub></b>	dióxido de carbono
<b>CO<sub>2</sub>eq</b>	equivalente de CO <sub>2</sub>
<b>cm</b>	centímetro
<b>FAO</b>	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
<b>GEI</b>	gases de efecto invernadero
<b>ha</b>	hectáreas
<b>INALE</b>	Instituto Nacional de la Leche
<b>INIA</b>	Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria
<b>IPCC</b>	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
<b>Lt</b>	litros
<b>ML</b>	modelo productivo lechero
<b>MS</b>	materia seca
<b>MGAP</b>	Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca
<b>N<sub>2</sub>O</b>	óxido nitroso
<b>NDC</b>	contribución determinada a nivel nacional
<b>TIR</b>	tasa interna de retorno
<b>VAN</b>	valor actual neto
<b>VO</b>	vaca ordeño
<b>VM</b>	vaca madre

# Agradecimientos

Esta publicación ha sido elaborada en el marco del proyecto Ganadería baja en emisiones, una contribución al desarrollo sostenible del sector pecuario en los países de Sudamérica (TCP/RLC/3714), ejecutado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

Contraparte Gubernamental: Cecilia Jones, Ministerio de Agricultura

Aportes técnicos: Instituto Nacional de la Leche (INALE) e Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA)

Contribuciones al proyecto: Jorge Artagaveytia (INALE), Santiago Fariña (INIA), Guillermo Sena (consultor independiente)

Preparado por: Diana Elizabeth Paredes Gavidia (Consultora FAO), Andrés González Serrano (Oficial de Desarrollo Ganadero para América Latina y el Caribe, FAO), Pablo Valencia Espina (Consultor Desarrollo Pecuario, FAO), y Enrique Halty (Consultor Nacional).

# 1. Introducción



La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) apoya a los países de América Latina y el Caribe (ALC) en el logro de una producción pecuaria sostenible y baja en emisiones. Con este propósito, la FAO ha facilitado iniciativas que involucran a múltiples actores, promoviendo estrategias que contribuyen al desarrollo sostenible de la producción pecuaria a través de políticas efectivas, instituciones sólidas y la aplicación de prácticas innovadoras.

La ganadería es una actividad clave para ALC, siendo primordial para mantener la seguridad alimentaria de la población. A nivel regional, el sector pecuario contribuye con el 46% del producto interno bruto agrícola, y ha crecido a una tasa anual del 3,7% superior a la tasa promedio de crecimiento global (FAO, 2018). Este acelerado crecimiento ha permitido que ALC se convierta en la región que más carne bovina exporta a nivel mundial. El progreso y la transformación del sector ofrecen oportunidades económicas y de reducción de la pobreza; sin embargo, su crecimiento ocurre en medio de las preocupaciones mundiales por la escasez de recursos naturales, los impactos del cambio climático y la necesidad creciente de un desarrollo más equitativo. Como consecuencia, el desafío que enfrenta la región es responder al aumento de la demanda, mejorando a la vez la eficiencia productiva, y minimizando los impactos ambientales de la actividad ganadera.

Uruguay es el séptimo exportador mundial de leche, y sus productos llegan a más de 60 mercados. Más de 20 000 personas se dedican al trabajo en los tambos<sup>1</sup> y la industria láctea. Según datos del Banco Mundial (2018), durante el periodo 2005-2015, las exportaciones totales promediaron el 26% del producto interno bruto (PIB), lo que representa una expansión mayor que la experimentada por otros países vecinos, tales como Argentina, Venezuela (República Bolivariana de), Brasil y Paraguay. Más aún, el país y sus productores han fomentado la incorporación de prácticas sostenibles para mejorar la productividad agrícola y reducir la degradación del suelo y la contaminación de las aguas.

En este contexto, la contribución determinada a nivel nacional (NDC, por sus siglas en inglés) del Uruguay establece la agenda para mitigar el cambio climático hacia el 2025. En ella, el país se ha comprometido de forma clara a adoptar una agenda de crecimiento con bajas emisiones de carbono; aun cuando aporta menos del 0,05% de las emisiones mundiales (NDC, 2017). Es importante destacar que el perfil de emisiones del país está fuertemente marcado por las emisiones relativas a la producción de alimentos: usando la métrica  $GWP_{100 AR2'}$  el 73,8% de las emisiones totales corresponden al sector

.....  
<sup>1</sup> Establecimiento ganadero destinado al ordeño y comercialización de la leche de vaca.

## 1. Introducción

agropecuario. Además, de acuerdo al último Inventario Nacional (INGEI, 2017), Uruguay emitió 5 839 Gg de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), provenientes principalmente del sector energía; además, se emitieron 787 Gg de metano ( $\text{CH}_4$ ) y 28 Gg de óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), generadas fundamentalmente por el sector de agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra.

Adicionalmente, Uruguay ha establecido una meta específica para el sector ganadero vacuno. La NDC propone de manera incondicional reducir en un 33% la intensidad de las emisiones de  $\text{CH}_4$  entérico por kg de peso vivo producido para 2030, y en un 31% la intensidad de emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$  por kg de peso vivo. Además, es destacable que el aumento de la producción de carne en el país se ha logrado con un aumento muy pequeño de las emisiones totales de este sector, debido a la implementación de medidas para controlar las emisiones, tales como una mejor calidad media de la dieta con base a campo natural (más digestibilidad media), y una reducción del orden del 15% en la tasa de emisión de metano por unidad de alimento ingerida ( $Y_m$ ).

Por otro lado, la sostenibilidad ambiental forma parte de los lineamientos estratégicos del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP). Es así que, el año 2019, Uruguay presentó un Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático para el sector agropecuario. En ese documento se detallan las diversas medidas de adaptación a ser incorporadas dentro de los sistemas agropecuarios para lograr el desarrollo del sector, con un enfoque en el aumento de la productividad, la sostenibilidad ambiental y la inclusión social en la producción hortofrutícola y de cultivos, la ganadería, la silvicultura, la pesca y la acuicultura.

El proyecto Ganadería baja en emisiones, una contribución al desarrollo sostenible del sector en Suramérica (TCP/RLC/3714), realizado en Argentina, Chile, Ecuador Paraguay y Uruguay; tiene como objetivo la generación de evidencia para la toma de decisiones mediante el análisis de costo beneficio de las prácticas y tecnologías disponibles; la identificación de mecanismos de asistencia técnica y financiamiento necesarios para la adopción de estas prácticas y tecnologías; y la generación de acuerdos y hojas de ruta para su implementación por parte de los productores pecuarios.

A través de este proyecto, se cuantifican y valoran los beneficios económicos, sociales, ambientales de las prácticas y tecnologías que permiten reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), a través de la metodología del análisis de costo beneficio (ACB). El enfoque principal de este análisis consiste en identificar y priorizar intervenciones que reducen la intensidad de las emisiones de metano entérico generadas por los sistemas de producción de rumiantes, y proporcionar información cuantitativa respecto de la rentabilidad de estas medidas, para identificar aquellas que resultan más eficientes para los productores ganaderos.

## 2. Metodología



## **2.1. Selección de modelos productivos**

Para la realización de este estudio, primero se definieron modelos productivos ganaderos de leche, que describieran una cantidad representativa de productores, con una participación importante dentro del stock ganadero nacional. Para estos modelos productivos se recopiló información de cada una de sus actividades, estructura del hato ganadero, infraestructura, maquinaria, insumos, inversiones, ingresos, gastos de producción, financiamiento, etc. Estos modelos productivos, o tipologías de sistemas productivos convencionales, constituyen el escenario base.

Utilizando esta información base de cada modelo productivo, se realizó un análisis de situación financiera para definir la situación inicial del modelo antes de una adopción de prácticas o tecnologías sostenibles.

## **2.2. Selección de prácticas y tecnologías de ganadería sostenible**

Uno de los principales objetivos del proyecto es la identificación de paquetes tecnológicos (prácticas y tecnologías) que tengan el potencial de reducir emisiones de manera directa<sup>2</sup> o indirecta<sup>3</sup>, y que al mismo tiempo mantengan o aumenten la producción dentro de los sistemas productivos. El escenario potencial en que estas prácticas y tecnologías han sido adoptadas constituye el escenario sostenible.

Con la ayuda de expertos nacionales se seleccionaron las mejores intervenciones, considerando criterios como: reducción de vulnerabilidad, generación de empleo, aumento de la rentabilidad, viabilidad a corto y mediano plazo, factibilidad. Una vez seleccionadas las intervenciones, se realizó una evaluación económica de lo que implicaría la implementación y mantenimiento de estos paquetes tecnológicos sobre el escenario base. Para ello, se recopiló información detallada sobre la necesidad de nuevas inversiones, costos incrementales, beneficios ambientales, sociales y económicos.

## **2.3. Análisis de costo beneficio**

El ACB es una herramienta que evalúa la conveniencia de realizar un proyecto a partir de la cuantificación de los costos y beneficios asociados a su implementación, a lo largo de un período de tiempo, y la comparación de estos frente a un escenario alternativo, de acuerdo al concepto de eficiencia económica.

.....  
<sup>2</sup> Intervención sobre emisiones directas: aquella que actúa sobre las fuentes de emisión GEI o sus sumideros.

<sup>3</sup> Intervención sobre emisiones indirectas: aquella que, al mejorar la productividad, disminuye la intensidad de emisiones de GEI, reduciendo las emisiones por gramo de proteína producida.

## 2. Metodología

Para realizar el análisis de costo beneficio requiere tener en cuenta los costos y beneficios incrementales generados por la adopción de las intervenciones, para lo cual se contrastaron los resultados de la situación de referencia (escenario base) con el escenario potencial donde se adoptan las prácticas o tecnologías (escenario sostenible), a través de indicadores como el valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y la relación beneficio costo (B/C).

Para comparar el escenario base con el escenario sostenible se usaron los siguientes supuestos:

- Se considera al año 2019 como el periodo inicial de la actividad productiva.
- El horizonte de evaluación es de 10 años, tiempo promedio en el que se podrían determinar los beneficios de las prácticas y tecnologías adoptadas.
- La tasa de descuento privada utilizada para analizar las inversiones en los sistemas de producción es del 7,5%.
- Los flujos de costos y beneficios se expresaron a precios constantes con base al año base, ajustándose los valores corrientes según la inflación (para los bienes y servicios en dólares).
- En la estructura de costos se consideró: producción, variación de existencias, costos fijos y no desembolsables. Los costos de producción incluyeron: la mano de obra permanente, los jornales, la asistencia técnica y veterinaria anual, servicios, suplementos alimenticios, sanidad e higiene, costos por suplementación alimenticia, siembra y conservación de pastos. En la variación de existencias se cuantificó la compra anual de animales. En los costos fijos se consideraron los costos de certificaciones, permisos, impuestos o seguros. En los costos no desembolsables se estimó la remuneración anual de la mano de obra familiar.
- En la estructura de ingresos se cuantificó la venta de leche, subproductos, y carne; la salidas de animales (terneros y terneras); y la venta de animales de descarte y toretes.
- Al final del período de evaluación se sumó el valor residual de los activos, en este caso, de las inversiones en infraestructura, animales e inventario.
- A diferencia de la evaluación privada, en la evaluación social se incluyeron también externalidades ambientales. En los casos en los que era posible, esas externalidades fueron valorizadas, mientras que cuando no se disponía de información suficiente para aplicar alguna de las técnicas de valoración, éstas solamente fueron identificadas.

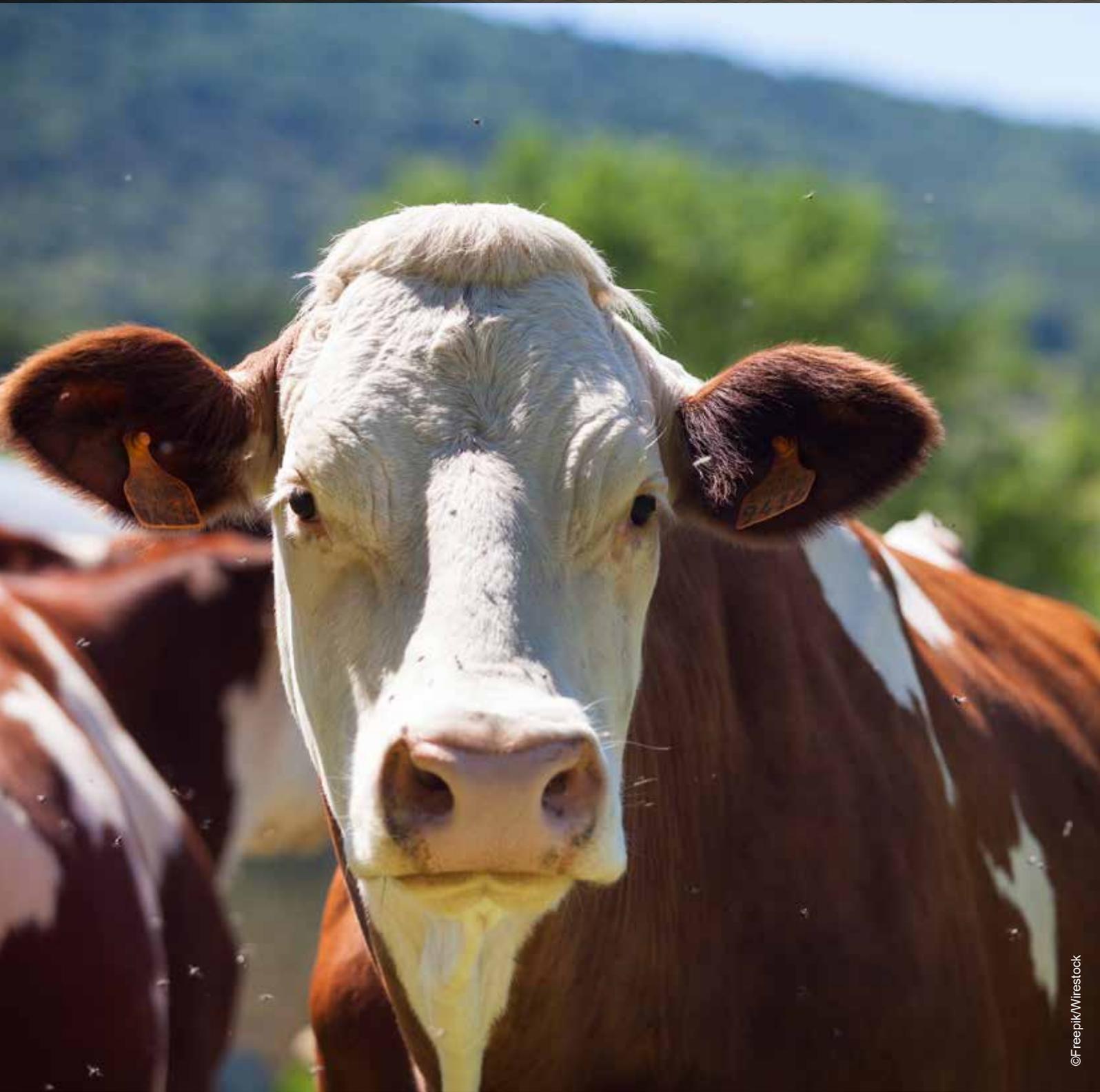
## 2.4. Cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero

Para la evaluación de emisiones de GEI se analizaron tanto las emisiones de los procesos de fermentación entérica en los animales, como del proceso de manejo de las excretas dentro del sistema productivo, usando la metodología de niveles 1 y 2 basada en las directrices del IPCC (2016), en su Capítulo 10. Es importante mencionar que en este estudio no se miden las emisiones asociadas al uso de suelo, el uso de energía fósil o la captura de carbono.

Para las estimaciones de GEI se consideró cada modelo productivo como una unidad de medida. En la cuantificación se usaron como parámetros de entrada: información del hato por categoría, datos de mortalidad y salida de animales, fertilidad, parámetros productivos, alimentación y manejo de excretas del sistema productivo ganadero bovino. Además, se consideraron los siguientes supuestos:

- Se utilizó el poder de calentamiento del gas  $\text{CH}_4 = 21$ ;  $\text{N}_2\text{O} = 310$  para obtener los resultados en  $\text{CO}_2\text{eq}$  (INGEI, 2020).
- Se utilizó el factor de conversión de  $\text{CH}_4$  ( $Y_m$ ) 6, % para forraje de moderada calidad (IPCC, 2006).
- Las emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$  se calcularon multiplicando las entradas de N de la aplicación de fertilizante y estiércol animal, orina y heces producidas durante el pastoreo, por los factores del IPCC.
- Los resultados se presentan en kg de  $\text{CO}_2\text{eq}$  respecto a kg de leche corregida.

### 3. Resultados



### 3. Resultados

#### 3.1. Modelos productivos

Utilizando la información de la Encuesta lechera 2014 (INALE, 2014), el Instituto Nacional de la Leche (INALE) desarrolló una tipología de productores en la que se caracterizaron siete modelos productivos.

Para este estudio se seleccionaron cuatro de estos sistemas productivos ganaderos de leche, y para cada sistema se realizó un análisis económico financiero mediante la actualización de precios. Algunos indicadores físicos de los cuatro modelos seleccionados se presentan en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Características de los cuatro modelos productivos (escenario base), según tipo de intensificación

INDICADORES FÍSICOS		ML4-2014	ML6-2014	ML8-2014	ML10-2014	ML12-2014
<b>Producción leche</b>	lt/año	315 003	666 246	706 836	2 517 695	2 168 103
<b>Superficie vaca masa</b>	ha	55	178	120	491	306
<b>Superficie lechera</b>	ha	73	240	160	720	424
<b>Superficie total</b>	ha	86	267	194	883	569
<b>Vacas ordeñe</b>	cabezas	47	110	104	354	296
<b>Vacas masa</b>	cabezas	63	149	129	460	367
<b>Relación VO/VM</b>		0,75	0,74	0,81	0,77	0,81
<b>Trabajadores familiares</b>	unidad	2,0	2,0	2,4	2,4	2,0
<b>Trabajadores asalariados</b>	unidad	0,5	2,6	1,8	9,2	7,3
<b>Trabajadores totales</b>	unidad	2,6	4,7	4,2	11,6	9,3
<b>Carga</b>	VM/ha VM	1,1	0,8	1,1	0,9	1,2
<b>Productividad animal</b>	lt/VO/día	18	17	19	19	20
<b>Productividad animal</b>	lt/VM	5 040	4 471	5 501	5 473	5 916
<b>Productividad tierra</b>	lt/ha VM	5 776	3 736	5 896	5 132	7 078
<b>Relación MO familiar sobre total</b>	%	0,8	0,4	0,6	0,2	0,2
<b>VM / trabajador</b>	VM/ trab	24,4	32,0	30,5	39,6	39,4
<b>Número de explotaciones</b>	576		332	222	233	

Fuente: Elaboración propia con base en INALE (2020).

### 3.2. Paquete tecnológico

La propuesta de paquete tecnológico nace de los resultados obtenidos en el marco de tres proyectos de investigación (Artagaveytia, Giudice y Pedemonte, 2019; Sena, 2020; INIA, 2018), que reportaron resultados de incremento en la productividad o disminución en la cantidad de contaminantes en suelo, y cuyas las evaluaciones se realizaron en sistemas constantemente monitoreados.

Basado en estos estudios, se plantea una intervención con un paquete tecnológico que aborda tres ejes: a) manejo de pastoreo por crecimiento y stock, mejora de la alimentación animal con un adecuado manejo de pastoreo y suplementación; b) tratamiento de efluentes y circularidad, realizando separación de fracciones líquida y sólida, y su posterior aplicación en terreno; y c) reducción en tasas de mortalidad en crianza y adelantamiento primer entore de vaquillones, mejorando el bienestar animal. El Cuadro 2, detalla la situación inicial (escenario base) y la intervención a realizar sobre este (escenario sostenible).

**Cuadro 2.** Características del escenario base o convencional versus el escenario sostenible

Áreas de intervención	Escenario base o convencional	Escenario sostenible
<b>Manejo de pastoreo por crecimiento y stock</b>	Carga de 1 vaca en ordeño por hectárea de plataforma de pastoreo, con manejo tradicional de 4 centímetros de remanente en otoño-invierno y 6 centímetros en verano.  Sin sistema de agua en parcela.	Dos cargas de 1,4 a 1,7 vacas en ordeño por hectárea de plataforma de pastoreo, A las vacas en ordeño con manejo laxo, el pastoreo es de 6 cm en otoño-invierno y 12 cm en verano.  Disponibilidad de agua en parcela, para garantizar un máximo tiempo de pastoreo.
<b>Tratamiento de efluentes y circularidad</b>	Sistema de tratamiento de doble pileta, sin separación de sólidos con descarga no controlada al ambiente del líquido clarificado en la segunda laguna.	Sistema de tratamiento de doble pileta, con separación de sólidos. Incluye los costos incurridos por el productor a partir de que el efluente sale del centro del ordeño. Recolección y conducción de efluentes. Separación y acopio de sólidos. Sistema de distribución (bombeo, conducción e irrigador).
<b>Reducción tasas de mortalidad en crianza y adelantamiento primer entore de vaquillones</b>	No se mantienen techos y celdas individuales. No existe sistema de pasteurización Edad del primer parto a los 27 meses	Inversión en techo y celdas individuales, para el confort de las hembras recién nacidas, y protocolización de un sistema de crianza bajo supervisión veterinaria. Pasteurización de la leche de descarte y sistema de agua caliente. Aceleración de las tasas de ganancia post desleche, con el objetivo de llegar al servicio con 15 meses y al primer parto con 24 meses.

Fuente: Elaboración propia.

### 3. Resultados

#### 3.3. Análisis de costo beneficio

Para detallar los resultados obtenidos se toma como ejemplo el modelo ML8. La información de los otros tres modelos productivos se muestra en los Anexos<sup>4</sup>.

Para el modelo ML8 se consideró un escenario sostenible con dos posible niveles de manejo de la carga animal de 1,4 y 1,7; manteniendo así el objetivo de lograr consumos altos de pasto, comer los crecimientos de acuerdo la disponibilidad, y sostener una reserva como seguro para épocas críticas equivalente al 50% de los concentrados.

Los cambios considerados como necesarios para transitar desde el escenario base (carga animal de 1,13) a el escenario sostenible (carga animal de 1,4-1,7) se resumen en un incremento de vacas, aumento de la producción individual, aumento de insumos, mano de obra extra, incremento en las jornadas de asistencia técnica, disminución de las tasas de mortalidad, aumento de las inversiones para la gestión de estiércol, entre otros. Algunos parámetros de los cambios efectuados se detallan en el Cuadro 3.

**Cuadro 3.** Parámetros generales para ajustar el escenario base al escenario sostenible

Parámetros	Unidades	ML8	C1,4	C1,7
Superficie vaca masa	ha	120	120	120
Ajuste de carga	VM/ha VM	1	1	2
Vaca masa	cabezas	129	168	204
Productividad animal	lt/VO/día	19	20	21
Producción de leche	kg corregidos	52 174	80 054	104 585
Mano de obra	personas	4	5	5
Concentrados comprados	kg base fresca	178 683	233 402	283 416
Asistencia agrónomica	jorn/año	6	8	8
Asistencia veterinaria	jorn/año	8	0	0
Piletas de efluentes	m <sup>3</sup>	1 050	1 662	2 042

Fuente: Elaboración propia.

El incremento de la carga animal implica un aumento en el consumo de pasto por hectárea, y por ende, está asociado a un aumento de la productividad animal. Es así que la producción de leche en kg de sólido por año se incrementa respecto al escenario base en un 53% y 100% para las cargas animales de 1,4 y 1,7, respectivamente. Adicionalmente, en el análisis se cuantificaron

<sup>4</sup> Es importante mencionar que se trabajaron los indicadores productivos en kilos de sólidos estandarizados, dado que la leche se paga por contenido de sólidos y existen penalizaciones relacionadas con los volúmenes.

otros beneficios, tales como la reducción en la compra de fertilizantes externos producto de la gestión de los efluentes, y el aumento en el número de animales que se venden anualmente asociado a la reducción de la mortalidad durante la crianza. Ahora bien, el 93% de los beneficios económicos obtenidos por la implementación del paquete tecnológico se deben al aumento de la productividad.

De la misma manera, el 70% de los costos se asocian directamente a la compra de concentrados, voluminosos, semillas, herbicidas, aumento de las reservas, etc. Es decir, la mayor proporción de los costos se asocian a las actividades enfocadas a la mejora de la alimentación animal.

Respecto a los resultados de la evaluación financiera, la implementación del paquete tecnológico implica también inversiones en infraestructura y maquinaria, y un incremento en las existencias animales, tal como se detalla en el Cuadro 4. Así, por ejemplo, las inversiones en infraestructura para la actividad de manejo de pastoreo y *stock*, consideran el aumento de la superficie de los galpones, salas de ordeño, corrales de espera, playa de alimentación, caminera y el agua en parcela. Las inversiones para el manejo de efluentes consideran el aumento en volumen de las piletas y los costos asociados al sistema de conducción, separación y distribución del estiércol. Por otra parte, las inversiones para reducir la mortalidad durante la crianza consideran la implementación de las celdas individuales con techo.

**Cuadro 4.** Inversiones incrementales para el escenario sostenible

Inversiones incrementales	C1,4	%	C1,7	%
Inversión pastoreo y <i>stock</i> (en USD)	121 296,76	65	174 509,52	67
Inversión tratamiento efluentes (en USD)	54 046,41	29	74 549,48	29
Inversión reducción de mortalidad (en USD)	11 797,90	6	11 990,31	5
<b>Total de inversiones (en USD)</b>	<b>187 141,07</b>		<b>261 049,31</b>	

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la evaluación financiera muestran que la tasa interna de retorno para las inversiones realizadas es del 27% y 43% respectivamente para cada capacidad de carga en el escenario sostenible (Cuadro 5), es decir, este escenario cuenta con un mayor retorno del capital. En definitiva, un sistema más intensivo tiene un mejor rendimiento de su inversión. Por otra parte, los resultados del VAN muestran que la carga de 1,7 es la alternativa que maximiza los beneficios de las tecnologías, obteniendo rendimientos positivos que superan en 128% al rendimiento del escenario sostenible con menor carga animal.

### 3. Resultados

**Cuadro 5.** Indicadores económicos financieros para el escenario sostenible

Indicador	C 1,4	C 1,7
VAN (7,5%) (en USD)	229 525	525 198
B/C	1,9	2,3
TIR (%)	27	43
Producto bruto (USD/ha)	1 912,95	2 425,20

Fuente: Elaboración propia.

Además, al comparar la relación costo beneficio del escenario base (1,13) con la relación del escenario sostenible (1,4-1,7), se concluye que por cada dólar invertido se obtiene un beneficio incremental del 68% y 103% respectivamente. De manera general, los criterios de evaluación muestran la conveniencia de la implementación del paquete tecnológico.

Respecto a los resultados de la evaluación social, se consideraron externalidades negativas como el aumento de los GEI totales, producto del aumento de la carga animal, además de posibles costos ambientales privados que podrían generarse en caso de contaminación del agua subterránea cerca del tambo producto de la descarga de los efluentes, situación en la cual se requeriría la compra de agua mineral para el personal, o la cloración como método de potabilización del agua. Se identificaron también externalidades positivas asociadas al uso del estiércol como fertilizante, como el aumento de los nutrientes en el suelo, aunque estas no pudieron ser cuantificadas por la falta de datos.

**Cuadro 6.** Indicadores económicos para el escenario sostenible, evaluación social

Indicador	C 1,4	C 1,7
VANE (5%) (en USD)	335 891,28	1 191 180,90
B/C	2,2	2,7
TIRE (%)	28	45

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en el Cuadro 6, la evaluación social arroja resultados aún mejores que la evaluación privada, lo que indica que es necesario incentivar este tipo de estudios y análisis, e incluso se puede respaldar la decisión de fomentar este tipo de paquetes tecnológicos como parte de las actividades diarias de los productores.

### 3.4. Emisiones de gases de efecto invernadero

Analizando el potencial de mitigación de GEI se estima que el conjunto de prácticas y tecnología propuesto puede reducir entre el 6 y 22% las emisiones por unidad de producto, para las cargas animales de 1,4 y 1,7 respectivamente (Cuadro 7). No obstante, los resultados mostraron que la principal fuente de emisión proviene de la fermentación entérica de los animales, razón por la cual se evidenció un aumento de las emisiones totales de dióxido de carbono equivalente. En contraste, es importante mencionar que el paquete tecnológico implementado tiene un alto potencial de captura de carbono en suelo, debido a la conservación de las pasturas; sin embargo, en este proyecto no se profundizó en este análisis.

**Cuadro 7.** Emisiones de GEI

Emisiones	Base	C 1,4	C 1,7
GEI total (kg CO <sub>2</sub> eq / año)	308 557	468 238	572 232
GEI (kg CO <sub>2</sub> eq producto)	5,91	5,85	5,47

Fuente: Elaboración propia.

## 4. Conclusiones y recomendaciones



En este estudio se analizan los efectos económicos y ambientales de la aplicación de un paquete tecnológico sobre distintos tipos de sistemas productivos ganaderos. Para ello, primero se caracterizaron cuatro tipologías de sistemas productivos ganaderos de leche, que constituyen el escenario base o convencional. En segundo lugar, se seleccionó una serie de prácticas y tecnologías sostenibles, que se definió como un paquete tecnológico. Tercero, se determinó un escenario sostenible potencial, que se generaría como producto de la aplicación del paquete tecnológico sobre los modelos productivos en el escenario base. En esta fase, se hizo además un ACB de la adopción del paquete tecnológico. Por último, se realizó una cuantificación de las emisiones de GEI generadas tanto en el escenario base como en el escenario sostenible.

Los resultados obtenidos en este proyecto sugieren que la adopción de los paquetes tecnológicos propuestos, compuestos por prácticas y tecnologías sostenibles, podría no solo aumentar el rendimiento de los sistemas productivos estudiados sino también mantendría o disminuiría las emisiones de GEI por unidad de producto. Estos resultados se pueden considerar como un punto de partida para el estudio de actividades que disminuyen las emisiones de GEI y generar cobeneficios ambientales.

Desde el punto de vista económico, aproximadamente el 80% de los ingresos incrementales generados por la adopción del paquete tecnológico, provienen del aumento de carga y manejo del pastoreo por crecimiento y stock propuesto por INIA-CRS (2018). Las otras dos prácticas analizadas (Artagaveytia, Giudice y Pedemonte, 2019; Sena, 2020) contribuyen en menor medida a la mejora de rentabilidad por incremento de ingresos o costos evitados.

Si bien la adopción de este paquete tecnológico podría generar un aumento de emisiones totales, producto del incremento de carga necesario para rentabilizar el sistema, se observa también que el aumento de la productividad, el manejo de los efluentes (una de las prioridades para el MGAP) y la disminución de la mortalidad/adelantamiento entore, permiten amortiguar el impacto del aumento de emisiones de metano, manteniendo o bajando la huella de carbono por unidad de producto. Es así que, mientras las emisiones de metano generadas por la fermentación entérica y gestión del estiércol aumentan en el escenario sostenible, las emisiones de óxido nitroso generadas por excretas en pasturas (volatilización y lixiviación) disminuyen.

En conclusión, las tecnologías analizadas combinadas se complementan económica y ambientalmente, viabilizando un modelo de producción más rentable y con una menor huella de GEI.

#### **4. Conclusiones y recomendaciones**

Es importante destacar que en este estudio no fue considerado el potencial de fijación de carbono por las pasturas o la ganancia de materia orgánica del suelo por las rotaciones forrajeras, que podría reducir aún más las emisiones de GEI. Por otro lado, a nivel país, tampoco está considerado el valor que tiene la mantención de los suelos bajo rotaciones forrajeras en predios lecheros (cambios en el uso del suelo), evitando su transición hacia una agricultura de cereales, actividad que presenta una menor diversidad y un mayor riesgo de pérdida de carbono orgánico del suelo.

Bajo este contexto, es importante fomentar el enfoque de políticas que consideren la conservación del medio ambiente y el crecimiento económico de la población, de esta manera se puede ayudar a introducir recursos para el desarrollo pecuario bajo en emisiones.

# Bibliografía



**Artagaveytia, J; Giudice, G; Pedemonte, A.** (2019). *Análisis económico-financiero y de riesgo de la adopción por parte de los productores de los sistemas evaluados en las dos investigaciones de CRS y La Estanzuela*. INALE.

**Banco Mundial.** 2018. *Crecimiento Verde hacia una estrategia para Uruguay*. (disponible en: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/136781534528042286/pdf/AUS0000297-REVISED-SPANISH-Roadmap-AUS0000297-ESP-vf.pdf>).

**FAO.** 2018. *World Livestock: Transforming the livestock sector through the Sustainable Development Goals*. Roma.

**INALE.** 2014. *Encuesta 2014. Producción de leche*. Montevideo.

**INALE.** 2020. Modelos Lecheros INALE. Planilla provista INALE correspondiente al ejercicio 19/20.

**INIA.** 2018. *Proyecto 10MIL – Módulos de intensificación Lechera*. (disponible en: <https://bit.ly/3o8zSG7>).

**INGEI.** 2017. *Uruguay Inventario nacional de gases de efecto invernadero*. (disponible en: <https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/sites/ministerio-ambiente/files/2021-07/Inventario%20Nacional%20Emisiones%20GEI%202017%20Serie%201990%20-%202017.pdf>).

**IPCC.** 2016. *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. Volumen 4, capítulo 10. (disponible en: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol4.html>).

**INALE.** 2020. Modelos Lecheros INALE. Planilla provista INALE correspondiente al ejercicio 19/20.

**NDC.** 2017. *Primera contribución determinante a nivel nacional al Acuerdo de París*. (disponible en: <https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/politicas-y-gestion/contribucion-determinada-nivel-nacional>).

**Sena, G.** 2020. *Análisis costo-beneficio de gestión circular de efluentes en tambos*. Proyecto BIOVALOR. FAO, PNUD.

# Anexos



## Anexo 1.

### Parámetros ajustados para el escenario sostenible con cargas animal de 1,4 y 1,7 en los modelos productivos definidos para Uruguay

Parámetros ajustados	ML4			ML8			ML10			ML12		
	Base	C 1,4	C 1,7	Base	C 1,4	C 1,7	Base	C 1,4	C 1,7	Base	C 1,4	C 1,7
Vaca Ordeño (cab)	47	10	23	104	32	61	354	175	288	296	50	125
Vaca Masa (cab)	63	14	30	129	39	75	460	227	374	367	62	154
Superficie VM (ha)	55	55	55	120	120	120	491	491	491	306	306	306
Superficie total (ha)	86	86	86	194	194	194	883	883	883	569	569	569
Producción leche (kg)	22 271	7 611	17 556	52 174	27 880	52 411	178 001	100 432	193 288	153 285	39 697	101 519
Sup. Verdeos inv (ha)	15	-1	1	36	-4	1	146	-16	4	115	-33	-21
Sup Verdeos ver (ha)	9	6	5	24	8	11	81	50	56	35	47	23
Concentrado comp (kg)	66 746	14 794	32 267	178 683	54 719	104 734	915 085	451 231	744 013	626 252	106 567	263 599
Agua en parcela (ha)	0	55	55	0	120	120	0	491	491	0	306	306
Celdas individuales	0	7	9	0	18	21	0	69	83	0	45	55
Piletas efluentes (m3)	255	448	608	1.050	612	992	2.100	4.429	6.961	1.890	2.414	4.231
Mano obra (personas)	2,56	0,17	0,29	4,2	0,4	0,6	11,6	0,3	0,4	9,30	0,30	0,50
Asist. Agronómica (jorn/año)	2	2	2	6	2	2	6	3	5	12	2	4
Asist. Veterinaria (jorn/año)	3	0	0	8	0	0	10	1	2	18	1	1

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 2.

### Inversiones incrementales para el escenario sostenible en los modelos ML4, ML10, ML12

<b>Inversiones Incrementales ML4</b>	<b>C 1,4 (en USD)</b>	<b>%</b>	<b>C 1,7 (en USD)</b>	<b>%</b>
Pastoreo y stock	48 388,25	54	74 873,63	43
Tratamiento efluentes	29 265,52	33	87 784,15	50
Reducción mortalidad	11 279,51	13	11 360,83	7
<b>Total Inversiones</b>	<b>88 933,28</b>		<b>174 018,61</b>	

Fuente: Elaboración propia.

<b>Inversiones Incrementales ML10</b>	<b>C 1,4 (en USD)</b>	<b>%</b>	<b>C 1,7 (en USD)</b>	<b>%</b>
Pastoreo y stock	534 053,04	65	711 562,21	63
Tratamiento efluentes	272 300,51	33	396 835,71	35
Reducción mortalidad	14 393,56	2	15 142,18	1
<b>Total Inversiones</b>	<b>820 747,11</b>		<b>1 123 540,10</b>	

Fuente: Elaboración propia.

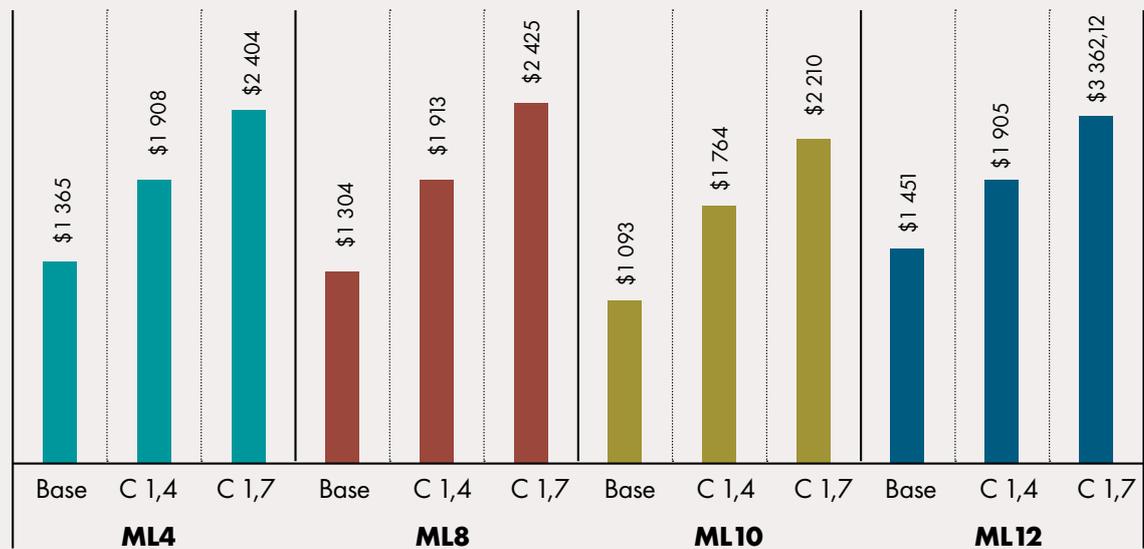
<b>Inversiones Incrementales ML12</b>	<b>C 1,4 (en USD)</b>	<b>%</b>	<b>C 1,7 (en USD)</b>	<b>%</b>
Pastoreo y stock	251 345,35	64	384 541,36	59
Tratamiento efluentes	130 371,38	33	249 448,48	39
Reducción mortalidad	13 189,36	3	13 679,94	2
<b>Total inversiones</b>	<b>394 906,09</b>		<b>647 669,78</b>	

Fuente: Elaboración propia.

### Anexo 3.

## Indicadores económico financieros para el escenario sostenibles en los modelos ML4, ML8, ML10, ML12

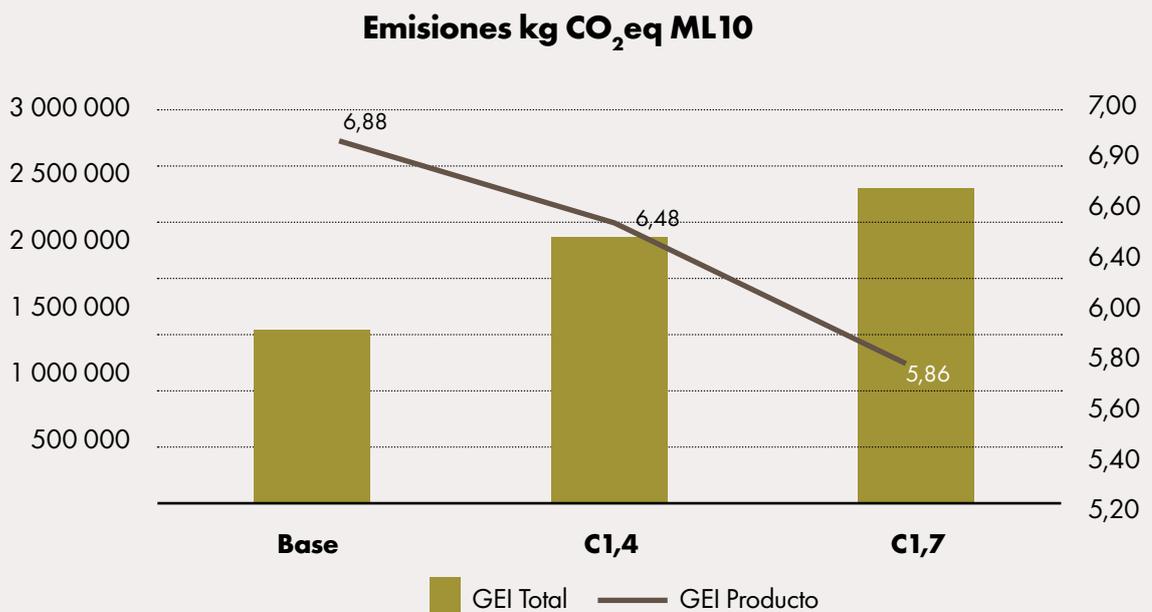
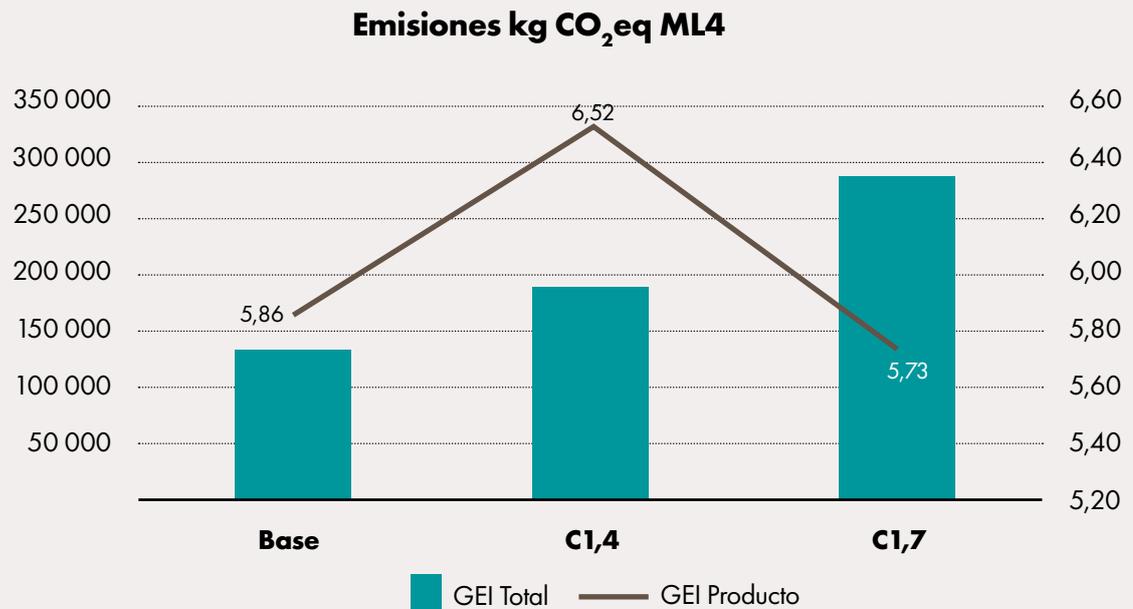
Producto Bruto (USD/ha)



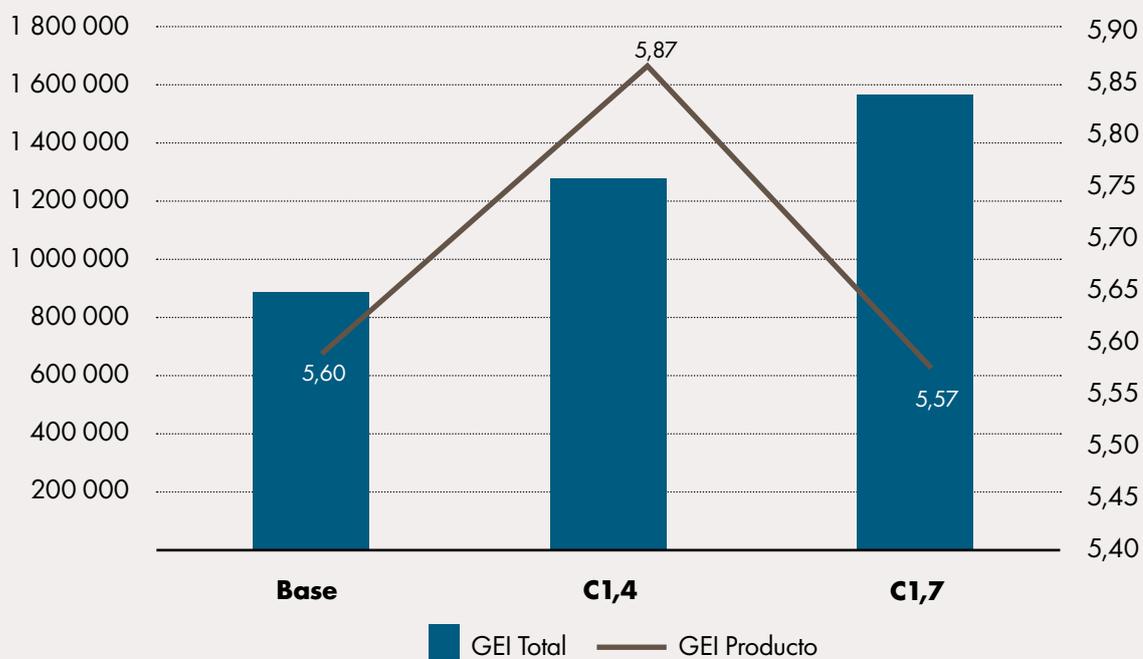
Indicadores	ML4		ML8		ML10		ML12	
	C 1,4	C 1,7	C 1,4	C 1,7	C 1,4	C 1,7	C 1,4	C 1,7
VAN (7,5%) (en USD)	75 421,40	202 029,94	229 525,36	525 198,34	961 254,39	2 398 081,59	481 304,61	426.188,12
B/C	1,92	2,32	1,93	2,27	1,67	1,94	1,87	2,23
TIR	22,0%	26,9%	27,5%	43,3%	26,2%	39,4%	26,9%	41,8%

## Anexo 4.

### Emisiones de gases de efecto invernadero en los modelos ML4, ML10, ML12



### Emisiones kg CO<sub>2</sub> eq ML12





©Universidad de Montevideo