



**Producción ganadera climáticamente inteligente y restauración
del suelo en pastizales uruguayos**

Protocolo de monitoreo del metano

Julio 2020

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 Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA), 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) y de la Coalición Clima y Aire Limpio (CCAC).

“Diseño y establecimiento de un sistema de coinnovación para la gestión ganadera climáticamente inteligente y la restauración de tierras a nivel de campo”

Carta de acuerdo entre la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) en Uruguay.

Protocolo de monitoreo del metano.

Elaboración:

El presente documento es una adaptación de los entregables 4, 20 y 27 del proyecto, elaborado por Gervasio Piñeiro, Juan Manuel Piñeiro y Micaela Abrigo.

Revisión:

Walter Oyhantçabal (Director – Proyecto GyC, MGAP); Soledad Bergós (Coordinadora Nacional – Proyecto GyC, FAO).

Comunicación y Diseño:

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

Contenido

Siglas y Acrónimos	4
Antecedentes	6
1. Protocolo de evaluación y monitoreo del metano	8
2. Plan de trabajo para el monitoreo de las variables y su análisis	12
3. Análisis de las variables	12
4. Utilización de la información generada	13
5. Bibliografía	14

Siglas y acrónimos

ATDR	Agente Territorial de Desarrollo Rural
CAF	Cooperativas Agrarias Federadas
CC	Cambio Climático
CCAC	Coalición Clima y Aire Limpio
NDC	Contribución Determinada a Nivel Nacional
CDP	Comité Directivo de Proyecto
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CNFR	Comisión Nacional de Fomento Rural
CONPEAT	Índice de productividad del suelo en Uruguay
DACC	Desarrollo y Adaptación al Cambio Climático “Proyecto Manejo Sostenible de los Recursos Naturales y Cambio Climático”
DGDR	Dirección General de Desarrollo Rural-MGAP
DGRN	Dirección General de Recursos Naturales-MGAP
DCC	Dirección de Cambio Climático-MVOTMA
DINAMA	Dirección Nacional de Medio Ambiente-MVOTMA
ETDR	Equipo Territorial de Desarrollo Rural
FAGRO	Facultad de Agronomía
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FUCREA	Federación Uruguaya de grupos CREA
GCI	Ganadería Climáticamente Inteligente
GEF	Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM)/ <i>Global Environment Facility</i>
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GFCC	Proyecto Ganaderos Familiares y Cambio Climático “Construyendo Resiliencia al Cambio Climático en Pequeños Productores Vulnerables”
GLEAM	Modelo de Evaluación Ambiental de la Ganadería/ <i>Global Livestock Environmental Assessment Model</i>
GRAS	Unidad de Agro-Clima y Sistemas de información del 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 / <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
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

MVOTM A	Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente
NAMA	Acción Nacional Apropriada de Mitigación/ <i>Nationally Appropriate Mitigation Action</i>
NDC	Contribución Determinada a Nivel Nacional
OPP	Oficina de Planeamiento y Presupuesto
OPYPA	Oficina de Programación y Política Agropecuaria-MGAP
PPNA	Productividad Primaria Neta Aérea
PNRCC	Plan Nacional de Respuesta al Cambio Climático
SIG	Sistema de Información Geográfico
SNAP	Sistema Nacional de Áreas Protegidas
SNIA	Sistema Nacional de Información Agropecuaria
SNRCC	Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático y Variabilidad
UASYCC	Unidad Agropecuaria de Sostenibilidad y Cambio Climático-MGAP
UD	Unidad de Descentralización-MGAP
UDELAR	Universidad de la República
UGP	Unidad de Gestión de Proyectos-MGAP

Antecedentes

En Uruguay, más del 85 % de su superficie es adecuada para la producción agropecuaria y en particular, la ganadería ha sido históricamente uno de los rubros principales. La carne bovina fue el principal producto de exportación en 2019, representando un 20 % del valor total de las exportaciones.

De acuerdo con datos oficiales, 43.957 establecimientos ganaderos ocupan una superficie de 12.579.000 hectáreas, de las cuales aproximadamente el 80 % 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 una gran 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 en los suelos, degradación de la biodiversidad y emisiones de metano y óxido nitroso por kg de carne relativamente elevadas.

El metano es el principal gas de efecto invernadero en Uruguay, representando el 47,5% de todas las emisiones expresadas como CO₂-eq. (GWP_{100, AR2}). El 93,4 % del metano se origina en la agricultura y la fermentación entérica es la principal fuente de emisiones del Uruguay, aportando el 46,1% de las emisiones totales del país. Por lo tanto, la ganadería, y en particular las emisiones de metano son estratégicas para acciones de mitigación. En su primera Contribución Determinada a nivel Nacional para el Acuerdo de París (NDC) a 2025, Uruguay ha presentado metas de reducción de emisiones de gases no CO₂ por kilogramo de carne vacuna producida de 32% con esfuerzo propio y de 37% en caso de acceder a medios de implementación de la UNFCCC, comparado con 1990.

Las políticas públicas han planteado enfrentar los desafíos del sector ganadero a través de un enfoque que abarca la seguridad alimentaria, la competitividad económica, el manejo sostenible de la tierra, la adaptación al cambio climático y su mitigación y el avance hacia la igualdad de género, promoviendo prácticas de ganadería climáticamente inteligente (GCI).

El proyecto “Producción ganadera climáticamente inteligente y restauración de suelos en pastizales uruguayos” (GCP/URU/034/GFF), conocido como “Ganadería y Clima” se implementa desde marzo de 2019, por cuatro años, por el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP), en colaboración con el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA), con apoyo técnico de la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y financiamiento del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF).

El proyecto cuenta también con apoyo de la Coalición Clima y Aire Limpio (CCAC) para los aspectos relacionados con el monitoreo de las emisiones de

metano en los predios y la evaluación del impacto de los cambios en prácticas y tecnologías sobre las emisiones brutas y por kg de carne.

El proyecto está estructurado en 3 componentes que conjuntamente contribuyen al logro de los objetivos. El Componente 1: fortalece el marco institucional y las capacidades nacionales para implementar la gestión de la GCI, incluyendo una Estrategia Nacional de GCI y una Acción Nacional para una Adecuada Mitigación (NAMA). El Componente 2: trata de la 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. Para poder alcanzar los resultados previstos en el Componente 2, la FAO ha firmado una Carta de Acuerdo con el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), que incluye la participación de la Facultad de Agronomía (Udelar). El Componente 3: establece un sistema de monitoreo y evaluación para una gestión del proyecto basada en resultados, así como la gestión y el intercambio de conocimientos.

Se establece la línea de base desde la cual parte cada uno de los establecimientos participantes y luego se monitorea su evolución a lo largo del proyecto. Establecer la línea de base es parte del proceso de diagnóstico necesario para elaborar un plan de rediseño para cada establecimiento, elaborado y acordado con cada familia participante. El monitoreo es parte de la evaluación periódica necesaria para ir ajustando los planes, de acuerdo con los resultados que se van obteniendo. La línea de base y el monitoreo son también relevantes para reportar los impactos de las estrategias de GCI implementadas por el proyecto sobre las variables relacionadas con las emisiones de GEI, el secuestro de carbono, los cambios en la vegetación y la calidad del suelo, así como la producción y los resultados socioeconómicos.

A continuación, se describe específicamente el protocolo de monitoreo de las emisiones de metano, que es uno de los protocolos relevantes en este proyecto, y el plan de trabajo.

1. Protocolo de evaluación y monitoreo del metano

Para el sistema de monitoreo, reporte y verificación (MRV) de la parte ambiental, incluidas las variables de emisiones de metano y sus impulsores, se realizarán, en primer lugar, mediciones satelitales de la productividad primaria aérea en los 64 predios participantes del proyecto y mediciones más intensivas en 20 predios participantes y 20 predios vecinos que no realicen prácticas de coinnovación. Esto garantiza que la línea de base del proyecto en términos biofísicos se establezca en comparación con los predios vecinos que no implementan el sistema de gestión ganadera climáticamente inteligente (GCI), pero que sí sufrirán cambios en su funcionamiento debido a las condiciones ambientales particulares de cada año (temperaturas, lluvias, heladas, etc.) que también afectarán a los predios participantes que coinnovan.

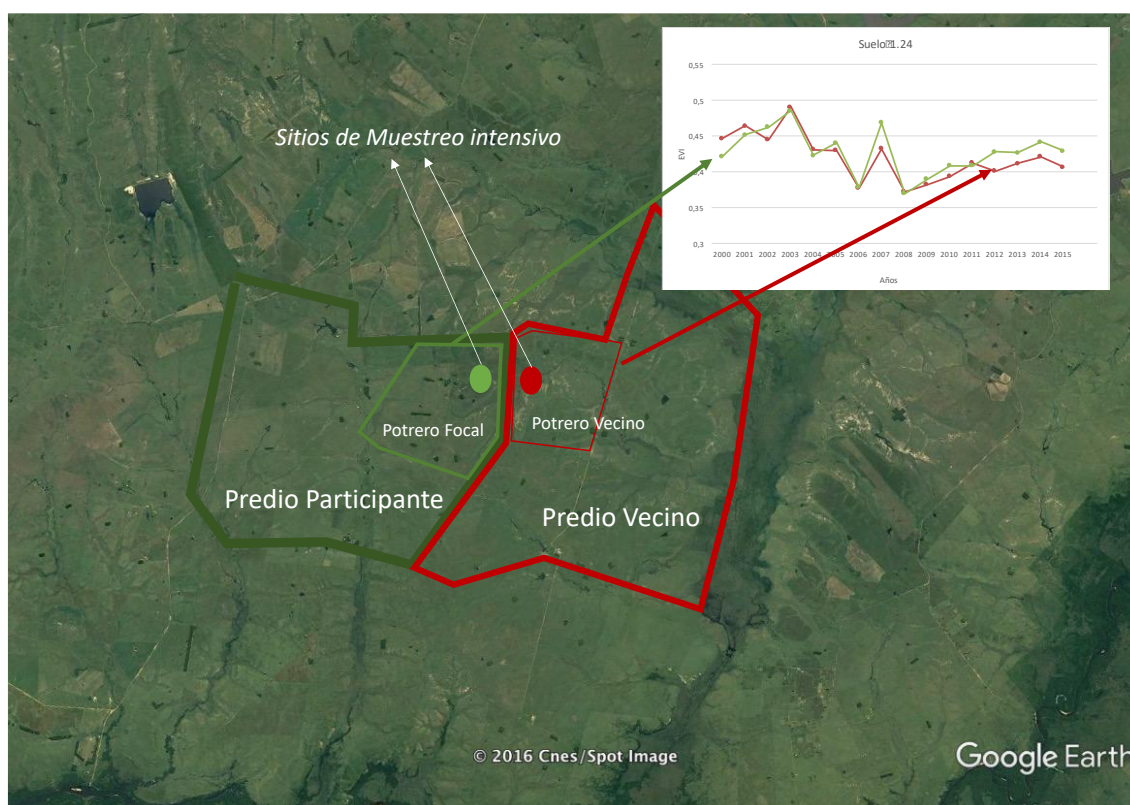


Figura 1. Esquema con un predio participante y un predio vecino, mostrando los potreros para estudiar con variables satelitales y los sitios de muestreo intensivo. En el gráfico se muestra un ejemplo de posibles cambios temporales en los valores promedio anuales de EVI para un potrero de un predio participante del proyecto y su vecino.

1.1. Emisiones de CH₄ de los vacunos

Las emisiones de CH₄ de la fermentación entérica representan la gran mayoría de las emisiones de metano de predios ganaderos, siendo esta fuente una categoría clave en el inventario de GEI de Uruguay. En los sistemas de pastoreo

del proyecto las heces se depositan en el campo natural o sobre pasturas sembradas, donde se descomponen en condiciones aeróbicas, por tanto, las emisiones de CH₄ de las heces se asume mínima, de todas maneras, serán estimada mediante modelos de IPCC Tier 2 (IPCC 2006, 2019). No obstante, existen también emisiones desde el suelo o a veces un secuestro neto de metano del suelo. Sin embargo, las emisiones de metano desde el suelo son en general escasas, nulas o hasta levemente negativas en suelos pastoriles bien aireados (Allard et al. 2007).

Las emisiones entéricas de CH₄ serán estimadas mediante los modelos del IPCC Tier 2 (Appuhamy, France, and Kebreab 2016; Broucek 2014; IPCC 2006, 2019). Estos modelos requieren conocer datos de actividad y parámetros del ganado, de su manejo y de su dieta. Entre los primeros se encuentran: composición del rodeo por categorías de sexo y edad, peso de los animales por categoría, tasas de ganancia diaria de peso, producción de leche, tasa de preñez, y calidad de la dieta (digestibilidad). Estos datos serán relevados por el equipo técnico de extensionistas del proyecto en el predio participante y en los 20 predios vecinos seleccionados.

La composición y calidad de la dieta es un determinante fundamental de las emisiones de metano entérico. Para estimarla se realizará un análisis de dieta por microhistología de heces (Lezama 2013), juntamente con información de composición botánica del tapiz y análisis de la digestibilidad de la oferta del forraje (digestibilidad potencial) y de lo consumido por el ganado (digestibilidad efectiva). Mediante análisis de laboratorio se obtendrán indicadores de digestibilidad usados en los modelos del IPCC (proteína cruda, fibra detergente ácida, fibra detergente neutra, cenizas, grasa cruda, presencia de factores anti nutricionales) así como también la concentración de N y relación C/N en las heces colectadas.

Cuadro 1 - Variables de dieta y consumo a medir para estimar las emisiones de CH₄

Variable	Descripción
Composición botánica del tapiz	Composición de especies vegetales en el campo natural
Composición de la dieta	Estimada mediante micro-histología de heces
Calidad de la dieta consumida	Estimada en laboratorio a partir de análisis químicos de heces y proporción de especies consumidas
Materia seca consumida	Cantidad de MS consumida diariamente por los animales
Suplementos consumidos	Cantidad y tipo

Composición botánica del tapiz: Se realizarán relevamientos de vegetación de acuerdo con el método relevé (Mueller, Dombois y Ellenberg 1974). Los censos se realizan sobre distintas comunidades/stands identificadas a campo (Lezama 2013). Se ubicarán al azar 5 cuadrados de 1 m² en áreas centrales de las unidades de vegetación seleccionadas y se registrarán todas las especies presentes en los mismos. A cada especie se le asigna visualmente un valor de cobertura – abundancia siguiendo la escala de Braun-Blanquet (Mueller-Dombois y Ellenberg 1974). Estos muestreos serán realizados una vez en cada primavera a lo largo de los tres años del proyecto, tanto en los 20 predios participantes como en sus vecinos, totalizando 600 cuadrantes muestreados (5 cuadrantes * 40 potreros * 3 fechas de muestreo).

Composición de la dieta: Una de las metodologías utilizadas mundialmente para conocer las especies vegetales que son consumidas por herbívoros en sistemas extensivos es la estimación de la composición botánica de sus dietas por microanálisis de heces (Hinnant and Kothmann 1988; Van der Merwe and Marshal 2014; Sparks and Malechek 1968). El estudio de muestras fecales utiliza características de la epidermis para la identificación de los componentes vegetales de la dieta (Hinnant and Kothmann 1988). Los distintos elementos celulares que componen la epidermis (células epidérmicas propiamente dichas, tricomas, estomas) y su distribución en los órganos de las plantas presentan una enorme variabilidad y proporcionan caracteres útiles para el reconocimiento de especies. Por otro lado, la presencia de cutina en forma de cutícula o de impregnaciones en las paredes celulares le confiere a la epidermis gran resistencia a la descomposición por microorganismos, permitiendo su estudio en materiales poco conservados como en ejemplares fósiles y componentes digeridos por herbívoros (Lezama 2013). Recientemente Lezama (2013) desarrolló una clave y patrones para la identificación de especies vegetales nativas uruguayas a partir de preparados microhistológicos, lo que posibilita analizar la selectividad en forma directa y objetiva de animales en pastoreo mediante la comparación de la oferta de forraje obtenida mediante censos de vegetación y lo ingerido obtenido mediante microhistología de heces.

Los posibles cambios en la dieta de los vacunos que ocurran durante la ejecución del proyecto se medirán a través de la técnica de micro-histología de materias fecales. Las muestras se obtendrán colectando muestras compuestas por potrero de material fecal fresca de 15 deposiciones asumidas como provenientes de individuos diferentes. El muestreo se realizará en los 20 predios participantes y sus vecinos, en los potreros seleccionados donde se estimarán el resto de las variables biofísicas. Se realizará un muestreo de material fecal en la primavera del primer año (línea de base), un muestreo en cada estación del segundo año y dos muestreos durante del tercer año. Las muestras fecales se almacenarán en heladera, se secarán en estufa a 60-80°C y se analizarán microhistológicamente, analizando la composición y abundancia de los ítems forrajeros, de acuerdo con el protocolo elaborado por Holechek y Gross (1982). La determinación de los ítems dietarios se realizará a nivel de género y de tipos forrajeros de plantas, que

por otra parte pueden ser asignados a tipos funcionales de planta habitualmente utilizados en ecología de pastizales: Gramíneas Estivales, Gramíneas Invernales, Dicotiledóneas (hierbas y arbustos) y Graminoides (Cyperacea y Juncaceae) (Lezama 2013). La identificación del material a este nivel se realiza en base a preparados de referencia para 60 especies y las descripciones disponibles en la bibliografía, con las cuales se determina a nivel de género de planta y de clases forrajeras o tipos forrajeros de plantas (Lezama 2013). Para la colección de preparados de referencia se seleccionan especies de plantas vasculares con frecuencia de ocurrencia media y alta observada en los censos florísticos realizados. Para evaluar la exactitud y la precisión de las cuantificaciones realizadas por el operador, se efectúan comparaciones entre el peso estimado y el peso real de muestras problema de composición conocida (Lezama 2013).

Calidad de la dieta consumida: Se realizará el análisis de la digestibilidad de la oferta de forraje (digestibilidad potencial) y lo consumido por el ganado (digestibilidad efectiva). Mediante análisis de laboratorio se obtendrán indicadores de digestibilidad de las heces colectadas y de la oferta de forraje usados en los modelos del IPCC para cálculos de emisiones. Estos indicadores son: proteína cruda, fibra detergente ácida, fibra detergente neutra, cenizas, grasa cruda, que serán analizados siguiendo las determinaciones estándares del laboratorio de Nutrición Animal y Evaluación de Alimentos de la Facultad de Agronomía, Udelar. La colecta de biomasa de forraje se realizará al mismo momento que la colecta de material fecal y en los mismos potreros: una vez en la primavera del primer año, una vez en cada una de las cuatro estaciones del segundo año y en al menos una estación del tercer año, en los potreros seleccionados de los 20 predios participantes y vecinos. La digestibilidad potencial se analizará mediante una muestra compuesta de cosecha de biomasa del tapiz vegetal que se realizará mediante 10 muestreos al azar en cuadrantes de 1 m², registrando la altura del tapiz a la que se hace la colecta y el potrero al que pertenece. La digestibilidad efectiva se realizará sobre una muestra compuesta de 15 deposiciones de material fecal. Ambos muestreos se realizarán en los potreros seleccionados para el muestreo del resto de las variables ambientales (diversidad, suelo, PPNA, etc.). De acuerdo con el protocolo del laboratorio de nutrición animal de Fagro cada muestra enviada debe pesar al menos 2 Kg. Es muy importante evitar las pérdidas por humedad y cambios de calidad, se debe colocar el material lo antes posible en una bolsa plástica, vaciar el aire y conservar en un lugar fresco o si es posible en el refrigerador o conservadora de hielo, evitando que el material se moje o humedezca. Las muestras deben ser almacenadas en frío, hasta 48hs para evitar su descomposición, y luego deben ser congeladas, lo que permite almacenarlas hasta que sean analizadas en laboratorio.

2. Plan de trabajo para el monitoreo de las variables y su análisis

El muestreo de variables ambientales relacionado con las emisiones de metano se realizará con diferente frecuencia temporal y a distinta escala espacial dependiendo de las variables a medir. Para la frecuencia temporal hemos categorizado las variables en Rápidas, Intermedias, Lentas y Muy lentas según su velocidad de cambio. Así tenemos que la productividad primaria neta área (PPNA) es una variable Rápida, mientras que la digestibilidad de la oferta de forraje y la digestibilidad de lo ingerido por el ganado son variables Intermedias, la diversidad de la comunidad vegetal es una variable Lenta. Por lo tanto, las diferentes variables serán muestreadas con mayor o menor frecuencia temporal de acuerdo con su categoría de velocidad de cambio, como detallamos a continuación. En cuanto a la escala espacial, algunas variables se medirán a escala de predio y otras a escala de potrero (ver Cuadro 2).

Cuadro 2 - Frecuencia de mediciones de las variables de dieta.

	Dieta y GEI
Frecuencia temporal	1er año: una cosecha en primavera. 2do año: una cosecha por estación (4 cosechas). 3er año: una cosecha en primavera.
Resolución espacial	Al menos un potrero de 20 predios participantes y 20 vecinos

3. Análisis de las variables

El análisis de datos abarcará tanto la dimensión espacial como la temporal. Dentro de cada dimensión se realizarán comparaciones a distintas escalas espaciales: puntuales (unidades de vegetación dentro del potrero), de potrero, de predio y regionales (conjunto de predios para cada zona agroecológica). De manera similar, los análisis de la dimensión temporal implicarán el análisis de las trayectorias de cambio de las variables dentro de cada escala espacial (puntual, potrero, predio, regional) a lo largo de los años de GCI. Para ambas dimensiones, espacial y temporal, se utilizarán modelos de efectos mixtos que permitirán analizar comparaciones espaciales para cada escala espacial considerando la naturaleza jerárquica de anidamiento y dependencia de los datos (Zuur 2009). De esta manera se podrá evaluar si las respuestas son propiedades emergentes de cada escala espacial o por lo contrario patrones generales con algún grado de agrupamiento (puntual, potrero, predio, regional).

Para los análisis de emisiones de GEI se evaluarán directamente las variables medidas o estimadas. Para el caso de la diversidad de especies vegetales se evaluarán los efectos de la GCI sobre la diversidad vegetal mediante la riqueza

alfa, beta y gama, y el índice de diversidad de Shannon. Para evaluar los cambios en la selectividad del ganado como efecto del GCI se utilizará el índice de similitud entre la composición, mediante microhistología de heces, de la oferta del forraje y del consumo.

El proyecto se propone lograr un aumento de la productividad primaria del pastizal. Se espera que el aumento de la oferta de forraje repercuta en mayor selectividad y digestibilidad media de la dieta, con los consiguientes impactos positivos sobre las emisiones de metano. Se caracterizará la estacionalidad y la variabilidad interanual de la fracción de la radiación fotosintéticamente activa (fRFAA) de predios participantes y vecinos, (con y sin coinnovación ganadera). Esto permitirá evaluar las diferencias entre ambos grupos y comprender los mecanismos asociados a las prácticas de manejo ganaderas que generan cambios en las fRFAA. Además, se podrán asociar dichos cambios con variaciones climáticas al comparar predios vecinos con predios participantes (y evaluar la resiliencia y estabilidad de los distintos sistemas productivos).

4. Utilización de la información generada

La información generada será de gran utilidad para los siguientes fines:

- a) Mejora sustancial de la precisión de las estimaciones de emisiones de metano con el método Tier 2 del IPCC en el sector Agricultura del inventario nacional de GEI.
- b) Fortalecimiento del sistema de MRV de las emisiones de metano entérico en la NDC de Uruguay, con vistas al marco aumentado de transparencia del Acuerdo de París (ETF).
- c) Evaluación del impacto de buenas prácticas en las emisiones brutas y en la intensidad de emisiones por kg, a efectos de asistir el diseño de políticas de mitigación y las acciones de transferencia de tecnología a los productores ganaderos.
- d) Identificación de opciones para aumentar la ambición en la segunda NDC del Uruguay (2026-2030).

Bibliografía

- Allard, V. et al. 2007. "The Role of Grazing Management for the Net Biome Productivity and Greenhouse Gas Budget (CO₂, N₂O and CH₄) of Semi-Natural Grassland." *Agriculture, Ecosystems and Environment* 121(1-2): 47-58.
- Appuhamy, Jayasooriya A D R N, James France, and ErmiasKebreab. 2016. "Models for Predicting Enteric Methane Emissions from Dairy Cows in North America, Europe, and Australia and New Zealand." *Global ChangeBiology* 22(9): 3039-56.
- Broucek, J. 2014. "Review: Methods of Methane Measurement in Ruminants." *Slovak Journal of Animal Science* 47(1): 51-60.
- Hinnant, Ray T., and M. M. Kothmann. 1988. "Collecting, Drying, and Preserving Feces for Chemical and Microhistological Analysis." *Journal of Range Management* 41(2): 168-71.
- Holechek JL, Gross BD. 1982. Training needed for quantifying diets from fragmented range plants. *Journal of Range Management* 35:644-648. <http://dx.doi.org/10.1038/201951a0>
- IPCC. 2006. "2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme." In eds. Eggleston H.S. et al. IGES, Japan.
- IPCC. 2019. "Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories". <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>
- Lezama, Felipe. 2013. "Interacciones planta – herbívoro en sistemas pastoriles: ¿cómo afecta el ganado la estructura y el funcionamiento de la vegetación? ¿cómo es afectada la selectividad del ganado por cambios en la estructura del pastizal?" Universidad de la Republica, Uruguay.
- Lezama, Felipe. 2013. "Interacciones planta – herbívoro en sistemas pastoriles: ¿cómo afecta el ganado la estructura y el funcionamiento de la vegetación? ¿cómo es afectada la selectividad del ganado por cambios en la estructura del pastizal?" Universidad de la Republica, Uruguay.
- Mueller – Dombois D, Ellenberg H. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. Wiley & Sons, New York.
- Sparks, D R, and J C Malechek. 1968. "Estimating Percentage Dry Weight in Diets Using a Microscopic Technique." *Journal of Range Management* 21(4): 264-65. <https://journals.uair.arizona.edu/index.php/jrm/article/download/5620/5230>
- Van der Merwe, Jorista, and Jason P. Marshal. 2014. "Grass Attributes and Seasonal Changes in Foraging by a Preferentially Grazing Savanna Mixed Feeder." *Journal of Arid Environments* 102: 34-39.
- Zuur AF, Ieno EN, Walker NJ, Saveliev AA, Smith GM. 2009. *Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R*. (Gail M, Krickeberg K, Samet JM, Tsiatis A, Wong W, editors.). New York, USA: Springer.