



Ministerio
de Ganadería,
Agricultura y Pesca



Ministerio
de Ambiente



Organización de las Naciones
Unidas para la Alimentación
y la Agricultura



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY
INVESTING IN OUR PLANET

PRODUCCIÓN GANADERA CLIMÁTICAMENTE INTELIGENTE
Y RESTAURACIÓN DEL SUELO EN PASTIZALES URUGUAYOS

Consultoría para elaborar sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) para las Acciones de Mitigación en Ganadería

Producto 5: Sistema de MRV

Agosto 2023



**Ganadería
y Clima**

Proyecto GCP/URU/034/GFF “Producción ganadera climáticamente inteligente y restauración del suelo en pastizales uruguayos”

Ejecutado por el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP) y el Ministerio de Ambiente (MA), con el apoyo técnico de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y el financiamiento del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF).

Consultoría para la elaboración de sistema MRV para las Acciones de Mitigación en Ganadería

Producto 5: Sistema de MRV.

Elaboración:

Andrés Castagna (consultor MRV) por Proyecto Ganadería y Clima, FAO.

Revisión:

Soledad Bergós (Coordinadora Nacional), Felipe García (Coordinador Adjunto), Valentín Balderrín (Especialista en Monitoreo y Evaluación), Lucía Pais (Administrativa Contable) y Cecilia Márquez (Responsable de Comunicación) por Proyecto GyC, FAO.

Comunicación y Diseño:

Cecilia Márquez (Responsable de Comunicación por Proyecto GyC, FAO).

Revisión y aprobación final:

Cecilia Jones (MGAP), Carolyn Opio (FAO).

Montevideo, agosto de 2023

Contenido

SIGLAS Y ACRÓNIMOS.....	4
MARCO DEL PROYECTO GANADERÍA Y CLIMA	6
SISTEMA DE MONITOREO, REPORTE Y VERIFICACIÓN (MRV) PARA LAS ACCIONES DE MITIGACIÓN EN GANADERÍA.	9
1. INTRODUCCIÓN	9
2. SISTEMA MRV	9
2.1. Medida 1: Adopción de prácticas de manejo en ganadería de base pastoril.	9
2.1.1. Monitoreo de emisiones de GEI producidas por el ganado.	10
2.2.2. Monitoreo de cambios en el COS del campo natural.	11
2.2.3. Monitoreo de emisiones debido al uso de insumos.	12
2.2. Medida 2: Instalación de montes de abrigo y sombra.....	13
2.2.1 Monitoreo de la superficie de pastizales transformados a montes de abrigo y sombra.....	13
2.2.2. Monitoreo de los cambios anuales de existencias de carbono en las nuevas áreas de montes de abrigo y sombra.	15
2.3. Medida 3: Reducción en la conversión de campo natural.	16
2.3.1. Monitoreo de la superficie nacional de campo natural.....	16
2.3.2. Monitoreo de las emisiones/absorciones por conversión de campo natural	17
2.4. Medida 4: Aumento de la fase de pasturas en rotaciones con cultivos.....	18
2.4.1. Monitoreo del área de rotaciones y duración de la fase de pasturas.....	18
2.4.2. Factor de cambio de existencias de carbono en el suelo (COS).	19
3. MEJORAS GENERALES DE LA CONTABILIDAD DE GEI PARA EL INVENTARIO NACIONAL	21
3.1. Estimación del factor de emisión de metan por fermentación entérica	21
3.2. Mejoras en la estimación del factor de emisión de metano (CH ₄) por deposición de heces y orina.	26
3.3. Mejoras en la estimación de las emisiones de óxido nitroso (N ₂ O) por la deposición de heces y orina.....	26
3.4. Mejoras vinculadas con los usos del suelo de la superficie de pastoreo.....	27
3.5. Mejoras vinculadas con la resolución espacial y temporal del INGEI.....	31
3.6. Análisis cualitativo del costo-beneficio de mejoras para el INGEI.	32
4. RESUMEN SISTEMA MRV.....	35
5. REFERENCIAS.....	39

Siglas y acrónimos

CAF	Cooperativas Agrarias Federadas
CC	Cambio Climático
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CNFR	Comisión Nacional de Fomento Rural
DIEA	Oficina de Estadísticas Agropecuarias – MGAP
DGDR	Dirección General de Desarrollo Rural – MGAP
DGRN	Dirección General de Recursos Naturales – MGAP
DNCC	Dirección Nacional de Cambio Climático – MA
DINABISE	Dirección Nacional de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos – MA
FAGRO	Facultad de Agronomía - Universidad de la República
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
GCI	Ganadería Climáticamente Inteligente
GEF	Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM)/Global Environment Facility
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GRAS	Unidad de Agro-Clima y Sistemas de información – INIA
INAC	Instituto Nacional de Carnes
INC	Instituto Nacional de Colonización
INGEI	Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero
INIA	Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria

IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático /Intergovernmental Panel on Climate Change
IPA	Instituto Plan Agropecuario
M&E	Monitoreo y Evaluación
MDR	Mesa de Desarrollo Rural
MGAP	Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca
MGCN	Mesa de Ganadería sobre Campo Natural
MRV	Monitoreo, Reporte y Verificación
MA	Ministerio de Ambiente
NAMA	Acción Nacional Apropiada de Mitigación/Nationally Appropriate Mitigation Action
NDC	Contribución Determinada a Nivel Nacional al Acuerdo de París
OPP	Oficina de Planeamiento y Presupuesto
OPYPA	Oficina de Programación y Política Agropecuaria – MGAP
SIG	Sistema de Información Geográfico
SNRCC	Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático y Variabilidad
UD	Unidad de Descentralización – MGAP
UDELAR	Universidad de la República
UGP	Unidad de Gestión de Proyectos – MGAP

Marco del proyecto Ganadería y Clima

En Uruguay, más del 90 % de su superficie es adecuada para la producción agropecuaria (Uruguay XXI, 2020) y en particular, la pecuaria, ha sido históricamente uno de los rubros principales. Según datos de Uruguay XXI, la carne bovina fue el principal producto de exportación en 2019, representando un 20 % del valor total de las exportaciones.

De acuerdo con datos del Anuario Estadístico de DIEA (2020), 44.355 establecimientos ganaderos ocupan una superficie de 12.871.000 hectáreas, de las cuales aproximadamente el 85% tienen como base forrajera el campo natural. El campo natural, además de ser un valioso recurso para la producción, provee diversos servicios ecosistémicos y posee resiliencia frente a eventos climáticos extremos. Sin embargo, su potencial productivo se ha visto limitado por el sobrepastoreo lo que implica menor productividad de carne por hectárea, erosión de suelos, pérdida paulatina de materia orgánica y degradación de la biodiversidad.

Existen evidencias de que un alto número de predios ganaderos tienen niveles bajos de productividad y reducidos ingresos netos por hectárea. Según datos de la Encuesta Ganadera Nacional de 2016, se constata un bajo nivel de adopción de tecnologías, a modo de ejemplo, sólo un 43,7 % realiza revisión de toros previo al entore, un 42,5 % de los productores declaran tener el toro con el rodeo de cría todo el año y el porcentaje baja a 7,3 % cuando se consulta sobre la realización de diagnóstico de actividad ovárica. Estudios nacionales determinan una productividad media de carne por superficie de pastoreo de entre 70 y 81 kg/ha en el período 2010-2017, constatando además una fuerte brecha entre quienes alcanzan los mejores y los peores desempeños productivos. Entre el percentil 75 y el 25 de desempeño, la diferencia en productividad fue mayor a 65 kg/ha (Aguirre, 2018). Reducir esta brecha en productividad tendría un alto impacto, no solo a nivel de los establecimientos individuales sino de la economía uruguaya.

El sector agropecuario es responsable del 57% de las emisiones netas de gases de efecto invernadero en Uruguay de acuerdo al Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2019, siendo la ganadería el principal responsable por las emisiones de metano. Por lo tanto, la ganadería se presenta como un sector estratégico para acciones de mitigación. Uruguay así lo ha definido en

su primera Contribución Determinada a nivel Nacional para el Acuerdo de París (NDC) y ha presentado metas desagregadas por gas y por sector, entre ellas la reducción de emisiones de la ganadería vacuna por kilogramo de carne producida.

La GCI propone aumentar la productividad de manera sostenible de forma de contribuir a reducir la vulnerabilidad climática y al mismo tiempo, a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

En este sentido, el MGAP, en colaboración con el MA, con apoyo técnico de FAO y financiamiento del GEF, implementan desde marzo del 2019, el proyecto “Producción ganadera climáticamente inteligente y restauración de suelos en pastizales uruguayos” (GCP/URU/034/GFF), conocido como “Ganadería y Clima”, con el objetivo de promover el aumento sostenible de la productividad y el ingreso neto en los sistemas ganaderos familiares y medianos, y contribuir a mitigar el cambio climático, restaurar tierras degradadas y mejorar la resiliencia en los sistemas a través de un proceso de coinnovación.

Componentes del proyecto Ganadería y Clima

El proyecto está estructurado en 3 componentes que conjuntamente contribuyen al logro del objetivo.

El Componente 1 fortalece el marco institucional y las capacidades nacionales para implementar la gestión de la GCI a gran escala. Dentro de este componente se desarrolla: (I) una Estrategia Nacional de GCI; y (II) una Acción Nacional para una Adecuada Mitigación (denominada en el contexto actual nacional Acciones de Mitigación en Ganadería) con su correspondiente sistema de monitoreo, reporte y verificación (MRV) para el sector carne.

El Componente 2 trata del desarrollo e implementación de prácticas y tecnologías de GCI a nivel de 60 predios comerciales que abarcan 35.000 ha distribuidos en cuatro regiones ganaderas utilizando un enfoque de coinnovación. Establece un sistema de monitoreo para realizar el seguimiento de los impactos de los cambios introducidos en la gestión, sobre las variables relacionadas con las emisiones de GEI, el secuestro de carbono, los cambios en la vegetación y en la calidad del suelo, así como la producción

y los resultados socioeconómicos.

Dentro del Componente 3 se establece un sistema de monitoreo y evaluación para una gestión del proyecto basada en resultados, incluyendo recolección de lecciones aprendidas y la gestión y el intercambio de conocimientos. Se implementa además una estrategia de comunicación con el objetivo de generar vínculos y fluidez entre todos los participantes, para comunicar actividades y resultados y asegurar una amplia difusión.

A lo largo de todo el ciclo del proyecto se incorpora de forma transversal a los 3 componentes un enfoque de género. Finalmente, el proyecto establece y mantiene lazos con proyectos anteriores e iniciativas en curso para el desarrollo de una ganadería sostenible, con el fin de compartir lecciones aprendidas y beneficiarse de las experiencias.

SISTEMA DE MONITOREO, REPORTE Y VERIFICACIÓN (MRV) PARA LAS ACCIONES DE MITIGACIÓN EN GANADERÍA.

1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con las disposiciones de la Convención Marco de la Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) todos los países Partes deben notificar la información sobre las emisiones y absorciones de todos los GEI no controlados por el Protocolo de Montreal, además de las medidas para mitigar y facilitar la adaptación al cambio climático.

La principal función de un sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) es lograr la transparencia en el seguimiento de las emisiones y absorciones de GEI. El monitoreo involucra los métodos utilizados, el reporte refiere a los enfoques utilizados para comunicar la información a los actores interesados a nivel nacional e internacional, y la verificación busca asegurar que la información reportada sea completa y precisa.

Dentro de las Acciones Priorizadas de Mitigación en Ganadería (AMG), desarrollado en el marco del componente 1 del proyecto, existen diversas tecnologías propuestas que necesitarán de un adecuado monitoreo para poder detectar su efecto sobre las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero (GEI). El monitoreo del impacto de cada medida incluida en las AMG podrá realizarse individualmente a través de un monitoreo específico y/o incluirse dentro del monitoreo nacional a través del Sistema de Inventario Nacional de GEI.

2. SISTEMA MRV

En este capítulo se propone la metodología para poder monitorear cada una de las medidas priorizadas e incluidas en las Acciones de Mitigación en Ganadería.

2.1. Medida 1: Adopción de prácticas de manejo en ganadería de base pastoril.

Esta medida constituye un programa de extensión, basado en el enfoque metodológico de intensificación sostenible, dirigido a una proporción relativamente pequeña del número total de explotaciones ganaderas y de la superficie de pastizales naturales de Uruguay. Esto sugiere que, durante la fase piloto sería apropiado un sistema MRV específico para el programa; mientras

que a nivel nacional la medición de los resultados en mitigación de la intensificación ecológica requerirá mejoras en el INGEI que permitan una mejor cuantificación de la productividad animal y de la composición y calidad de la dieta, así como mejoras en la estimación de los cambios en las reservas de carbono en suelo en pastizales pastoreados.

Los cambios tecnológicos que ocurren como resultado de la implementación de esta medida generará cambios en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) producidas por el ganado y el uso de insumos. Además, podría ocasionar cambios en el stock de carbono orgánico en suelos de campo natural (CN) bajo los manejos propuestos.

2.1.1. Monitoreo de emisiones de GEI producidas por el ganado.

Los efectos de la medida (aplicada en un número reducido de productores) sobre la reducción de emisiones ocasionadas por el cambio en el manejo del ganado puede ser difícil de detectar en el INGEI. Por ejemplo, los impactos sobre los índices reproductivos (tasa de preñez y procreo) indirectamente se podrán reflejar en el inventario, pero sin discriminar su causa. Para evaluar la mitigación de la medida en este sentido se deberá hacer un monitoreo específico en los establecimientos participantes de los proyectos promovidos por la medida.

El monitoreo específico de la medida implicaría realizar un registro detallado de algunas variables en los establecimientos que participen de un proceso de cambio similar al propuesto en el componente 2 del proyecto Ganadería y Clima (GyC). En un primer paso de escalamiento, se propone ampliar la propuesta a 180 establecimientos ganaderos. En esta situación se propone realizar un monitoreo en los establecimientos participantes del proyecto. Los técnicos extensionistas podrían utilizar herramientas informáticas (planillas Excel) desarrolladas durante el proyecto GyC para realizar el registro de los datos necesarios para el cálculo de las emisiones y su evolución en cada establecimiento. La digitalización del sistema desarrollado en el proyecto GyC a través de una aplicación podría facilitar el registro consolidado de todos los establecimientos participantes y análisis de la información generada.

Los datos que registrar por ejercicio ganadero son:

- Cantidad, edad y peso de animales (vacunos y ovinos).
- Superficie de los usos del suelo del establecimiento.
- Consumo estimado de los distintos forrajes por categoría animal.
- Cantidad y tipo de suplemento utilizado.

- % de preñez y % de destete.

Una opción para el monitoreo de los pesos en los productores participantes de los proyectos puede ser el uso de balanzas inteligentes asociadas a bebederos que permiten el pesaje voluntario e identificación de los animales (por lectura de caravanas electrónicas) durante esa actividad. Existe un ejemplo a nivel de investigación nacional con ovinos (Ciapessoni et al. 2022).

La información sobre el valor nutritivo (digestibilidad, proteína bruta y cenizas) de los alimentos utilizados se podrá obtener de publicaciones nacionales utilizadas en el INGEI (Mieres, 2004) o realizar muestreos estacionales representativos de los forrajes y suplementos utilizados en algunos establecimientos, para analizar la digestibilidad, contenido de proteína y cenizas a nivel de laboratorio. Esto último permitiría obtener estimaciones más precisas.

2.2.2. Monitoreo de cambios en el COS del campo natural.

El cambio en los stocks de COS en campo natural por cambios en las prácticas de manejo aún está siendo evaluado por la investigación nacional; sin embargo, existen algunos trabajos que hacen necesario considerar este potencial. Para monitorear los cambios en el COS que pueden ocasionar las buenas prácticas promovidas por la medida, se debe conocer:

- la superficie de CN bajo buenas prácticas de manejo.
- factor de cambio de existencias de carbono para CN sin y con prácticas.

A nivel nacional, se propone monitorear la superficie a través del sistema MRV de la NDC. La primera y segunda NDC de Uruguay tienen metas incondicionales establecidas para alcanzar 1.000.000 ha y 1.500.000 ha, respectivamente, de área de CN con buenas prácticas de manejo del campo natural y el rodeo de cría. Esto se monitorea a través de una encuesta representativa que se realiza de forma telefónica a productores cuya actividad principal es la ganadería vacuna (Ver más información en: https://bit.ly/Ficha18NDC_Uruguay). La realización bianual de esta encuesta cumpliría con el objetivo de relevar el área nacional bajo las prácticas promovidas por la medida.

Respecto al secuestro de carbono en el suelo, es necesario contar con un factor de cambio de existencias para CN bajo buenas prácticas. Actualmente, en el INGEI existe un único factor de cambio de existencias de COS que no distingue diferencias en el manejo de campo natural. Sin embargo, existe información nacional que podría contribuir en este sentido. Resultados de una consultoría

(Carbon Group, 2022) muestran que sería posible aumentar el secuestro de carbono de los pastizales naturales mediante la adopción de determinadas prácticas y tecnologías en la ganadería que resultan en el incremento de la productividad primaria neta. En este trabajo obtuvieron una tasa de secuestro promedio de 0,22 ton C/ha/año para la estrategia de manejo mejorado del CN, el cual implicaba la mejora en la gestión de la altura de corte, los turnos de corte y rebrote y la carga instantánea. Por otra parte, investigaciones de la Facultad de Agronomía muestran que los pastizales naturales estarían secuestrando COS a una tasa promedio de 0,187 ton C/ha/año ($n=36$, $p<0,05$) independientemente del manejo aplicado (Piñeiro, 2022). Este trabajo es parte de la tesis doctoral en curso de Bruno Bazzoni y Fernando Fontes y se basa en datos de largo plazo (40 años) para todo el país, por lo que incluye pastizales ubicados en diferentes ecorregiones y bajo diversas prácticas de manejo ganaderas.

Es importante seguir generando información sobre el potencial de captura de carbono en los suelos de campo natural. En este sentido, el componente 2 del proyecto GYC realizó mediciones de COS en una muestra de los establecimientos participantes, lo que podrá brindar nuevas evidencias.

En la sección 3.4 del presente documento, se proponen mejoras metodológicas que permitan monitorear esta medida a través del INGEI.

Por otra parte, en el caso de un programa o proyecto de extensión que promueva la medida, se propone realizar el monitoreo a través del registro del número de buenas prácticas aplicadas en los establecimientos ganaderos participantes. Asociado a este registro, se podría realizar análisis de suelo en una muestra de productores (a inicio y fin del proyecto) para tener datos específicos sobre posibles cambios en el COS bajo campo natural, debido al cambio de manejo.

2.2.3. Monitoreo de emisiones debido al uso de insumos.

Los cambios que generen las medidas sobre el uso de insumos como combustibles y fertilizantes, pueden repercutir en cambios sobre las emisiones de GEI. Actualmente, para el INGEI, no existe un monitoreo que permita distinguir el uso de estos insumos en sistemas de producción ganaderos.

Por un lado, para el monitoreo específico de la media se propone realizar el seguimiento del uso de insumos (fertilizantes y combustibles) en los productores participantes de los proyectos asociados a la medida. Al igual que lo propuesto en la sección 2.2.1, se puede utilizar planillas electrónicas para el registro de:

- Cantidad y tipo de fertilizante aplicado.

- Cantidad de combustibles fósiles utilizados en actividades asociadas a la producción de carne.

2.2. Medida 2: Instalación de montes de abrigo y sombra.

El monitoreo de esta medida requiere el registro de nuevas plantaciones forestales cuyo principal objetivo sea brindar abrigo y sombra para el ganado (ya sea con especies exóticas o nativas). Este cambio implica áreas de pastizales que son transformados en tierras forestales. Para el cálculo de las emisiones y absorciones de GEI, se utilizará la metodología propuesta por las directrices del IPCC 2006 y refinamiento del año 2019. Los cambios en las existencias de carbono se estiman considerando cambios anuales en existencias de carbono de la biomasa viva (aérea y subterránea), carbono de la materia orgánica muerta (madera muerta y hojarasca) y carbono del suelo.

El monitoreo puede realizarse a nivel nacional (con la opción de incorporarse al INGEI), o a través de un monitoreo específico del programa o proyecto asociado a la medida. El monitoreo de la superficie de montes de abrigo y sombra se describe en las secciones 2.2.1, y en la sección 2.2.2 se proponen alternativas de fuentes de información para obtener los parámetros para estimar los cambios en las existencias de carbono.

2.2.1 Monitoreo de la superficie de pastizales transformados a montes de abrigo y sombra.

Para realizar un monitoreo a nivel nacional, se proponen tres alternativas para el seguimiento de la evolución de la superficie de montes de abrigo y sombra, una asociada al monitoreo de la NDC, otra a partir de la modificación del relevamiento de usos y cambios de uso del suelo de Uruguay a través de *Collect Earth*, y una tercera asociada a la declaración jurada anual DICOSE. Por último, se mencionan posibles metodologías para el monitoreo a nivel de proyecto o programa.

Monitoreo a través del sistema MRV de la NDC.

Actualmente existe un monitoreo en cursos a través del sistema MRV de la primera NDC de Uruguay ([ver ficha técnica N°23](#)). La metodología propuesta para el monitoreo en la NDC es el análisis espectral de imágenes satelitales y su clasificación supervisada para detectar diferentes tipos de coberturas forestales aplicada para confeccionar la cartografía forestal nacional de la Dirección General Forestal del MGAP (DGF). Es importante mencionar que las imágenes

del satélite Sentinel utilizadas para la última clasificación tienen una resolución de entre 10 y 20 m dependiendo la banda utilizada, por lo que montes de pequeña superficie no se captaron con esa metodología y se realiza una clasificación manual con imágenes de alta resolución disponible en *Google Earth*. En este sentido, se puede explorar el uso de imágenes espectrales de mayor resolución espacial para la clasificación supervisada; aunque sólo están disponibles mediante pago.

Aunque no existe una frecuencia definida para este relevamiento, es una alternativa válida para el monitoreo de la medida en las Acciones de Mitigación en Ganadería (AMG). Se debería planificar un proceso de generación de cartografía forestal periódica para contar con información regular. Además, se debería contar con información del error relativo de los productos cartográficos para poder determinar si la diferencia de superficie entre años se debe a diferencias metodológicas o a cambio reales de cobertura.

Por otra parte, el área monitoreada en la NDC, además de las plantaciones forestales para sombra y abrigo del ganado incluye la superficie de sistemas silvopastoriles (SS). Estos últimos no son considerados en la medida de las AMG ya que no tienen un uso exclusivo de sombra y abrigo, sino que su destino principal es el uso de la madera para pulpa o aserrío. Por lo tanto, es necesario restar esa área en el caso del monitoreo para las AMG.

Monitoreo a través de la implementación de mejoras en el relevamiento de usos del suelo con *Collect Earth*.

Actualmente, en el INGEI no existe una discriminación de las plantaciones con destino a sombra y abrigo del ganado. Igualmente, esa área está incluida dentro de la categoría tierras forestales del relevamiento de usos del uso del suelo del país que se realiza a través del software *Collect Earth* (Castagna y García, 2020); por lo que indirectamente ya está siendo incluida, pero sin un tratamiento diferenciado.

El relevamiento con *Collect Earth* implica la interpretación visual de imágenes de alta definición y el análisis de series temporales de NDVI generadas con distintas plataformas satelitales (Landsat, Sentinel y MODIS). Permite estimar tanto el área nacional de distintos usos del suelo, así como las transiciones entre ellos, a partir de una red de muestreo compuesta por 24.789 parcelas de 0,5 ha cada una. Este monitoreo brinda datos de usos del suelo desde el año 2000, y actualmente se realiza con frecuencia bianual (aunque se obtienen datos anuales).

Una alternativa de monitoreo es a través de la modificación de la encuesta de *Collect Earth*. Se propone la incorporación de una pregunta que permita discriminar, en la interpretación de las imágenes satelitales, aquellas plantaciones que tengan características específicas de montes de abrigo y sombra. A juicio experto, se asume que plantaciones con menos de 10 ha tendrían el objetivo principal de proveer sombra y abrigo al ganado. Actualmente esta encuesta está prevista para realizarse con una frecuencia bianual, pero en cada una se realiza la interpretación de los dos años correspondientes.

Monitoreo a través de la declaración jurada anual DICOSE

Otra alternativa de monitoreo es a través de la declaración jurada DICOSE que realizan los productores ganaderos cada año. Actualmente, la declaración incluye el reporte del área de montes artificiales (forestación), por lo que sería relativamente sencillo incorporar una categoría específica para forestación de sombra y abrigo. Esto permitiría tener un dato anual del área. Además, a diferencia de las dos alternativas anteriores, permite relevar las especies forestales utilizadas. Esto mejoraría las estimaciones de secuestro de carbono, ya que se pueden aplicar parámetros de crecimiento específicos.

Monitoreo a nivel de proyecto o programa

En este contexto, la opción es monitorear directamente los establecimientos que formen parte del proyecto o programa que promueva la instalación de montes de abrigo y sombra. En el caso de que esta medida esté asociada a la medida uno, se registraría la superficie, edad y especies utilizadas tanto de las plantaciones existentes como de las nuevas que se ejecuten durante el proyecto.

En el caso de que se realice un programa de promoción específica de montes de abrigo y sombra a partir de un llamado a productores, se registraría la superficie y especie de los proyectos de plantaciones que fueran aprobadas y ejecutadas.

2.2.2. Monitoreo de los cambios anuales de existencias de carbono en las nuevas áreas de montes de abrigo y sombra.

La superficie de bosque de abrigo y sombra tiene características particulares que la diferencian de las plantaciones comerciales para pulpa y aserrío; lo que implica distintos flujos de carbono a ser considerados en el INGEI. En general, los montes de abrigo y sombra tienen un mayor turno de corta (si es que se cosechan para obtener leña o madera para carpintería rural, en algunos casos

nunca se cosechan). Además, se utilizan especies que pueden tener menores crecimientos anuales, pero mayor densidad de madera.

En el caso del monitoreo nacional, se propone utilizar valores promedios nacionales de las especies típicas utilizadas para abrigo y sombra para los parámetros incremento medio anual y densidad de la madera; y valores propuestos por IPCC para el resto de los parámetros. En el caso de contar con la información de la superficie por especie se podría calcular un promedio ponderado.

En caso de realizar un monitoreo específico de la medida, se podría instalar parcelas permanentes en los establecimientos participantes de un proyecto con donde obtener datos directos del crecimiento de los montes de abrigo y sombra.

2.3. Medida 3: Reducción en la conversión de campo natural.

El monitoreo de esta medida implica el seguimiento de la evolución de la superficie de campo natural (CN) del país, para poder estimar la tasa de conversión. Por otra parte, es necesario conocer los usos que sustituyen el CN si se quiere estimar las emisiones o absorciones de GEI asociadas a esos cambios.

2.3.1. Monitoreo de la superficie nacional de campo natural.

Actualmente, existen varias fuentes de información que aportan algún dato sobre la superficie de campo natural, pero sólo algunas realizan un seguimiento que brinde una serie de datos consistente.

Para el INGEI el área de campo natural es monitoreada a través del relevamiento nacional de usos de suelo con la herramienta *Collect Earth*, que ya cuenta con una base de datos consistente desde el año 2000 a 2021.

Otra fuente de información es el relevamiento del proyecto [MAPBIOMAS Pampas](#) (Baeza et al. 2022). Este monitoreo brinda información a partir del procesamiento de imágenes satelitales Landsat utilizando algoritmos de inteligencia artificial en la Plataforma *Google Earth Engine*. Actualmente posee información de 8 coberturas y usos del suelo entre el año 1985 a 2021, con una resolución de 30 m. Al igual que *Collect Earth*, permite analizar las transiciones entre campo natural y otras clases de usos de suelo. Sin embargo, tiene la desventaja que el clasificador de las imágenes en algunas situaciones puede confundir, principalmente, las áreas de pastizales con áreas de pasturas

sembradas; debido a sus semejanzas fisionómicas y a la heterogeneidad espectral que poseen ambas clases (Baeza et al. 2022).

Por último, otra fuente que brinda datos sobre el área de CN es la declaración jurada DICOSE que realizan los tenedores de ganado al cierre del ejercicio anual (30 de junio). Actualmente, tiene la limitante de que el área de CN se declara junto con el área de rastrojos, debido a que así está descrita la pregunta en el formulario (“Campo natural y rastrojos”). A través de la modificación del formulario, discriminando por separado el área de CN, se podría realizar el seguimiento anual del área. Es importante mencionar que sólo representa el área de CN relacionada con tenedores de ganado, además de tener la debilidad de depender de la definición de CN que asume cada productor. A pesar de esto es un dato interesante porque podría mostrar la evolución del área de CN asociada a los sistemas de producción ganaderos, complementando la información de las otras fuentes. Además, este cambio mejoraría la estimación del valor nutritivo del forraje a nivel nacional, utilizado para el cálculo de las emisiones del ganado (ver sección 3.1).

De las tres alternativas propuestas, si bien se pueden explorar sinergias entre ellas, se recomienda continuar con el relevamiento de usos del suelo con *Collect Earth*.

2.3.2. Monitoreo de las emisiones o absorciones por conversión de campo natural

El monitoreo de la medida también puede involucrar el seguimiento de la captura de carbono de las áreas con campo natural. En este sentido, en la sección 2.2.2 ya fue mencionada una propuesta para contemplar distintas situaciones de manejo del campo natural.

Respecto a las emisiones y/o absorción de GEI que pueden ocurrir por la conversión de CN, ya están contempladas en el INGEI. Sin embargo, se pueden aplicar cambios que mejoren las estimaciones realizadas; por ejemplo, aplicando valores de COS de referencia según los distintos tipos de suelo o incluyendo el posible secuestro de carbono en biomasa leñosa de pastizales. Estas alternativas serán detalladas en la sección 3.4, del presente documento, relativa a las mejoras del INGEI vinculadas con los usos del suelo de la superficie de pastoreo.

2.4. Medida 4: Aumento de la fase de pasturas en rotaciones con cultivos.

En esta medida se propone aumentar la duración de la fase pasturas dentro de las rotaciones con cultivos. De acuerdo con el documento de las Acciones Priorizadas de Mitigación se plantean dos escenarios:

- Aumentar de 33% a 50% la duración de la fase pasturas en la rotación.
- Aumentar de 50% a 66% la duración de la fase pasturas en la rotación.

A partir de los escenarios planteados, la captura de dióxido de carbono (CO₂) estará dada por los cambios anuales en las existencias de carbono debidos principalmente a variaciones en el stock de carbono orgánico de suelos (COS).

El cambio en las emisiones por la promoción de esta medida puede ser captado a través del INGEI, mediante la adaptación de los datos de actividad y factores de cambio de existencias que se requieren para el cálculo con la ecuación 2.25 que proponen las directrices del IPCC para suelos minerales.

El monitoreo requiere el registro de los siguientes datos de actividad:

- Área nacional ocupada por las rotaciones de cultivos con pasturas.
- Duración de la fase de pasturas dentro de las rotaciones.

Por otra parte, se requiere conocer las existencias de COS de referencia. Además, es necesario contar con factores de cambio de existencias para el uso de la tierra (FLU), para el régimen de gestión (FMG) y para el aporte de materia orgánica (FI), según la proporción de pasturas en la rotación.

2.4.1. Monitoreo del área de rotaciones y duración de la fase de pasturas.

Para realizar un monitoreo a nivel nacional, se establecen dos alternativas que permitirían obtener esta información.

Por un lado, actualmente el área de rotaciones es incluida en el INGEI a través del monitoreo de usos del suelo que se realiza con *Collect Earth*, en el cuál existe una subdivisión llamada “Rotación Cultivo de Secano-Pasturas” dentro de la categoría Tierras de Cultivo. Sin embargo, este relevamiento no incluye información sobre la duración de las pasturas. Una alternativa para levantar esta limitante es cambiar la forma en que se releva esa categoría a través de *Collect Earth*.

El relevamiento con *Collect Earth* identifica la subdivisión “Rotación Cultivo de Secano-Pasturas” como aquellas áreas de cultivos anuales que incorporan, en

los últimos años, algún período de pasturas; principalmente en base al análisis del comportamiento del índice NDVI en series temporales de las plataformas satelitales MODIS, Landsat o Sentinel. Se propone eliminar esta subdivisión y utilizar las subdivisiones existentes “Anuales” (cultivos de secano) y “Pasturas sembradas”, que ya son utilizadas para identificar situaciones exclusivas con esos usos. En la medida que se acumule información de varios años se podrá ir calculando los porcentajes de pasturas que rotan con cultivos. Con esta mejora metodológica, dado que la información está georreferenciada, se podrá estimar los cambios de COS a través del uso de valores de COS de referencia específicos. Esto permitiría desarrollar un enfoque 3 para la representación de las superficies de uso de la tierra en el INGEI.

Por otra parte, con el objetivo de reducir la erosión de suelos por debajo de un umbral tolerable, desde el año 2013 es obligatorio presentar Planes de Uso y Manejo del Suelo (PUMS) para aquellas áreas, mayores a 50 ha, sembradas con cultivos. Estos planes se presentan ante la Dirección Nacional de Recursos Naturales (DNRN) del MGAP. El registro de estos PUMS genera una base de datos sistematizada con información sobre la superficie y la secuencia de cultivos y pasturas. A partir del procesamiento y análisis de esta información se puede obtener la superficie de rotaciones que tienen menos de 33%, entre 33 y 50% y más de 66% de pasturas. Con las sucesivas actualizaciones anuales de los PUMS se puede obtener la evolución de esas áreas.

Actualmente, la información de los PUMS es utilizada para monitorear un indicador de la NDC relacionado con evitar emisiones de CO₂ de tierras de cultivo ([ver ficha técnica N°20](#)). En este caso se considera la superficie de PUMS que no emite CO₂, considerada como aquella que posee más del 30% del tiempo de la rotación ocupado por pasturas.

Una de las limitaciones de la base de datos de los PUMS ha sido la plataforma de registro utilizada por el Sistema de Gestión de la DNRN-MGAP. Se han generado algunos errores en la migración de datos entre distintas plataformas, para un pequeño porcentaje de los PUMS presentados (0,02%); está previsto el desarrollo de nueva interfase que resuelva este problema.

2.4.2. Factor de cambio de existencias de carbono en el suelo (COS).

Actualmente en el INGEI, para la subdivisión “Rotación Cultivo de Secano-Pasturas”, se utiliza un factor ponderado por la duración promedio de las rotaciones en los PUMS a partir de los factores correspondientes a las subdivisiones “Anuales” y “Pasturas Sembradas”; estos factores se obtienen de la tabla 5.5 y 6.2 de las directrices IPCC.

En base a la propuesta para el registro de los datos de actividad a través de los PUMS, se necesita contar con un factor específico para cada una de las rotaciones con diferente proporción de pasturas (33%; 50% y 66%). Una opción es calcular un factor ponderado, al igual que se realiza para el INGEI actualmente, pero utilizando las proporciones de pasturas correspondientes.

Otra alternativa es utilizar factores estimados en base a información generada en investigaciones nacionales. El trabajo de Rubio et al. (2021) presenta valores de variación de COS en ensayos de largo plazo en rotaciones con 33%, 50% y 66% del tiempo ocupado por pasturas, lo cuales pueden ser convertidos en factores de cambios de existencia. Hay que considerar que el trabajo de investigación se realiza sobre suelos que tenían una historia de agricultura continua; los impactos seguramente sean distintos si se compara con suelos no modificados.

En la Tabla 1 se presentan los valores estimados para el informe de potencial de mitigación, para cada una de las opciones.

Tabla 1. Factores de cambio de existencias de COS para rotaciones de cultivos con distinta proporción de pasturas, según alternativa de estimación.

Proporción de pasturas	Factor de cambio de existencias	
	Opción 1 (en base a IPCC)	Opción 2 (en base a Rubio et al. 2021)
33%	0,872	1,007
50%	0,908	1,108
66%	0,940	1,123

En caso de utilizar la propuesta de utilizar *Collect Earth* y dividir la subdivisión “Rotación Cultivo de Secano-Pasturas” en “Anuales” y “Pasturas Sembradas” (mencionada en la sección 2.4.1), se debe elegir un factor específico para cada uso por separado; actualmente se utilizan los propuestos por el IPCC, pero se podría optar por factores estimados a partir de investigación nacional. Esta opción requeriría aplicar un enfoque 3, el cual implica la modelización de los cambios de acuerdo a lo planteado por las directrices IPCC.

3. MEJORAS GENERALES DE LA CONTABILIDAD DE GEI PARA EL INVENTARIO NACIONAL

Uruguay ya cuenta con arreglos institucionales, procedimientos y métodos para la implementación del MRV en línea con requisitos internacionales. Estos métodos pueden mejorarse de forma continua, de acuerdo con las Modalidades, Procedimientos y Directrices para una Mayor Transparencia, establecidas en la decisión 18/CMA.1 y su anexo en el marco del Acuerdo de París.

El objetivo de este capítulo es proponer nuevos enfoques metodológicos que permitan mejorar la estimación de las emisiones de GEI asociadas a la producción ganadera de carne y lana (bovinos y ovinos). Dependiendo de su complejidad de implementación, algunas de las mejoras identificadas podrán ser implementadas en el corto plazo y otras en el mediano plazo. Se describirán propuestas metodológicas para diversos aspectos del INGEI, además de aquellas mejoras derivadas del propio desarrollo del monitoreo de las medidas incluidas en las Acciones Priorizadas de Mitigación que fueron presentadas en el capítulo 2.

Actualmente, el INGEI de Uruguay se basa en las directrices del IPCC del año 2006. Sin embargo, existe una actualización de esas guías publicada en 2019. Respecto a esto, la UNFCCC estableció que la adopción de esta nueva guía para elaborar los inventarios nacionales es voluntaria de cada país. Uruguay aún no tomó la decisión de utilizar el refinamiento de 2019; si bien no hay cálculos realizados, se estima que las emisiones serían menores aplicando las guías 2019 que las estimadas con las directrices del año 2006. No obstante, a lo largo de este capítulo se presentarán algunas mejoras que implican utilizar nuevas ecuaciones o parámetros correspondientes al refinamiento de esas guías, publicadas en el año 2019.

Las mejoras se presentan en cinco apartados, clasificadas según la fuente de GEI a las que hacen referencia.

3.1. Mejoras en la estimación del factor de emisión de metano (CH₄) por fermentación entérica

En el INGEI se utiliza la ecuación 10.21 de las directrices IPCC del año 2006. Se estima un valor del factor por zona agroecológica y luego se obtiene un promedio nacional ponderado por la proporción de animales en cada zona. Según esta ecuación el factor de emisión depende de la energía bruta (EB) consumida por animal y un factor (Y_m) que predice el porcentaje de EB que es

convertida a CH₄. A su vez, el consumo de EB está influenciado por la digestibilidad de la materia seca consumida y la ganancia diaria promedio de peso (GDP) a través de la energía neta de crecimiento. Las mejoras en la estimación de estas variables relevantes se reflejarán en un factor más representativo de la realidad.

Por otro lado, si bien el INGEI incorpora todo el ganado bovino del territorio nacional, asume que tienen una alimentación exclusivamente pastoril y no considera que una proporción de ellos pasa parte de su vida por una fase de engorde a corral o que existe suplementación estratégica en animales en pastoreo. La incorporación de estos aspectos es necesaria para cumplir con el principio de exhaustividad del inventario.

En los siguientes párrafos se presentan las descripciones de las metodologías propuestas según las principales variables involucradas en el cálculo del factor de emisión de metano por fermentación entérica.

- Factor de conversión de metano (Y_m)

En el caso del INGEI, el Y_m es obtenido de las tablas 10.12 y 10.13 del IPCC para bovinos y ovinos, respectivamente. Sin embargo, se empezó a generar información nacional específica sobre este factor; en la medida que esta información sea ampliada y validada por la comunidad científica se podrían incorporar al INGEI. A nivel de bovinos existe información para vaquillonas (Dini et al. 2017), novillos (Santander et al. 2022; Dini et al. 2019) y vacas de cría (Orcasberro et al. 2018), principalmente con dietas basadas en pasturas sembradas y campo natural degradado. A nivel de ovino, la investigación es más reciente (Custodio y Echenagusía, 2022; De Barbieri et al. 2022). En ambas especies continúa la investigación para generar más información, donde es importante ampliar las categorías de animales y dietas evaluadas. Mientras no exista un consenso científico en los valores nacionales de Y_m a utilizar, se propone incorporar los nuevos valores sugeridos por IPCC en las directrices de 2019.

- Ganancia diaria de peso vivo (GDP)

Las GDP se obtienen a partir de las diferencias de peso vivo de inicio y final de cada categoría animal; actualmente se utilizan datos de pesos vivos fijos para toda la serie temporal del INGEI. Los pesos de los bovinos corresponden a los promedios de la información reportada por los remates de pantalla del año 2005 a 2007 (de algunas empresas rematadoras). En el caso de ovinos se utiliza un valor promedio obtenido por juicio experto, sin distinguir categorías de ovinos.

En este sentido ya existe una propuesta de mejora a partir de la ampliación de la base de datos de los remates por pantalla para bovinos y ovinos; además, se propone el uso de datos de pesos de faena de INAC para corregir los pesos finales de las categorías que puede tener ese destino (Castagna, 2022). Sin embargo, existen otras alternativas que permitirían reflejar las fluctuaciones anuales y mejorar la exactitud de los pesos y ganancias.

Por un lado, se propone utilizar pesos vivos variables por año a partir de la actualización anual de las bases de datos que contienen los registros de pesos vivos de las empresas rematadoras. Esto seguramente requerirá de realizar contratos o acuerdos de provisión de datos. Actualmente se cuenta con la base de datos de dos empresas entre los años 2005 y 2020.

En el caso de ovinos, la información proveniente de remates puede ser incompleta, ya que no todas las categorías son vendidas por ese canal. Para categorías de reproductores se propone complementar la información con el registro de datos de la evaluación de EPD del INIA.

Por otro lado, una propuesta a mediano plazo es utilizar el actual sistema de identificación ganadera (SNIG) para asociar pesos vivos de las ventas de bovinos con la información de las caravanas electrónicas. Por ejemplo, al pesar los camiones con ganado en cada movimiento registrado, se podría asociar el pesaje en balanzas habilitadas con las correspondientes guías electrónicas de transporte del SNIG; de esta manera se contaría con información de pesos promedios en distintos momentos del animal. Además, si se promueve el uso de balanzas electrónicas asociadas a los cepos de ganado, se podrá obtener el peso inicial al momento de registro obligatorio de cada animal en el SNIG (pesaje de los animales al momento de la colocación de las caravanas electrónicas del sistema nacional de trazabilidad). Esto permitiría conocer las variaciones de peso de los animales con mayor precisión.

- Digestibilidad de la materia seca consumida.

El INGEI utiliza un valor promedio estimado de digestibilidad según categoría animal y región agroecológica, de acuerdo con la estimación del tipo de forraje que consumen los animales (SNRCC, 2019) y tablas de valor nutricional de Mieres (2004).

El tipo y cantidad de forraje consumido se estima a través de los usos del suelo que reportan los productores en la declaración jurada DICOSE al cierre de cada ejercicio ganadero. Esa declaración de usos de suelos tiene potencial de mejora en varios aspectos. Uno de ellos es modificar la forma de registrar el CN, que

actualmente se declara en conjunto con los rastros, separando ambos usos que tienen características muy diferentes. También se puede aumentar el detalle de los usos registrados; por ejemplo, ampliando la información solicitada sobre la edad y especies de las pasturas, así como de las especies utilizadas en el mejoramiento del campo natural.

En cuanto a la calidad de la dieta, actualmente se utilizan datos de digestibilidad del forraje ofrecido. Sin embargo, existe evidencia de que la selectividad que ejercen los animales puede modificar esos valores (Montossi, et al. 2000); por lo que los valores de digestibilidad (y contenido de proteína cruda) del forraje ingerido pueden ser distintos a los del forraje ofrecido.

Otro aspecto es incorporar el uso de la suplementación; idealmente se debe contar con la información del tipo, cantidad y categoría animal en la que se usa. Una opción es registrar estos datos a partir de la declaración jurada DICOSE, incorporando una sección sobre el uso de suplementos. Aunque se sugiere utilizar esta mejora, podría generar una complejidad mayor al declarante, por lo que otra alternativa para conseguir esa información sería a través de una encuesta de una muestra representativa de productores ganaderos. En este aspecto ya existen los antecedentes de la Encuesta Ganadera del año 2016 (Bervejillo et al. 2018) y Encuesta de Buenas Prácticas de Manejo de Campo Natural (Polcaro, 2022) las cual incorporaron información sobre la suplementación. Una nueva encuesta se debería acoplar con la estructura de datos necesaria para incorporar esas variables en las estimaciones del INGEI. La información nutricional de algunos suplementos puede obtenerse de la serie técnica N°142 del INIA (Mieres, 2004), en otros casos será necesario obtener el dato de las etiquetas o registro de los productos utilizados.

Por otra parte, existe un proyecto de investigación en curso, ejecutado por INIA y financiado por FONTAGRO, para monitorear satelitalmente la cantidad y calidad de la biomasa disponible en sistemas ganaderos ([enlace proyecto](#)). El proyecto busca desarrollar modelos de predicción a partir de sensores remotos, confiables y validados localmente, que sean capaces de brindar información fácilmente accesible. Estos modelos podrían ayudar a tener estimaciones, de la digestibilidad de la materia orgánica y contenido de proteína, para distintos recursos forrajeros en distintas zonas del país. Además, permitirían avanzar hacia una metodología Tier 3 para la estimación de factores de emisiones del ganado (ver sección 3.5.2).

- Incorporación de los animales que pasan por corrales de engorde

Esta mejora implica utilizar parámetros específicos para bovinos que pasan parte de su vida por sistemas de engorde a corral. Será necesario contar con información sobre el número y categoría de los animales, tiempo promedio de residencia en el corral, dietas utilizadas (digestibilidad y contenido de proteína), consumos observados de materia seca y ganancias de peso.

La información sobre el número y categoría de animales que pasan por corrales puede obtenerse del SNIG, ya que los corrales registrados deben contar con un número de giro de DICOSE distinto a otros establecimiento ganaderos ([código 60](#)). Esta información podría ser verificada a través del registro de establecimientos dedicados al engorde de bovinos a corral que se realiza ante la División de Sanidad Animal del MGAP en conjunto con la Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA).

Actualmente se cuenta con datos provisto por informantes calificados; igualmente para obtener información más precisa sobre las dietas utilizadas, consumos de materia seca, ganancia de peso, sistemas de tratamiento de efluentes, se propone realizar una encuesta nacional, la cual podría implicar un censo o muestreo de establecimiento de engorde registrados.

Discriminar en el INGEI los animales que pasan por corrales de engorde, además de cambiar las emisiones por fermentación entérica, también generará modificaciones en las estimaciones de las emisiones por manejo del estiércol. En las secciones 3.2 y 3.3 se mencionan las implicancias para esa proporción de animales.

- Cambios en la metodología de cálculo del factor de emisión.

A partir de un análisis realizado para el “Informe de análisis costo beneficio y potencial de mitigación de medidas de mitigación priorizadas” dentro del componente 1 del presente proyecto, se observó que los consumos estimados a partir del método de la ecuación 10.21 resultaban en valores contraintuitivos; donde los animales en corrales y con dietas en base a grano consumían menos que aquellos alimentados en pasturas implantadas y campo natural.

Por otra parte, en la actualización de las directrices del IPCC del año 2019 se presenta una nueva opción de cálculo a partir de la ecuación 10.21a que se basa en el consumo de materia seca (CMS) y la producción de metano por cada kilo de materia seca consumida (MY). Los valores de CMS pueden surgir de estudios a nivel nacional. En este sentido, a pesar de que existen algunos datos nacionales para bovinos (Do Carmo, 2021; Dini, 2018; Orcasberro, 2018; Aguirrezabala y Gambetta, 2014; Briano et al. 2012; Piaggio, 1994), se requiere generar nueva

información que amplíe las categorías de edad de los animales analizados y el consumo con distintas dietas (campo natural (CN), CN mejorado, pasturas perennes, verdeos, etc.).

3.2. Mejoras en la estimación del factor de emisión de metano (CH₄) por deposición de heces y orina.

Una de las mejoras está asociada a la incorporación de ganado bovino que pasa parte de su ciclo de vida en corrales de engorde. La generación de heces y orina en corrales implica un sistema gestión de estiércol diferente al pastoreo. Para esto se debe obtener la proporción de estiércol que es generado en los diferentes sistemas existentes a nivel nacional. Una opción es obtenerla a partir de la misma encuesta propuesta en la sección anterior. Conociendo el número de animales que pasan por cada corral y el sistema de gestión que utiliza, a partir de los valores de la tabla 10.17 que brindan las directrices del IPCC del 2019, se propone calcular un promedio para el factor de conversión de metano (MCF, por sus siglas en inglés) en corrales.

Por otra parte, para el ganado en pastoreo, el refinamiento de las directrices del IPCC propone un valor menor para el MCF (0,47% vs 1.5%) y un valor mayor para el parámetro B0 (0,19 vs 0,10 m³ CH₄/kg de sólidos volátiles) que hace referencia a la máxima capacidad de metano producida por el estiércol. A partir de un breve análisis utilizando las planillas auxiliares de cálculo del INGEI, este cambio reduciría el valor del factor de emisión de metano por deposición de las heces y orina.

3.3. Mejoras en la estimación de las emisiones de óxido nitroso (N₂O) por la deposición de heces y orina.

El actual modelo de inventario del IPCC no distingue explícitamente entre excreción fecal y urinaria de nitrógeno. Algunos países (por ejemplo, Nueva Zelanda) han perfeccionado su inventario para dividir la excreción de nitrógeno entre fecal y urinaria y generaron factores de emisión desagregados entre N₂O fecal y urinario. La división entre la orina y el estiércol puede tener efectos significativos en las estimaciones totales de emisiones de N₂O. En Nueva Zelanda, la EF3PRP (proporción de nitrógeno depositado en el suelo a través de los excrementos de los rumiantes, que se emite como N₂O) media para la orina del ganado fue del 0,29% del nitrógeno aplicado en comparación con el 0,04% para el estiércol del ganado bovino (o el valor por defecto del IPCC 2006 de 0,02%), por lo que la división entre la orina y el estiércol puede tener efectos

significativos en las estimaciones totales de emisiones de N₂O (van der Weerden et al. 2011).

Otro aspecto en referencia a la mejora antes mencionada está vinculado al efecto de dietas altas en taninos sobre las emisiones de N₂O. El contenido en taninos condensados de la dieta es una variable clave que podría disminuir las emisiones de N₂O por excreción urinaria. Alecrim et al. (2022) encontraron que dietas con alto contenido de taninos podrían alterar la partición de nitrógeno (N), reduciendo su concentración en la orina (desde donde el N se pierde más fácilmente) y aumentando la excreción en las heces (desde donde el N es menos susceptible a perderse). Este efecto aumenta la relevancia de separar los factores de emisión por orina y heces. Por otra parte, para poder considerar este efecto en el INGEI se debe contar con el dato de la superficie de pastoreo que contenga especies con alta concentración de taninos. Algunas de ellas son especies del género *Lotus*, muy utilizadas en Uruguay, tanto para mejoramientos de campo natural como en pasturas sembradas, por lo que su impacto podría ser relevante. Una propuesta es relevar esa superficie a través de la declaración jurada anual DICOSE, en la cual ya se reporta el área de campo natural mejorado y se podría especificar las especies utilizadas.

3.4. Mejoras vinculadas con los usos del suelo de la superficie de pastoreo.

Este apartado incluye modificaciones del INGEI que podrían realizarse para mejorar las estimaciones de las emisiones o secuestro de carbono en las tierras gestionadas para la producción ganadera. Los principales usos de suelo asociados a esas tierras son el campo natural y las pasturas sembradas; ambas subdivisiones están incluidas en la categoría de Pastizales del INGEI.

Factores de cambio de existencias del COS para el campo natural.

Las mejoras propuestas en este apartado, además de mejorar la representatividad de los flujos declarados en el INGEI, también permitirían el monitoreo de las medidas 1 y 3 de las Acciones Priorizadas de Mitigación en Ganadería.

Actualmente, en el INGEI no existe una diferenciación en los factores de cambio de existencias de carbono para distintos manejos del campo natural (FMG). Se utiliza un único valor extraído de la tabla 6.2 de las directrices del IPCC 2006 (FMG = 0.95) que corresponde a pastizales manejados con alta intensidad de

pastoreo. Por lo tanto, las mejoras de manejo como las que se proponen en la medida 1 de las Acciones de Mitigación en Ganadería, no serían captadas en el INGEI.

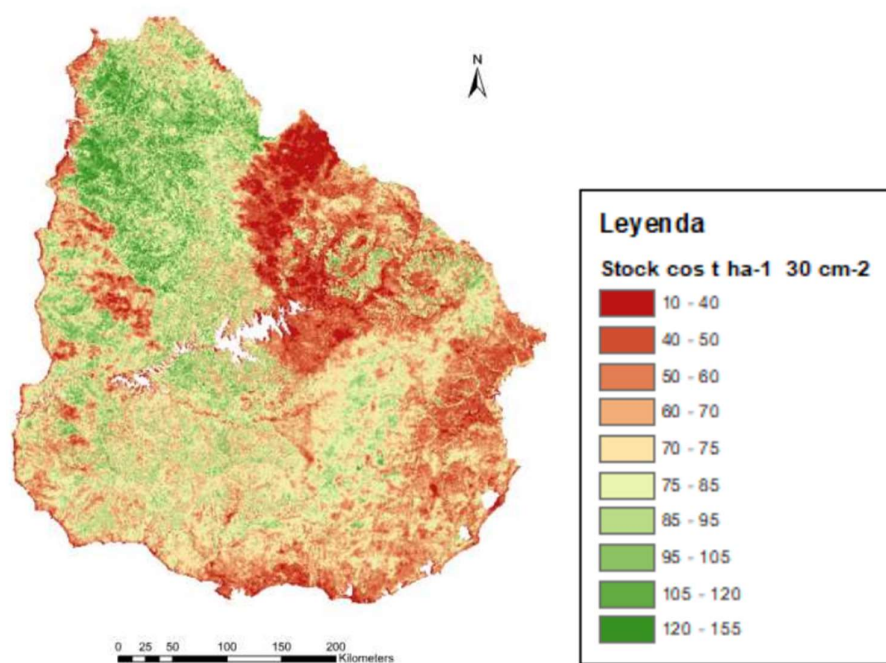
Existe una mejora metodológica que permite realizar el monitoreo de los impactos de la medida 1 (buenas prácticas sobre campo natural), que también puede aportar al monitoreo de la medida 3 (reducir conversión del campo natural). Para incorporar los efectos de la medida 1 sobre los cambios del stock de carbono en el suelo (COS), habrá que realizar las siguientes modificaciones:

- Crear una nueva subdivisión de uso del suelo, dentro de la categoría Pastizales, que haga referencia a pastizales naturales bajo buenas prácticas.
- Generar un factor de cambio de existencias de carbono diferente para esa nueva subdivisión. Según datos a nivel nacional, esta área estaría generando un secuestro de carbono adicional respecto al área sin los manejos propuestos. Este factor de cambio se puede estimar de dos maneras:
 - A través de la metodología presentada en el informe de potencial de mitigación anexo al presente informe, en el cual se obtuvo un valor de secuestro de -0,121 ton C/ha/año.
 - Utilizar información de COS registrada y generada en los establecimientos participantes del componente 2 del proyecto GYC, que aún está siendo procesada y analizada.

COS de referencia de los usos de suelo asociados a la ganadería.

Para calcular los cambios en las existencias de carbono debido a cambios en el uso del suelo, en el INGEI se utiliza un único valor promedio de COS de referencia para todos los suelos del país. Sin embargo, hoy se cuenta con información georreferenciada de los cambios de usos del suelo (a través del relevamiento con *Collect Earth*) que se podría combinar con el [mapa de stock de carbono en los primeros 30 cm de profundidad de los suelos de Uruguay](#) elaborado por la Dirección General de Recursos Naturales del MGAP (Fig. 1). Esto aumentaría la exactitud de las estimaciones de las pérdidas o ganancia de COS debidas a los cambios de uso del suelo.

Figura 1. Mapa de stock de COS en Uruguay (ton/ha/30cm)



Fuente: Elaborado en base a datos brindados por DGRN-MGAP.

Carbono secuestrado en la biomasa de especies leñosas del campo natural.

Esta mejora se refiere a la posibilidad de considerar el secuestro de carbono en biomasa viva (aérea y subterránea) que puede ocurrir por la presencia de especies leñosas (arbustos y árboles) en campo natural. Actualmente el INGEI considera que la biomasa de los pastizales que permanecen como tal está estabilizada; sin embargo, puede haber cambios de manejo que generen un crecimiento de la biomasa leñosa.

Para calcular el posible secuestro se necesita desarrollar información nacional sobre la cobertura de arbustos y árboles aislados en la matriz de campo natural. Además, se debe contar con información de crecimiento de esa biomasa leñosa; la cual es escasa a nivel nacional y requiere mayor investigación.

La información obtenida a través del relevamiento con *Collect Earth* puede contribuir con esta mejora; una estimación preliminar utilizando esos datos

muestra que para el año 2021 existía un 12% (1.099.800 ha) del área de pastizal natural con una cobertura promedio de árboles aislados entre 10 y 19%. Mientras que un 13% (1.208.250 ha) de pastizal natural tenía una cobertura de arbustos promedio de entre 10 y 19%.

Una alternativa para obtener los datos necesarios es utilizar el monitoreo satelital de pastizales. Por ejemplo, existe una iniciativa llamada [Land & Carbon Lab](#) creada por una sociedad de investigadores (Global Pasture Watch) con el objetivo de desarrollar un monitoreo global de pastizales, la cual tiene previsto publicar un producto llamado *Short vegetation height maps*, con datos de altura de biomasa leñosa en pastizales.

Superficie de pastizales naturales quemada anualmente.

En Uruguay se utiliza la quema controlada de campo natural como una herramienta de manejo con distintos objetivos (enterneamiento de campos, preparar “cama de siembra” de coberturas con leguminosas, quemar especies no deseadas). La quema de pastizales gestionados genera emisiones de gases de efecto invernadero no CO₂, que resultan de la combustión incompleta de la biomasa (CO, CH₄, N₂O y NO_x). Actualmente, estas emisiones se reportan en el INGEI a partir de la estimación por juicio experto del área de pastizales quemada; este valor es fijo para toda la serie del inventario (15.000 ha/año).

Para mejorar la estimación de esa superficie se proponen dos alternativas. Por un lado, utilizar los datos brindados por el programa Earth Map (<https://earthmap.org>) basada en un producto (MCD64A1 v006) de la plataforma satelital MODIS. La base de datos contiene información desde el año 2000. Esta información se podría cruzar con los datos del relevamiento de Usos de Suelo de Collect para calcular el área de campo natural que registra alguna quema según ese procesamiento de imágenes satelitales. En el informe de la consultoría de Castagna (2022b) se puede encontrar una descripción más detallada de las posibilidades de uso de esos datos para el INGEI.

Otra opción, de mediano plazo, es la creación de un registro de quemas prescritas, a partir del cual sea obligatorio realizar el aviso ante la entidad estatal correspondiente, por ejemplo, la Dirección Nacional de Bomberos. El aviso debería contar con información sobre la superficie y tipo de vegetación a quemar. Este registro podría brindar, además, mayor seguridad en el control de incendios a campo.

3.5. Mejoras vinculadas con la resolución espacial y temporal del INGEI.

3.5.1. Resolución espacial.

Existen mejoras que están vinculadas a la resolución espacial del INGEI. Actualmente, las estimaciones de las emisiones de GEI en la ganadería se realizan dividiendo al país en cinco regiones agroecológicas y registrando información con ese nivel de detalle. Esto permite generar factores de emisión para esas zonas, utilizando información específica en el caso de que haya disponibilidad. Estas variables son: número y ganancias de peso de animales, digestibilidad y proteína cruda de la dieta. En este sentido se proponen dos líneas de mejora que permitan captar con mayor exactitud la variabilidad espacial de las emisiones y estimar el impacto regional de acciones de mitigación. Por un lado, aumentar el grado de desagregación de información por zona para algunas variables en las que hoy no se cuenta con ese grado de detalle (Ej.: productividad de pasturas según zonas, que afectará el cálculo de la digestibilidad y proteína de la dieta). Por otro lado, explorar otra definición espacial que permita trabajar a una mayor resolución que zona agroecológica; por ejemplo, se podría utilizar la seccional policial o zonas con distintos tipos de suelos. El sistema nacional de identificación ganadera (SNIG) posee la georreferenciación de los establecimientos ganaderos, lo que podría ser utilizado para obtener información agregada a nivel de sección policial u otro polígono de interés.

3.5.2. Resolución temporal.

Respecto a la resolución temporal, existen mejoras que podrían aumentar la coherencia de las emisiones reportadas en el INGEI al considerar las fluctuaciones anuales de variables que hoy se asumen con un valor fijo. Por ejemplo, se podrían reflejar mejor los impactos de años con sequía en el INGEI.

Una mejora refiere a los índices reproductivos como la tasa de preñez en bovinos y ovinos que actualmente tienen un valor fijo; en este sentido la propuesta es utilizar los datos que brinda el taller de diagnóstico de gestación que realiza anualmente el INIA para cada especie. En el caso de los bovinos el taller se realiza desde el año 2003, y para ovinos desde el 2016. Una limitante de estos valores podría ser el sesgo de los datos, dado que podría ocurrir que productores que realizan diagnóstico de preñez tengan mejor desempeño; sin embargo [se ha expresado que son valores muy representativos del rodeo nacional](#).

Por otra parte, utilizar información satelital para estimar la tasa de crecimiento, disponibilidad y digestibilidad de la materia seca consumida (Ej.: proyecto

FONTAGRO mencionado en sección 3.1), ayudaría a estimar el consumo anual de los animales. Generar series temporales del consumo de materia seca del ganado, permitiría reflejar mejor, en el INGEI, los cambios anuales debidos a distintos factores (ej.: climáticos). Obtener estos datos son un primer paso para desarrollar una metodología Tier 3 en la que se modele la cantidad y calidad de alimento consumido por los animales cada año por zona del país (lo que también mejoraría la representatividad espacial del INGEI).

3.6. Análisis cualitativo del costo-beneficio de mejoras para el INGEI.

Aunque todas estas mejoras propuestas son factibles, los recursos para mejorar el MRV deberían utilizarse de forma costo-efectiva. El costo dependerá de la necesidad de creación de nuevos sistemas de registro y análisis de bases de datos, así como de la necesidad de la generación de nueva información a partir de la investigación. En cuanto a los beneficios esperados, se propone una evaluación cualitativa simple en base a la importancia de la fuente o sumidero y su impacto sobre el INGEI y monitoreo de las acciones de mitigación. En la siguiente tabla se muestra la definición para cada nivel de costo y beneficio.

Tabla 2. Definición de niveles de costo y beneficio utilizados para clasificar las mejoras propuestas al INGEI.

COSTO	BENEFICIO
ALTO: mejoras que requieren la creación de nuevos sistemas de recopilación de datos complejos, y/o requieren nueva información generada por la investigación.	ALTO: mejora que afecte a una fuente/sumidero de emisiones importante que (a) mejore el cumplimiento del IPCC y (b) también permita el monitoreo de las acciones de mitigación.
MEDIO: mejoras que requieren la creación de una nueva base de datos, pero la recopilación de información no sería costosa.	MEDIO: mejora para una fuente/sumidero de emisiones de tamaño medio que (a) mejore el cumplimiento del IPCC pero (b) no mejore el monitoreo de las acciones de mitigación.
BAJO: mejoras que utilizan una fuente de datos existente, pero requieren un análisis adicional.	BAJO: mejora para una fuente/sumidero de emisiones pequeña y que no mejore el MRV de las acciones de mitigación.

A partir de las definiciones de costo y beneficio presentadas se clasificaron las mejoras propuestas.

Tabla 3. Clasificación de las mejoras propuestas al INGEI, según evaluación cualitativa de costo y beneficio.

MEJORA	GEI OBJETIVO	COSTO	BENEFICIO
Utilizar factores de conversión de metano, en bovinos y ovinos, específicos para Uruguay (Ym)	CH4	Medio-Alto	Alto
Generar datos de ganancia diaria de peso vivo, en bovinos y ovinos, más precisos.	CH4, N2O	Alto	Alto
Mejorar representatividad del valor de digestibilidad de la materia seca consumida.	CH4, N2O	Medio	Alto
Registro de superficie de CN asociada a la producción ganadera, en declaración jurada DICOSE.	CH4, N2O	Bajo	Medio
Incorporar los datos de tipo y cantidad de suplementos utilizados según categoría animal.	CH4	Medio	Alto
Incorporar los animales (bovinos) que pasan por corrales de engorde (cantidad y duración de estadía).	CH4, N2O	Bajo	Medio
Cambio en el cálculo del factor de emisión de metano por fermentación entérica, a partir del consumo de materia seca observado.	CH4	Bajo	Alto
Utilizar nuevos valores de los parámetros MCF y Bo propuestos en los refinamientos de las directrices IPCC 2019.	CH4, N2O	Bajo	Bajo
Factor EF3PRP para heces y orina por separado	N2O	Alto	Medio
Estimación de superficie de pastoreo con especies con alta concentración de taninos condensados.	N2O	Alto	Medio
Incorporar una nueva subdivisión de usos del suelo que represente los pastizales naturales bajo buenas prácticas de manejo.	CO2	Medio	Alto
Aplicar distintos factores de cambio de existencias de COS según condición del CN.	CO2	Alto	Alto
Valor de COS de referencia específicos para los usos de suelo asociados a la ganadería.	CO2	Bajo	Alto
Incluir el secuestro de carbono en la biomasa de especies leñosas del campo natural.	CO2	Alto	Bajo
Realizar estimación anual de la superficie de campo natural quemada.	CO, CH4, N2O y NOx	Medio	Bajo

Aumentar resolución espacial de los factores de emisión del ganado.	CH ₄ , N ₂ O	Medio	Bajo
Incorporar variabilidad anual de indicadores reproductivos en ovinos y bovinos.	CH ₄ , N ₂ O	Bajo	Medio
Incorporar variabilidad anual de la calidad y cantidad de materia seca consumida por ovinos y bovinos.	CH ₄ , N ₂ O	Alto	Alto

4. RESUMEN SISTEMA MRV

En la tabla 4 se presenta un resumen de las medidas propuestas en las Acciones Priorizadas de Mitigación junto con las mejoras metodológicas propuestas para el INGEI. Se incluyen las fuentes de información a utilizar para obtener los datos de actividad o estimar los factores de emisión; los cuales se presentan agrupados por fuentes de emisión o secuestro. También se presentan los indicadores asociados, y en el caso de las mejoras para el INGEI se muestra la medida sobre la que aportaría para el monitoreo nacional.

Tabla 4. Resumen de variables, fuentes de información e indicadores asociados a cada una de las medidas descritas en las Acciones Priorizadas de Mitigación en Ganadería.

Medida	Escala espacial del monitoreo	Fuente de emisiones o secuestro	Datos de actividad/Factor de Emisión	Cambio en las fuentes de información o metodología de cálculo	Medidas y/o Indicador asociado
Mejoras generales del INGEI para emisiones del ganado	Nacional	Ganado (CH ₄ y N ₂ O)	Factor de Conversión de CH ₄ (Y _m)	Utilizar valores específicos que resultan de la investigación nacional	Asociadas a medida 1. Indicadores: Emisiones de CH ₄ del ganado (Gg CH ₄). Emisiones de N ₂ O del ganado (Gg N ₂ O). Intensidad de emisiones (Kg GEI/kg producto)
			Ganancias de peso en bovinos y ovinos	Ampliación de la base de datos de los pesos de venta de ganado de remates por pantalla.	
				Generar datos, desarrollando un sistema de pesaje de camiones asociado a la trazabilidad SNIG, mediante guías de transporte.	



				Aumentar la resolución espacial (pasar de análisis por región agroecológica a nivel de sección policial o tipo de suelo) y temporal (de valores fijos a valores anuales) de los datos.	
			Cantidad y calidad de la dieta.	Modificación del formulario de la declaración jurada DICOSE para ampliar el detalle de las fuentes forrajeras y suplementos utilizados. (2da alternativa: generar encuesta anual ganadera representativa)	
				Generar información a partir de monitoreo satelital y el desarrollo de modelos predictivos por proyecto de investigación FONTAGRO.	
			Información sobre animales que pasan por corrales (número, pesos, tiempo, dieta, gestión estiércol)	Estimación a partir de registros del SNIG y encuesta nacional representativa de establecimientos de engorde a corral.	
			Factor de emisión de metano por fermentación entérica.	Cambiar la ecuación 10.20 por la 10.21a propuesta en el refinamiento de las directrices IPCC del año 2019.	
			Factor de emisión por deposición de heces y orina.	Utilizar nuevos valores de los parámetros (MCF y B0) propuestos en los refinamientos de las directrices del IPCC (2019).	
				Utilizar un valor del factor EF3PRP por separado para heces y orina, obtenido a partir de investigación nacional.	
			Indicadores reproductivos (%preñez, %destete, %procreo, % señalada)	Utilizar los datos anuales generados por el taller de gestación de bovinos y ovinos del INIA.	



		Suelo (CO2)	Superficie de campo natural bajo buenas prácticas de manejo.	Incorporar una nueva subdivisión de usos de suelo que represente los pastizales naturales bajo buenas prácticas de manejo y relevarla a través del sistema establecido en el monitoreo de la NDC.	Asociadas a medidas 1 y 3. Indicador: flujo de CO2 del CN que permanece como tal (Gg CO2/ha).
			Factor de cambio de existencias del COS del CN.	Utilizar y desarrollar valores para las distintas situaciones de CN, en vez de un valor único para todos los CN.	
			COS de referencia para suelos (COSref)	Utilizar valores de COSref específicos para cada tipo de suelo en base a mapa elaborado por DGRN-MGAP.	
		Biomasa viva en campo natural (CO2, CO, CH4, N2O y NOx)	Crecimiento y stock de la biomasa leñosa de campo natural.	Generar información nacional a partir de monitoreo satelital. Utilizar datos obtenidos con relevamiento <i>Collect Earth</i> .	Flujo de GEI no CO2 del campo natural (Gg GEI-no CO2/ha)
			Superficie de campo natural quemado anualmente.	Utilizar información satelital brindada por producto MCD64A1 v006 de la plataforma satelital MODIS. Generar registro obligatorio de quemas controladas de campo natural	
1. Buenas prácticas de manejo.	Medida	Ganado (CH4 y N2O)	Caracterización del rodeo (cantidad, pesos, categorías, ganancias, indicadores reproductivos).	Registros prediales en planilla electrónica desarrollada en el proyecto GyC. Uso de balanzas electrónicas prediales.	Emisiones de CH4 (Gg CH4). Emisiones de N2O (Gg N2O). Intensidad de emisiones (Kg GEI/kg producto)
			Cantidad y calidad de la dieta (forraje y suplementación).	Registros prediales en planilla electrónica. Realizar muestreos y análisis de laboratorio para calidad de forraje.	



		Fertilizantes (N2O)	Cantidad y tipo de fertilizante utilizados en la producción ganadera.	Registros prediales en planilla electrónica.	Emisiones de N2O (Gg N2O)
		Suelo (CO2)	Superficie de CN bajo buenas prácticas de manejo y cambios en el COS.	Registros prediales en planillas electrónicas y muestreos de suelos en los predios participantes del proyecto.	Flujo de CO2 en pastizal natural (Gg CO2/ha)
2. Montes de abrigo y sombra (MAYS).	Medida	Biomasa viva de MAYS (CO2)	Superficie, edad y especies de MAYS	Registro de datos de plantaciones en predios participantes de un programa o proyecto correspondiente a la medida.	Superficie MAYS (ha). Stock de biomasa forestal de MAYS (Gg CO2). Flujo biomasa forestal en MAYS (Gg CO2/año).
			Incremento medio anual de biomasa forestal.	Medición en parcelas permanentes en MAYS de los predios participantes.	
	Nacional	Biomasa viva de MAYS (CO2)	Superficie de MAYS	Registro de plantaciones en la declaración jurada DICOSE a partir de modificación del formulario.	Superficie nacional de MAYS (ha). Stock de biomasa forestal de MAYS (Gg CO2). Flujo biomasa forestal (Gg CO2/año).
			Incremento medio anual de biomasa forestal.	Promedio de valores disponibles en bibliografía nacional para las especies más utilizadas en MAYS	
3. Reducción en la conversión de campo natural (CN).	Nacional	Suelo (CO2)	Superficie de CN	Relevamiento satelital a través de muestreo con <i>Collect Earth</i> .	Tasa de sustitución de CN (ha/año)
4. Aumento de la fase de pasturas en rotaciones con cultivos.	Nacional	Suelo (CO2)	Superficie de rotaciones cultivo-pasturas (C/P) y duración de la fase pasturas.	Relevamiento satelital con <i>Collect Earth</i> , a partir de modificación de formulario de muestreo.	Superficie (ha) rotaciones CP con: <33%; >50% P; >66%)
			Factor de cambio de existencia de COS.	Promedios ponderados a partir de la proporción de pasturas y cultivos en la rotación, según valores sugeridos por IPCC para cada uso del suelo.	Emisiones evitadas de CO2 por inclusión de pasturas (Gg CO2/ha rotación C/P).



5. REFERENCIAS

Aguirrezabala Young, S y Gambetta Müller, S. (2014.). Estimación de consumo en vacas multíparas puras y cruza en dos asignaciones de forraje para dos tipos de suelo en invierno y primavera en campo natural. Tesis de grado. Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Agronomía.

Alecrim, F.B., Simón, C., Santander, D., Mariotta, J., Muleta, E., Marachelli, J.P., Lattanzi, F.A., Nóbrega, G.N., Rodrigues, R.A.R, y Ciganda, V.S. (2022). Nitrogen in beef cattle excreta as affected by the inclusion of high tannins legume on native grasslands. En: Congreso Argentino de Producción Animal Virtual, 45, 16-18 de noviembre de 2022. Revista Argentina de Producción Animal. 42, 1. p356.

Baeza, S., Vélez-Martin, E., De Abelleira, D., Banchemo, S., Gallego, F., Schirmbeck, J., ... & Hasenack, H. (2022). Two decades of land cover mapping in the Río de la Plata grassland region: The MapBiomass Pampa initiative. Remote Sensing Applications: Society and Environment, 28, 100834.

Bervejillo J, Fagúndez D, González C, Ortiz A, Ferreira J, Fernandez J, Casalás T, Carzoli A, Dávila F, Campoy D (2018). Resultado de encuesta ganadera nacional 2016. MGAP-OPYPA. DIEA anuario.

Briano, C., Scarsi, A., Velazco, J. I., Bakker, M., Banchemo, G., Meikle, A., & Quintans, G. (2013). Alta y baja asignación de forraje antes del parto: efectos sobre variables productivas y reproductivas. Resultados preliminares. SEMINARIO DE ACTUALIZACIÓN TÉCNICA: Cría Vacuna.

Castagna, A. (2022). Consultoría para generar información para la implementación del plan de mejoras del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del sector Agricultura, Silvicultura y Otros usos de la Tierra del INGEI de Uruguay. Informe: subproductos 1.3 y 1.4. PNUD. Montevideo, Uruguay.

Castagna, A. (2022b). Consultoría para generar información para la implementación del plan de mejoras del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del sector Agricultura, Silvicultura y Otros usos de la Tierra del INGEI de Uruguay. Informe: subproductos 2.4, 2.5 y 2.6. PNUD. Montevideo, Uruguay.

Castagna, A. y García, F. (2020). “Análisis de los cambios en el uso de la tierra en el país entre 2000 y 2017 a partir de una serie temporal de relevamientos remotos.” En: OPYPA, Anuario 2020.

Carbon Group (2021). Oportunidades de restauración en pastizales naturales en Uruguay: Prácticas orientadas a incrementar el secuestro de Carbono Orgánico en los suelos. Informe de Avances Consultora Carbon Group Agro-Climatic Solutions. Iniciativa 20x20. World Resources Institute. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca.

Ciappesoni, G. Navajas, E., Baptista, R. Aguilar, I., Peraza, P., Carracela, B., De Barbieri, I. 2022. Inia ya está en el mundial de la genética ovina: Proyecto SMARTER. Revista INIA N° 68. 15-18 pp.

Custodio Dolz, C y Echenagusía Martínez, A. (2022.). Evaluación del consumo, ambiente ruminal y emisión de metano de borregos alimentados con campo natural. Tesis de grado. Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Veterinaria.

De Barbieri, I., Navajas, E., Ramos, Z., Ferreira, G., Velazco, J. y Ciapessoni, G. (2022). Vinculando la eficiencia en conversión del alimento con características productivas y mitigación de metano. Revista INIA. 69. 29-32 pp.

Dini, Y., Cajarville, C., Gere, J. I., Fernandez, S., Fraga, M., Pravia, M. I., ... & Ciganda, V. S. (2019). Association between residual feed intake and enteric methane emissions in Hereford steers. *Translational Animal Science*, 3(1), 239-246.

Dini Vilar, Y. (2018.). Estrategias de mitigación de la emisión de metano en vacunos de carne. Tesis de doctorado. Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Veterinaria.

Dini, Y., Gere, J. I., Cajarville, C., & Ciganda, V. S. (2017). Using highly nutritious pastures to mitigate enteric methane emissions from cattle grazing systems in South America. *Animal Production Science*, 58(12), 2329-2334.

Do Carmo, M., Genro, T. C., Cibils, A. F., & Soca, P. M. (2021). Herbage mass and allowance and animal genotype affect daily herbage intake, productivity, and efficiency of beef cows grazing native subtropical grassland. *Journal of Animal Science*, 99(10), skab279.

Mieres, J. M. (2004). Guía para alimentación de rumiantes. INIA. Serie técnica N° 142.

Montossi, F., Pigurina, G., Santamarina, I., & Berretta, E. J. (2000). Selectividad animal y valor nutritivo de la dieta de ovinos y vacunos en sistemas ganaderos: teoría y práctica. INIA Serie Técnica.

Orcasberro Varela, M. (2018.). Emisiones de metano y consumo de vacas de primera cría bajo dos ofertas de campo natural. Tesis de maestría. Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Agronomía.

Piaggio, L. (1994). Parâmetros determinantes do consumo e seletividade de novilhos em pastejo em campo nativo melhorado. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Piñeiro, G. (2022). “Programa Innovagro: Sostenibilidad de la Producción Ganadera basada en Campo Natural: una plataforma para el análisis cuantitativo de compromisos entre productividad, estabilidad y resiliencia ante distintas opciones de intensificación”. Seminario de ganadería sobre campo natural: Resultados de proyectos de investigación. Ganadería y Clima e Innovagro. ANII-FAGRO-INIA.

Polcaro, S. (2022). Análisis de resultados de la Encuesta de Buenas Prácticas de Manejo de Campo Natural. En: Anuario Opypa. MGAP. Uruguay. Disponible en: <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/publicaciones/anuario-opypa-2022/estudios/analisis-resultados-encuesta-buenas>

SNRCC. (2019). Uruguay: Tercer Informe Bienal de Actualización a la Conferencia de las Partes en la Convención Macro de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. MVOTMA, Uruguay. Disponible en: https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/sites/ministerio-ambiente/files/2021-07/BUR%203%20%282019%29_compressed_0.pdf

van der Weerden, T. J., Luo, J., de Klein, C. A., Hoogendoorn, C. J., Littlejohn, R. P., & Rys, G. J. (2011). Disaggregating nitrous oxide emission factors for ruminant urine and dung deposited onto pastoral soils. Agriculture, Ecosystems & Environment, 141(3-4), 426-436